

# **Справочник специалиста-химика МЧС России**

Москва  
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)  
2013

УДК 614.894(083.131)

Б28

Рецензенты:

**В.А. Владимиров**, доктор технических наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный специалист Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России;

**Н.Г. Топольский**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России.

**Батырев В.В.**

Б28      Справочник специалиста-химика МЧС России / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. 300 с.

ISBN 978-5-93970-101-3

Справочник предназначен для оперативной поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях (ЧС), обусловленных выбросами (проливами) опасных химических веществ (ОХВ) на химически опасных объектах (ХОО), объектах хранения и уничтожения химического оружия и при террористических актах. В Справочнике систематизированы сведения об: основных свойствах ОХВ и видах опасности; средствах индивидуальной защиты населения и персонала, привлекаемого для ликвидации последствий в очаге аварии; мерах первой помощи пораженным людям; первоочередных действиях (общего характера, при утечке и разливе ОХВ, при возгорании и пожаре) в очаге аварии; ликвидации последствий аварии (способы обнаружения (индикации) и анализа ОХВ, нейтрализации и дегазации ОХВ).

УДК 614.894(083.131)

© Батырев В.В., 2013

© МЧС России, 2013

© ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013

ISBN 978-5-93970-101-3

# Содержание

Перечень сокращений, условных обозначений и символов .....	6
Введение .....	8

## Раздел 1

### Классификация опасных химических веществ

1.1. Основные термины и определения .....	11
1.2. Классификация опасных химических веществ .....	16
1.3. Классификация и краткая характеристика подсистемы боевых токсичных химических веществ .....	23

## Раздел 2

### Характеристика, основные свойства аварийных химически опасных веществ и защита от них в чрезвычайных ситуациях

2.1. Азота двуокись .....	27
2.2. Акролеин .....	31
2.3. Аммиак .....	36
2.4. Анилин .....	41
2.5. Ангидрид сернистый .....	45
2.6. Ангидрид уксусный .....	50
2.7. Ацетонитрил .....	53
2.8. Ацетонциангидрин .....	58
2.9. Бензол. Толуол .....	61
2.10. Бром .....	68
2.11. Водород мышьяковистый .....	73
2.12. Водород хлористый. Водород фтористый .....	77
2.13. Водород цианистый .....	82
2.14. Гидразин .....	88
2.15. Диметиламин. Триметиламин .....	92
2.16. Диметилформамид .....	97
2.17. Диметилметилфосфонат .....	100
2.18. Дикетен .....	102

2.19. Дихлорэтан, Дихлорпропан .....	106
2.20. Изобутил бромистый .....	111
2.21. Кислота азотная .....	115
2.22. Кислота соляная .....	119
2.23. Метанол .....	123
2.24. Метилакрилат .....	127
2.25. Метиламин .....	131
2.26. Метилмеркаптан .....	134
2.27. Метил бромистый .....	138
2.28. Метил хлористый .....	141
2.29. Метилизоционат .....	145
2.30. Нитрил акриловой кислоты .....	151
2.31. Окись углерода .....	155
2.32. Окись этилена .....	161
2.33. Олеум .....	166
2.34. Сероводород .....	170
2.35. Сероуглерод .....	175
2.36. Фенол .....	179
2.37. Формальдегид .....	184
2.38. Фосген .....	189
2.39. Фосфор треххлористый .....	194
2.40. Фосфора хлорокись .....	198
2.41. Фтор .....	201
2.42. Фосфин .....	205
2.43. Четыреххлористый кремний .....	210
2.44. Четыреххлористый углерод .....	214
2.45. Хлор .....	219
2.46. Бромбензол, Хлорбензол .....	225
2.47. Хлорпикрин .....	229
2.48. Хлорциан .....	233
2.49. Циклогексан .....	237
2.50. Этиленимин .....	241
2.51. Этиленсульфид .....	246
2.52. Эпихлоргидрин .....	249

## Раздел 3

### Характеристика, основные свойства отравляющих веществ

#### и защита от них

3.1. Нервнопаралитические отравляющие вещества .....	254
3.1.1. Зарин .....	254
3.1.2. Зоман .....	258
3.1.3. Ви-экс .....	261
3.2. Особенности поражения человека нервнопаралитическими ОВ .....	263
3.2.1. Характеристика степени тяжести поражения человека ....	263
3.2.2. Особенности действия ОВ в зависимости от пути поступления в организм человека .....	268
3.2.3. Основные мероприятия при организации защиты от нервно-паралитических ОВ .....	269
3.3. Отравляющие вещества кожно-резорбтивного действия .....	270
3.3.1. Иприт .....	271
3.3.2. Люизит .....	273
3.4. Особенности поражения человека ОВ кожно-нарывного действия .....	276
3.4.1. Характеристика степени тяжести поражения человека и особенности действия кожно-нарывных ОВ в зависимости от пути поступления в организм человека .....	276
3.4.2. Основные мероприятия при организации защиты от кожно-нарывных ОВ .....	279
3.5. Опасность пожаров на объектах, содержащих ОВ .....	280
3.6. Обнаружение (индикация) и определение ОВ .....	283
3.7. Обеззараживание (дегазация) отравляющих веществ .....	286
Литература .....	291
Приложение .....	294

## Перечень сокращений, условных обозначений и символов

АХОВ	—	аварийно опасные химические вещества
БТХВ	—	боевое токсичное химическое вещество
КПВ	—	концентрационные пределы (нижний и верхний) распространения пламени — минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при которой возможно распространение пламени смеси на любое расстояние от источника зажигания
ОВ	—	отравляющее вещество
ОХВ	—	опасное химическое вещество
ПДК	—	предельно допустимая концентрация
ПДК <sub>ВВ</sub>	—	предельно допустимая концентрация вредных веществ в воде открытых водоемов
ПДК <sub>МР</sub>	—	предельно допустимая максимальная разовая концентрация в атмосферном воздухе или в воздухе рабочей зоны
ПДК <sub>РЗ</sub>	—	предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны
ПДК <sub>СС</sub>	—	предельно допустимая среднесуточная концентрация в атмосферном воздухе
СДЯВ	—	сильнодействующие и ядовитые вещества
ЦСЭН	—	центр санитарно-эпидемиологического надзора
STEL	—	предел кратковременного воздействия, т. е. максимальная концентрация, воздействию которой человек может подвергаться не более 15 мин подряд при условии, что в течение дня допускается не более 4 таких воздействий с промежутками не менее 60 мин
$T_{всп}$	—	температура вспышки — это самая низкая температура жидкости, при которой в условиях специальных испытаний над ее поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать в воздухе от постороннего источника зажигания; устойчивого горения вещества при этом не возникает
$T_{самовоспл}$	—	температура самовоспламенения — наименьшая температура горючего вещества, при нагреве до которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, приводящее к возникновению пламенного горения и/или взрыва

TXB	—	токсичное химическое вещество
XO	—	химическое оружие
XOO	—	химически опасный объект
ЧС	—	чрезвычайная ситуация
VX	—	вещество ви-экс
GB	—	зарин
GD	—	зоман
HD	—	иприт перегнанный
HN	—	иприт азотистый
L	—	люизит
AC	—	синильная кислота
CK	—	хлорциан
CG	—	фосген
BZ	—	вещество би-зед
CN	—	хлорацетофенон
DM	—	адамсит
CS	—	вещество си-эс
CR	—	вещество си-ар
XR	—	ботулинический экзотоксин типа А
PG	—	стафилококковый энтеротоксин типа В
М	—	молекулярная масса
$T_{кип}$	—	температура кипения
$T_{пл}$	—	температура плавления (замерзания)
$\rho_0^{жс}$	—	плотность жидкости
$\rho_0^n$	—	плотность пара
$P$	—	давление насыщенного пара
$C_{max}^{+20}$	—	летучесть
ЯВ	—	ядовитое вещество

Средняя смертельная концентрация ( $LC_{50}$ ) или токсодоза ( $LCt_{50}$ ), вызывающие смертельный исход у 50 % пораженных.

Средняя выводящая из строя концентрация ( $IC_{50}$ ) или токсодоза ( $Ict_{50}$ ), вызывающие поражение не ниже средней степени тяжести у 50 % пораженных.

Средняя пороговая концентрация ( $PC_{50}$ ) или токсодоза ( $Pct_{50}$ ), вызывающие начальные симптомы поражения у 50 % пораженных.

ЦНС — центральная нервная система

# Введение

В теории и практике аварий и катастроф существенная опасность современных промышленных и транспортных объектов обуславливается тем, что большинство их элементов насыщены химическими энергоносителями, опасными химическими веществами. К этим объектам необходимо добавить существующие еще на сегодняшний день базы по хранению и предприятия по уничтожению химического оружия, являющиеся объектами повышенной опасности. Все эти объекты, несомненно, находятся под пристальным вниманием международных террористических организаций, так как организованные на них несанкционированные выбросы больших количеств опасных химических веществ могут привести не только к загрязнению окружающей среды, но и к поражению большого числа людей и нарушению жизнедеятельности населения на обширных территориях. Эти же объекты могут рассматриваться в качестве первоочередных целей поражения в случае возникновения региональных и локальных конфликтов, помимо непосредственного применения высокотоксичных химических веществ с использованием современных средств их доставки.

В случае применения высокотоксичных химических веществ, аварийных несанкционированных выбросов ОХВ, на поверхность земли и в атмосферу могут поступить от нескольких десятков килограмм до нескольких десятков тонн и более токсичных веществ, которые могут привести к заражению обширных территорий, поражению людей и значительным затратам при ликвидации возможных последствий. В связи с этим проблема обеспечения надежной защиты населения и территорий приобретает большое значение.

Одним из важнейших факторов обеспечения защиты населения и территорий является оперативность принятия решений на выявление складывающейся обстановки, грамотной ее оценки, осуществление комплекса мероприятий по обеспечению защиты населения и личного состава формирований, участвующих в ликвидации последствий.

Организация выполнения данных задач возлагается на специалистов пунктов управления и центров управления в кризисных ситуациях различного уровня. Для эффективного выполнения возлагаемых на них задач данные специалисты должны быть обеспечены соответствующим методическим обеспечением. Данное методическое обеспечение может быть реализовано в виде системы справочников, различных методик, в том числе с использованием современной вычислительной техники.



Настоящий Справочник разработан для решения вышеописанных задач. Он предназначен для оперативной поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях (ЧС), обусловленных выбросами (проливами) опасных химических веществ (ОХВ) на химически опасных объектах (ХОО), объектах хранения и уничтожения химического оружия и террористических актах. В Справочнике с единых методических позиций систематизированы сведения о: основных свойствах ОХВ и видах опасности; средствах индивидуальной защиты населения и персонала, привлекаемого для ликвидации последствий в очаге аварии; мерах первой помощи пораженным людям; первоочередных действиях (общего характера, при утечке и разливе ОХВ, при возгорании и пожаре) в очаге аварии; ликвидации последствий аварии (способы обнаружения (индикации) и анализа ОХВ, нейтрализации и дегазации ОХВ).

Справочник состоит из трех разделов.

В первом разделе «Классификация опасных химических веществ» рассматриваются во взаимной связи друг с другом основные используемые термины и определения, приводятся основные классификации, базирующиеся на различных классификационных признаках.

Во втором разделе («Характеристика, основные свойства аварийных химических опасных веществ и защита от них в чрезвычайных ситуациях») рассматриваются 57 веществ (табл. П. 1.). Большинство из этих веществ представляют серьезную опасность в случае аварий и разрушений на химически опасных объектах. В реальности перечень данных веществ более обширен и может включать тысячи веществ. Однако, в силу различных причин, не все они могут представлять серьезную угрозу в ЧС. Первоначально перечень наиболее опасных химических веществ определялся директивой начальника штаба гражданской обороны СССР (ДНГО № 7-88) и включал 107 наименований. Позднее перечень веществ был пересмотрен и сокращен. Директивой начальника штаба гражданской обороны ДНГО № 2 от 4.12.1990 г. был утвержден перечень из 34 наименований веществ. К ним были отнесены: Акролеин, Акрилонитрил (нитрил акриловой кислоты), Аммиак, Ацетонитрил, Ацетоциангидрин (нитрил гидроксиизомасляной кислоты, гидроксиизобутиронитрил), Водород мышьяковистый (арсин), Водород бромистый (водорода бромид, бромоводород), Водород цианистый (водорода цианид, синильная кислота), Водород фтористый (водорода фторид, фтороводород), Водород хлористый (водорода хлорид, хлороводород), Диметиламин, Кислота соляная, Метилакрилат, Метиламин, Метилмеркаптан, Метил бромистый, Метил хлористый (хлорметан, метилхлорид), Окислы азота, Окись этилена, Сернистый ангидрид (серы диоксид), Сероводород, Сероуглерод, Триметиламин, Формальдегид, Фосген, Фосфор треххлористый (фосфора трихлорид), Фосфора хлорокись (фосфорилхлорид), Фтор, Хлор, Хлорпикрин, Хлорциан, Этиленамин, Этиленсульфид, Этилмеркаптан.

При составлении данного Справочника и представлении с единых методических позиций необходимой информации широко использовались спра-

вочно-информационные данные, изложенные в изданных ранее источниках [1—47].

При рассмотрении каждого аварийно химически опасного вещества (АХОВ) описываются:

- формула, молекулярная масса;
- основные физические и химические свойства;
- предельно допустимые концентрации, дозы и другие токсикологические характеристики;
- взрыво- и пожароопасность;
- опасность для человека:
  - общий характер действия;
  - острые отравления;
  - действие на кожу;
  - распределение в организме;
- средства индивидуальной защиты человека;
- меры первой доврачебной помощи;
- первоочередные действия в районе аварии:
  - общего характера;
  - при утечке и разливе;
  - при возгорании и пожаре;
- способы обнаружения (индикации) и анализа;
- нейтрализаторы и дегазаторы.

В третьем разделе «Характеристика, основные свойства отравляющих веществ (ОВ) и защита от них» в аналогичном аспекте рассматриваются ОВ, уничтожаемые в нашей стране в рамках Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении (табл. П. 2).

При рассмотрении каждой группы ОВ описываются:

- формула, молекулярная масса;
- основные физические и химические свойства;
- Предельно допустимые концентрации, дозы и другие токсикологические характеристики;
- опасность для человека;
- защита от ОВ;
- особенности поражения человека ОВ (общая для каждой группы ОВ):
  - характеристика степени тяжести поражения человека;
  - особенности действия ОВ в зависимости от пути поступления в организм человека;
- основные мероприятия при организации защиты;
- способы обнаружения (индикации) и анализа.
- нейтрализаторы и дегазаторы.

При составлении и представлении необходимой информации широко использовались имеющиеся «опубликованные» данные в этой области [48—60].

# Раздел 1

## Классификация опасных химических веществ

### 1.1. Основные термины и определения

При рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением химической безопасности населения, для характеристики групп опасных веществ используется большое количество различных терминов. К наиболее употребляемым терминам (рис.1.1) относятся: опасное химическое вещество (ОХВ); вредное вещество; аварийно химически опасное вещество (АХОВ). Кроме данных терминов в современной литературе часто используются такие термины как токсичное химическое вещество (ТХВ); сильно действующее ядовитое вещество (СДЯВ); отравляющее вещество (ОВ); боевое токсичное химическое вещество (БТХВ); ядовитое вещество (ЯВ) и др.

В целом, понятие об опасном (вредном) химическом веществе является одним из центральных понятий токсикологии. Какое химическое вещество является опасным (вредным) или неопасным (безвредным)? Есть ли вообще абсолютно безопасные (безвредные) вещества?

Первым на эти вопросы ответил Парацельс в 1538 г. Его крылатая фраза: «Dosis sola facit venenum» (досис сола фацит вэнэнум) — «только доза делает яд», четко определяет, что в роли яда может оказаться практически любое вещество, попавшее в организм в количестве, способном вызвать опасные для жизни нарушения его существования. Подтверждением данного тезиса является сама наша жизнь, когда очень часто большое количество веществ (например, фосфорорганические соединения, растительные яды и др.) обладает высокой токсичностью, но в малых дозах является лекарством (армин, атропин, стрихнин и др.). И наоборот, вроде бы нетоксичное вещество, нашедшее самое широкое использование в повседневной жизни человека, может стать причиной его гибели. Например, поваренная соль. Если принять несколько столовых ложек соли и запить несколькими глотками воды, то наступит смертельное отравление и человека ждет мучительная смерть.

Это связано с тем, что жидкая часть крови в силу физико-химических свойств соли начнет всасываться в полость желудочно-кишечного тракта.

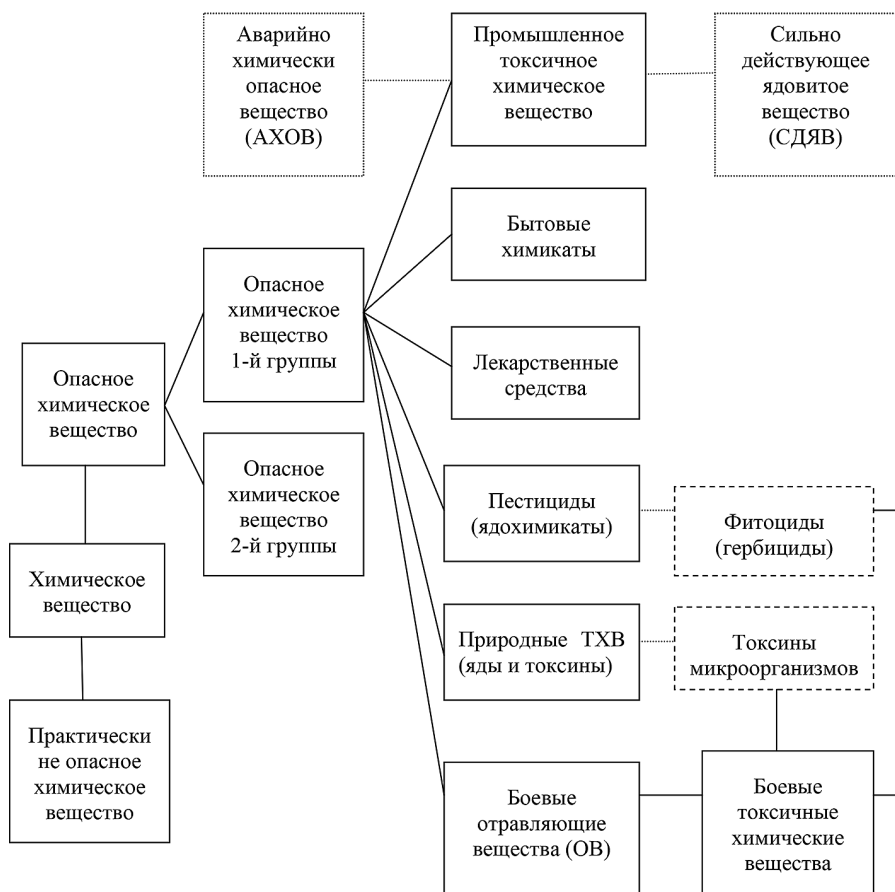


Рис. 1.1. Опасные (вредные) химические вещества

Сердцу нечего будет перекачивать из большого круга кровообращения в малый, или легочный, круг. В этом случае обычная поваренная соль окажется причиной смерти человека, т. е. окажется ядовитой. Кроме того, значительное количество химических веществ в определенных дозах крайне необходимы для обеспечения жизнедеятельности организма человека, например, микроэлементы (серебро, кадмий, литий, кобальт и др.)

Следовательно даже одно и то же химическое вещество, в зависимости от условий взаимодействия с организмом человека и его количества, может быть токсичным (ядовитым), благоприятно действующим (лекарством) и необходимым для жизни (микроэлементом) средством.

Чаще всего к опасным химическим веществам относят токсичные химические вещества, применяемые в промышленности и в сельском хозяйстве,

которые при разливе или выбросе загрязняют окружающую среду и могут привести к гибели или поражению людей, животных и растений. Данное определение ограничивает круг опасных химических веществ только промышленностью и сельским хозяйством.

Поэтому достаточно часто ряд специалистов используют термин «вредное вещество» как синоним понятия опасного химического вещества.

Это не совсем верно, так как опасные химические вещества производятся и используются человеком практически во всех секторах народного хозяйства и окружают человека всю его жизнь, в том числе и в быту.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 вредное вещество — это химическое соединение, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

К вредным веществам в настоящее время относят более 60 тыс. соединений, использующихся в промышленности и сельском хозяйстве.

В принципе, все опасные (вредные) химические вещества можно условно разделить на две большие группы.

Ко 2-й группе можно отнести вещества прижигающего действия, фиброгенные вещества и некоторые другие.

К веществам прижигающего действия относятся сильные кислоты и щелочи, которые оказывают местное действие на ткани, вызывая их омертвление (некроз).

Фиброгенные вещества (пыль с содержанием окиси кремния; пыли асбеста, пентаоксида ниобия, алюминия и др.) проникают в ткань альвеол, вызывают перерождение их стенок, что приводит к потере их воздухопроницаемости и возникновению профессиональных заболеваний — пневмокониозов, а именно силикоза, асбестоза, алюминоза и т. д.

Опасные химические вещества 1-й группы по цели использования (применения) можно разбить на шесть подгрупп, это:

промышленные токсичные химические вещества. Именно из этих веществ выделяют группу аварийно химически опасных веществ (АХОВ) и группу сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ);

бытовые химикаты;

лекарственные средства;

пестициды (ядохимикаты);

природные ТХВ (яды и токсины);

Боевые отравляющие вещества (ОВ).

Важной характеристикой любого опасного (вредного) вещества является его токсичность.

Токсичными обычно называют такие химические вещества, которые вы-

зывают нарушения процессов обмена веществ и физиологических функций организма, при действиях на него в малых дозах, т. е. обладают способностью вызывать поражение организма, приводящее к нарушению его жизнедеятельности, а в отдельных случаях и к гибели.

К токсичным химическим веществам (ТХВ) относятся десятки тысяч различных химических соединений, использующихся как в военных целях (боевые токсичные химические вещества), так и в мирных условиях.

Естественно, что не все из них представляют значительную угрозу населению в аварийных ситуациях ввиду их малого количества, а также физико-химических и токсических свойств. Поэтому в ряде источников, для выделения наиболее опасных из них, используют термин сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ).

Согласно одному из определений, СДЯВ — это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсичные химические соединения, способные в случае разрушений (аварий) на объектах легко переходить в атмосферу, вызывая при этом массовые поражения личного состава частей и гражданского населения.

В принципе данное определение значительно сужает перечень опасных веществ (до нескольких сотен), предъявляя к ним три основных требования:

во-первых, необходимость наличия больших количеств данных веществ на промышленных и транспортных объектах;

во-вторых, способность легко переходить в аварийных ситуациях в атмосферу, как правило, в виде пара (газа) или тонкодисперсного аэрозоля;

в-третьих, обладать достаточно высокой токсичностью.

Поэтому выделение так называемых СДЯВ в отдельную группу при рассмотрении вопросов, связанных с авариями на промышленных и транспортных объектах, следует считать вполне возможным, так как само их определение несет совершенно иную смысловую нагрузку по сравнению с вредными или токсичными химическими веществами.

В практике гражданской защиты для оценки опасности вещества введен термин аварийно химически опасное вещество (АХОВ). Под ним понимается опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

В целом же все рассмотренные определения опасных веществ не противоречат друг другу, а наоборот, взаимно дополняют друг друга и конкретизируют рассматриваемую проблему.

К бытовым химикатам относятся пищевые добавки, средства санитарии, личной гигиены и косметики, средства ухода за одеждой, мебелью, автомобилем и т.п.

К лекарственным средствам относится огромное количество химических

соединений, в том числе и весьма токсичных. Они подразделяются на группы в соответствии с фармакологическими классификациями.

Пестициды (от *лат.* «*pestis*» — зараза + «*caedo*» — убиваю), или ядохимикаты, являются химическими средствами борьбы с растениями, животными и микроорганизмами, вредоносными или нежелательными с точки зрения экономики и здравоохранения (рис. 1.2).

К ним относятся:

во-первых, химические вещества, убивающие обрабатываемые объекты: гербициды (от *лат.* «*herba*» — трава) для травяной растительности, злаковых и овощных культур; арборициды (от *лат.* «*arbor*» — дерево) — для древесно-кустарниковой растительности; альгициды (от *лат.* «*alga*» — водоросль) — для водной растительности; акарициды (от *греч.* «*akari*» — клещ) — для клещей; инсектициды (от *лат.* «*insekta*» — насекомые) — для насекомых; зооциды (от *греч.* «*zoon*» — животное) для позвоночных животных; вирусоциды — для вирусов; бактерициды — для бактерий; фунгициды (от *греч.* «*fungus*» — гриб) — для болезнетворных грибов и другие;



Рис. 1.2. Основные представители подгруппы пестицидов

во-вторых, к пестицидам относятся также химические вещества, не убивающие, но вызывающие нежелательные изменения в обрабатываемых объектах, например: опадание листьев — дефолианты (от *лат.* «folium» — лист); высушивание растительности — десиканты (от *лат.* «desiccare» — высушивать); отпугивание клещей, насекомых, млекопитающих и птиц — репеленты (от *лат.* «repelletis» — отталкивающий, отгоняющий); бесплодие или появление нежизнеспособного потомства у насекомых — хемотрестериланты, или хемотрестерилизаторы, и пр.

Подгруппа природных ядов состоит из ядов растений, животных и микроорганизмов: белковых (токсины) и небелковых.

Боевые отравляющие вещества — это высокотоксичные химические соединения, предназначенные для поражения личного состава войск.

Боевые отравляющие вещества, токсины и часть пестицидов, использующихся в военных целях, составляют подсистему боевых токсичных химических веществ (БТХВ) в системе химического оружия (ХО).

## **1.2. Классификация опасных химических веществ**

Следует отметить, что для характеристики химических веществ, нашедших широкое употребление в процессе хозяйственной промышленной деятельности человека, в настоящее время используются десятки различных классификаций. В основе каждой такой классификации, в зависимости от ее назначения, лежит определенный классификационный признак (химический, физический, токсикологический и т.п.) или набор определенных свойств веществ, которые хотят подчеркнуть при хранении, транспортировке или производстве. Кроме того, широкое распространение нашли специальные и комбинированные классификации, в которых могут сочетаться элементы различных классификаций. Подобные классификации находят самое широкое использование при обучении населения и подготовке специалистов различного профиля.

Простейшей классификацией по физическим признакам является деление веществ по агрегатному состоянию на твердые, жидкие и газообразные (при нормальных условиях) вещества. При этом в случае хранения газообразных веществ (хлор, аммиак, сернистый ангидрид и др.) они могут находиться в сжиженном или в сжатом состоянии.

Классификация по химическим признакам чаще всего предполагает деление веществ по классам соединений. Это достаточно удобно с точки зрения оценки физических и химических свойств веществ, а также решения вопросов, связанных с дегазацией и индикацией. Кроме того, данная классификация позволяет проводить определенные аналогии между строением веществ и их ток-



сичностью. Следует отметить, что поскольку количество используемых ТХВ очень велико, то они имеются практически во всех классах неорганических и органических соединений.

Среди использующихся классификаций, базирующихся на токсикологических признаках, наиболее часто употребляются классификации, подразделяющие вещества по группам токсичности, классам опасности и наиболее выраженным явлениям отравления.

В промышленности, в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 (99) «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», исходя из степени воздействия на организм человека, вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности: первый — вещества чрезвычайно опасные; второй — вещества высокоопасные; третий — вещества умеренно опасные; четвертый — вещества малоопасные. Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от строго установленных значений количественных показателей токсичности (табл. 1.1).

Таблица 1.1

**Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека**

Используемые для оценки показатели	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	1,1—10	1,1—10	> 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	< 15	15—150	151—500	> 500
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	< 100	100—500	501—2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	< 500	500—5000	5001—50000	>50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	> 300	300—30	29—3	< 3
Зона острого действия	< 6	6—18	18,1—54	> 54
Зона хронического действия	> 10	10—5	4,9—2,5	< 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производится по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

В соответствии с федеральным законом от 20.06.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов среди опасных химических веществ выделяют следующие три основные группы:

- высокотоксичные вещества;
- токсичные вещества;

вещества, представляющие опасность для природной среды.

Отнесение опасного химического вещества к соответствующей группе опасности производится по показателям, значения которых представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Классификация опасных химических веществ по группам опасности**

Показатель	Высоко-токсичные вещества	Токсичные вещества	Вещества, представляющие опасность для природной среды
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	не более 15	15—200	.
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	не более 50	50—400	.
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	не более 0,5	0,5—2	.
Средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов, мг/л	.	.	не более 10
Средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов мг/л	.	.	не более 10
Средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов, мг/л	.	.	не более 10

Следующим типом классификации, группирующей все вредные вещества в зависимости от их токсичности при ингаляционном и энтеральном путях поступления в организм человека, является классификация С.Д. Заугольников (табл. 1.3).

Данная классификация выделяет шесть групп веществ: чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, сильнотоксичные, малотоксичные и практически нетоксичные вещества.

К чрезвычайно и высокотоксичным химическим веществам относятся:

некоторые соединения металлов (органические и неорганические производные мышьяка, ртути, свинца, кадмия, таллия, цинка и др.);

карбонилы металлов (тетракарбонил никеля, пентакарбонил железа и др.);

вещества, содержащие циангруппу (синильная кислота и ее соли, бензальдегидциангидрин, нитрилы, органические изоцианаты и др.);

соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлорид фосфора, оксихлорид фосфора, фосфин, фосфинид и др.);

Таблица 1.3

**Классификация вредных веществ по степени токсичности**

Группа токсичности	LC <sub>50</sub> или частично смертельная концентрация, мг/л	LD <sub>50</sub> или частично смертельная доза, мг/кг
Чрезвычайно токсичные	менее 1	менее 1
Высокотоксичные	1—5	1—50
Сильнотоксичные	6—20	51—500
Умеренно токсичные	21—80	501—5000
Малотоксичные	81—160	5001—15000
Практически нетоксичные	более 160	более 15000

**Примечание.** Энтеральный путь поступления — термин, используемый при характеристике неестественных путей поступления в организм токсичных веществ (внутримышечный, внутривенный и внутрибрюшинный).

фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол и др.);

хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргидрин и др.);

галогены и некоторые другие.

Особое место в данной группе занимают пестициды, так как многие из них весьма токсичны для человека. По химическому строению пестициды можно разделить на следующие группы:

фосфорорганические соединения (паратион, диметоксидихлорвинилфосфат, карбофос, хлорофос и др.);

карбаматы (карбагран, карбин, нексвал, диаллат, эптам и др.);

фенолы (дипентокс, арборол и др.);

бензонитрилы (бентрол, броминил и др.);

производные хлорфеноксиалканкарбоновых кислот (аквалин, бутоксин, дихлорпроп, дикотекс, анокс и др.);

производные феноксиуксусной кислоты (2,4 дихлорфеноксиуксусная кислота, 2,4,5 трихлорфеноксиуксусная кислота, эфиры данных кислот и др.);

ртутьорганические и мышьякоорганические соединения (метилртуть, ацетатметоксиэтилртуть, алкарген и др.);

производные дипиридила, хлорфеноксиалканкарбоновых кислот, бензойной кислоты, хлорзамещенной уксусной кислоты, а также тиокарбаматы, амиды карбоновых кислот, триазины, производные мочевины и др.).

К сильнотоксичным веществам относятся:

минеральные и органические кислоты (серная, азотная, фосфорная, уксусная и др.);

щелочи (аммиак, натронная известь, едкое кали и др.);

соединения серы (диметилсульфат, сероуглерод и др.);

хлор — и бромзамещенные производные углеводородов (хлористый метил, бромистый метил и др.);

некоторые спирты и альдегиды кислот;  
органические и неорганические нитро- и аминсоединения (гидроксиламин, гидразин и его производные, толуидин и др.);  
фенолы, крезолы и их производные;  
гетероциклические соединения.

К умеренно — и малотоксичным веществам относятся огромное количество химических соединений, обращающихся в народном хозяйстве. Однако следует отметить, что они вряд ли смогут стать причиной формирования массовых поражений личного состава частей и населения. Это возможно лишь в случае выбросов тех веществ, которые относятся к СДЯВ и отвечают сформулированным выше требованиям.

По своему строению и физико-химическим свойствам ТХВ неоднородны, различна и природа их токсического воздействия на организм человека. Поэтому для их классификации приемлем подход, который был бы весьма полезен с точки зрения оказания помощи пораженным.

Такой подход разработан отечественными специалистами[30]. Он предлагает использовать в качестве основного токсикологического признака преимущественный синдром поражения, формирующийся при острой интоксикации организма человека.

Согласно данной классификации все химические вещества, способные вызывать массовые поражения людей, можно разделить на семь больших групп:

первая группа — вещества с преимущественно удушающим действием. Среди них часто выделяют вещества с выраженным (хлор, треххлористый фосфор, оксихлорид фосфора и др.) и слабым прижигающим действием (фосген, хлорпикрин, хлорид серы и др.);

вторая группа — вещества преимущественно общеядовитого действия (окись углерода, цианистый водород, динитрофенол, динитроортокрезол, этиленхлоргидрин и др.);

третья группа — вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием. В этой группе выделяют вещества с выраженным (акрилонитрил, фтористый водород и др.) и слабым прижигающим действием (окислы азота, сернистый ангидрид, сероводород и др.);

четвертая группа — нейротропные яды или вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса (фосфорорганические соединения, сероуглерод и др.);

пятая группа — вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием (аммиак, гидразин, производные гидразина и др.);

шестая группа — метаболические яды (диметилсульфат, метилбромид, метилхлорид, окись этилена и др.);

седьмая группа — соединения, извращающие обмен веществ (диоксин, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота и др.).

Из комбинированных классификаций в качестве примера можно привести классификации, используемые при хранении и транспортировке химических веществ и классификацию, связывающую вид состояния вещества в атмосфере, с типом образуемой при этом примеси.

Так, при хранении химических веществ их обычно распределяют по группам в зависимости от физико-химических свойств (табл. 1.4).

Данная классификация подразделяет химические вещества на пять больших групп в зависимости от физического состояния, летучести и способа хранения. Она широко используется в химической промышленности при организации хранения ТХВ. Химические соединения каждой группы хранятся, как правило, на самостоятельных складах при строгом соблюдении всех мер противопожарной безопасности, изложенных в соответствующих нормативных документах.

При проектировании трубопроводов руководствуются классификацией, приведенной в СНиП 11-Г-14-62, согласно которой все химические продукты подразделяются на три группы: А, Б и В. Группа А (продукты с токсическими свойствами) в свою очередь делится на две подгруппы:

А — СДЯВ и дымящие кислоты; Б — прочие продукты с токсическими свойствами. К группе Б относятся горючие (в том числе сжиженные) и активные газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, к группе В — негорючие жидкости и газы, а также инертные газы.

Группирование веществ осуществляется и при перевозке их по железным и автомобильным дорогам. При этом основными классификационными признаками являются опасность, которую они представляют для человека, а также пожаро — и взрывоопасность.

Классификация по виду состояния ТХВ в атмосфере (табл. 1.5) представляет значительный интерес, так как учитывает особенность их рассеяния в атмосфере и в конечном итоге определяет характер распределения поражающих факторов в пространстве и времени.

Большое количество химических веществ являются легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами. Если учесть, что на промышленных и транспортных объектах сосредоточено большое количество этих веществ, то вполне естественно, что к их хранению предъявляются определенные требования в зависимости от их опасности.

По пожаро- и взрывоопасным свойствам химические вещества могут быть разбиты на следующие группы:

первая группа — легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ацетон, толуол, этиловый спирт и др.);

вторая группа — негорючие жидкости (хлор, азотная кислота и др.);

третья группа — взрывоопасные сжиженные газы (сернистый ангидрид, диоксид углерода и др.);

четвертая группа — невзрывоопасные сжиженные газы.

Таблица 1.4

### Классификация токсических химических веществ в зависимости от их физико-химических свойств

Группа	Физическое состояние и свойства	Типичные представители
1.	Сыпучие и твердые; не летучи при температуре хранения до +40°С.	Сулема, мышьяковый и мышьяковистый ангидриды, фосфор желтый, алкалоиды (бруцин, стрихнин и др.
2.	Сыпучие и твердые; летучи при температуре хранения до +40°С.	Цианистый натрий, калий, кальций, цианистая и оксидцианистая ртуть, этилсеруофосфат и др.
3.	Жидкие летучие, хранимые в емкостях под давлением (сжатые и сжиженные газы): Подгруппа А, Подгруппа В.	Аммиак. Хлор, сернистый газ, сероводород, фосген, бромметил.
4.	Жидкие летучие, хранимые в емкостях без давления: подгруппа А,  подгруппа В.	Нитро- и аминсоединения ароматического ряда, синильная кислота. Акрилонитрил, никотин, анабазин, тиофос, метафос.
5.	Дымящие кислоты.	Серная кислота плотностью 1,87 г/см <sup>3</sup> и более, азотная кислота плотностью 1,4 г/см <sup>3</sup> и более, соляная плотностью 1,15 г/см <sup>3</sup> и более, хлорангидриды сернистой и серной кислот.

Таблица 1.5

### Классификация токсичных химических веществ по виду их состояния в атмосфере

Вид состояния	Диаметр частиц, мкм	Тип распространяющейся примеси
Пар или газ	менее 0,001	Неоседающая примесь
Аэрозоль: неоседающий, грубодисперсный.	0,001—30 30—500	Оседающая примесь.
Аэрозвеси.	более 500	

В качестве примера специальной классификации, используемой в основном в научно-исследовательских и учебных целях, можно привести классификацию, нашедшую широкое применение при оценке типа комбинированного действия нескольких ТХВ.

Данная классификация базируется на выявленных трех типах комбинированного действия:

действие химических веществ, соотношение концентраций которых в окружающей среде сохраняет полное или почти полное постоянство;

действие химических веществ, связанных друг с другом по величине действующих на организм концентраций, в определенной степени частично;

действие химических веществ, не связанных по величине концентраций друг с другом.

К первому типу относятся вещества, находящиеся обычно в твердом или жидком агрегатном состоянии и использующиеся в виде композиций постоянного состава. Это сложные различные препараты ядохимикатов, удобрения, растворы веществ и т. п. Их условно можно назвать композициями.

Ко второму типу относятся химические вещества, концентрации которых в окружающей среде изменяются более или менее пропорционально друг другу. Это летучие продукты из высокомолекулярных соединений, нефти и т.п., образующиеся в результате горения или сухой перегонки органических соединений. Данные вещества называются комплексами.

К третьему типу относят комбинированное действие веществ, не связанных между собой по величине концентрации. Обычно это комбинации, составные элементы которых имеют разные, независимые друг от друга источники выделения. Их можно назвать смесями.

Рассмотренный выше перечень и содержание используемых классификаций естественно далеко не полон. Целесообразность использования той или иной классификации обуславливается, прежде всего, характером решаемых задач. Если рассматривать этот вопрос с точки зрения выявления и оценки аварийно химической обстановки, проводимой в интересах защиты людей, а также ликвидации последствий аварий и разрушений, то в качестве основных классификационных признаков следует выделить физические, химические и токсикологические свойства веществ.

### **1.3. Классификация и краткая характеристика подсистемы боевых токсичных химических веществ**

Боевые токсичные химические вещества являются основой ХО. До начала процесса уничтожения химического оружия на вооружении различных государств имелось значительное количество веществ различного назначения. Все эти вещества значительно отличаются друг от друга физическими, химическими и токсическими свойствами, симптомами поражения, путями воздействия на организм человека и т.п. Поэтому для их характеристики использовались десятки различных классификаций, в которых учитываются те или иные свойства БТХВ, например:

классификация по химическим признакам, которые предусматривают деление БТХВ по принадлежности к определенным классам соединений, по их

реакционной способности и механизмам воздействия на организм человека;

классификация по физическим признакам, например, по агрегатному состоянию (твердые, жидкие, газообразные), по способу заражения воздуха в определенном боевом состоянии (пар, аэрозоли и аэрозвеси), летучести, стойкости и т.п.;

классификация по тактическому назначению (смертельные, временно-выводящие из строя, полицейские, учебные) и физиологическому воздействию (общеядовитого действия, кожно-нарывного действия, раздражающего действия, удушающего действия, психомического действия и т.п.);

классификация по категориям табельности, используемая в ряде стран, в зависимости от эффективности поражающего действия БТХВ и уровня развития химического производства;

классификации, базирующиеся на преимущественном синдроме поражения организма, складывающегося при острой интоксикации (ОВ, извращающие обмен веществ в организме человека; метаболические яды, вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса и т.п.);

комбинированные классификации, в которых сочетаются элементы различных классификаций, как правило, тактических и токсикологических.

Два вида комбинированной классификации представлены на рис. 1.3 и в табл. П. 3.

В зависимости от объекта токсического воздействия БТХВ можно разделить на две большие группы: токсиканты (объект поражения — личный состав войск и население) и фитотоксиканты или пестициды военного назначения (объект поражения — растительность).

В свою очередь, группа токсикантов состоит из ОВ и белковых токсинов. Включение токсинов связано с тем, что рядом государств предпринимались попытки относить боеприпасы с токсинами (XR, PG) к химическому оружию, пытаясь таким образом действовать в обход Конвенции 1972 г. О запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении.

Среди ОВ и токсинов можно выделить:

вещества смертельного действия (летальные агенты), предназначенные для поражения живой силы противника. К ним относятся ОВ нервно-паралитического, общеядовитого, кожно-нарывного и удушающего действия, ботулинические токсины, сакситоксин и др.;

вещества, временно выводящие из строя (инкапаситанты), приводящие к потере боеспособности и выводящие личный состав из строя (без смертельных исходов) на период, продолжительность которого может составить часы, сутки и более. К данному классу веществ относятся вещества психохимического действия типа BZ, стафилококковый энтеротоксин PG и др.;

вещества, кратковременно выводящие из строя. К ним относятся ОВ раздражающего действия (ирританты), вызывающие раздражение слизистых обо-



лочек глаз и верхних дыхательных путей (CS, CR и др.). Считается, что время действия этих веществ определяется, в основном, временем контакта с ним. Этим они отличаются от инкапситантов;

Фитотоксиканты по характеру действия можно разделить на гербициды, арборициды, дефолианты, десиканты и стерилизаторы почвы.

Гербициды — это вещества, уничтожающие травянистые растения. Среди них можно выделить три основные группы: контактные, системные и корневые.

Контактные гербициды поражают растительную ткань (листья, стебли, растения) только в местах непосредственного контакта. Они не способны перемещаться по сосудистой системе растения.

Системные гербициды передвигаются по сосудистой системе растений вместе с питательными веществами и продуктами их метаболизма, вызывая общее отравление и гибель растения.

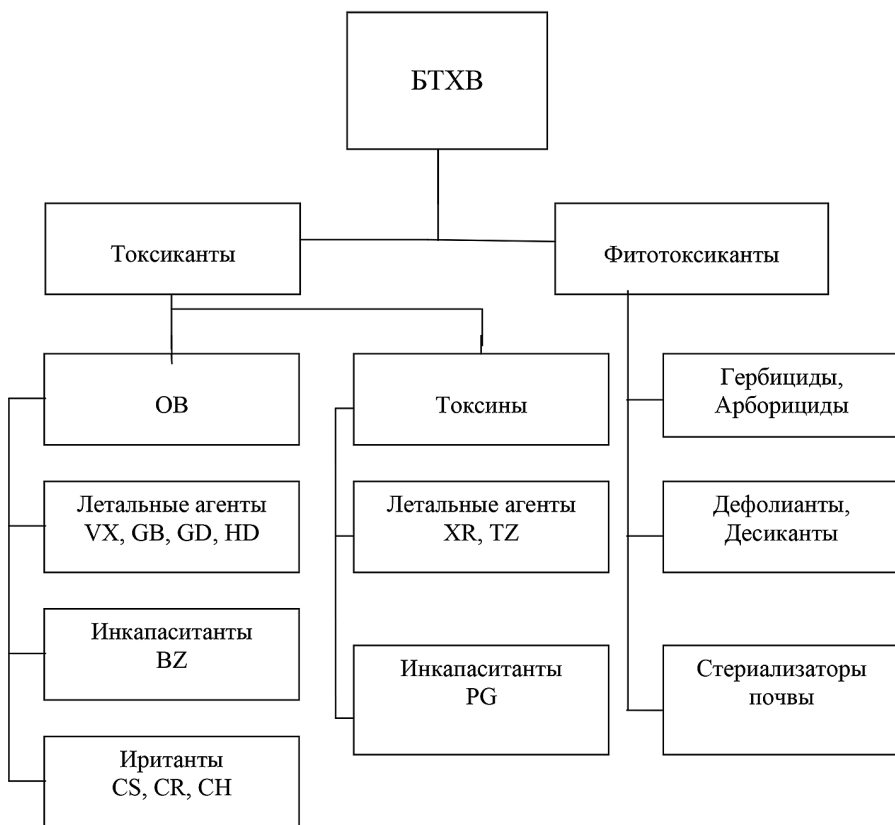


Рис. 1.3. Классификация боевых токсичных химических веществ

Корневые гербициды вносятся в почву для уничтожения семян, ростков и корней растений, поэтому их иногда называют почвенными гербицидами, в отличие от листовых, к которым относятся представители двух первых подгрупп.

Арборициды — это фитотоксиканты, предназначенные для уничтожения кустарниковой растительности и деревьев.

Дефолианты — это фитотоксиканты, предназначенные для удаления листьев с деревьев и кустарников.

Десиканты — это фитотоксиканты, предназначенные для высушивания растений.

Стериализаторы почвы предназначены для уничтожения микроорганизмов, обеспечивающих плодородие почвы, а также образование в почве соединений, ингибирующих развитие флоры. В качестве них могут служить многие фитотоксиканты при повышенных нормах их применения.

Особенности ХО проявляются в своеобразном характере его поражающего действия и наличии присущих ему специфических поражающих факторов, к которым можно отнести:

- смешанное облако боевых состояний БТХВ;

- осколки боеприпасов, зараженные БТХВ;

- поверхности, зараженные аэрозолями, аэрозвезями и каплями БТХВ;

- облако пара, образующееся при испарении ОВ с зараженных поверхностей.

Первые два поражающих фактора образуются в момент действия образцов ХО и поэтому называются первичными. Воздействие этих поражающих факторов на личный состав войск и население осуществляется достаточно в короткий промежуток времени (осколки — доли секунды, первичное облако — до нескольких десятков минут).

Образование третьего и четвертого поражающих факторов происходит после действия образцов ХОВП на цели и является следствием оседания БТХВ из облака на различные поверхности. Поэтому эти поражающие факторы получили название вторичных. Воздействие вторичных факторов на людей может продолжаться длительное время (от нескольких часов до нескольких месяцев). Продолжительность поражающего действия зависит от типа БТХВ, его физико-химических характеристик, характера подстилающей поверхности и метеорологических условий.

Учет фазового и дисперсного состава образующихся облаков ОВ — весьма важное условие при моделировании поражающего действия ХО.

## **Раздел 2**

# **Характеристика, основные свойства аварийных химически опасных веществ и защита от них в чрезвычайных ситуациях**

### **2.1. Азота двуокись**

Азота двуокись (диоксид азота, ангидрид азотной кислоты) — нитрующий агент, гомогенный катализатор при получении серной кислоты камерным (башенным) способом. Тяжелее воздуха, пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозится в сжатом или сжиженном состоянии.

#### **Формула, молекулярная масса**

$\text{NO}_2$ ,  $M = 46,008$  г/моль.

При средних температурах существует в равновесных смесях с четырёхокисью диазота. Степень диссоциации при 135 °C составляет 98,69 %. Ниже 0 °C двуокись азота существует в виде тетраокиси диазота.

#### **Основные физические и химические свойства**

Равновесная смесь — бурый газ с удушливым запахом, сжижающийся при  $T_{21,15} \text{ °C}$  в светло-желтую жидкость ( $T_{\text{кип}} = 21,15 \text{ °C}$ ).  $T_{\text{пл}} = -11,2 \text{ °C}$  (бесцветные кристаллы). Плотность газообразных окислов 3,3 г/л при 21 °C составляет 1013 миллибар (759,9 мм рт. ст.). Относительная плотность по воздуху окиси азота 1,6, а тетраокиси азота 3,2. Давление паров: 133,32 Па (–59,7 °C), 13,332 кПа (–15,4 °C), 53,328 кПа (13,5 °C).

Растворим в хлороформе, сероуглероде. Водой разлагается.

В химическом отношении — реакционноспособен, сильный нитрующий агент и сильный окислитель. Многие вещества (уголь, сера, фосфор, органические соединения) энергично сгорают в токе двуокиси азота. Четырёхокись

диазота с жидким аммиаком реагирует со взрывом. С соляной кислотой окись азота образует хлористый нитрозил, с серной кислотой — нитрозилсерную кислоту. Реагирует со взрывом с сероводородом, водородом, окисью углерода. В воде образует азотную и азотистую кислоты.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

ПДК<sub>рз</sub> — 2 мг/м<sup>3</sup>, пары, степень токсичности/класс опасности 2/3 остро-направленное действие. Требуется автоматический контроль за содержанием вещества в воздухе. Для атмосферного воздуха: ПДК<sub>мр</sub> — 0,085 мг/м<sup>3</sup>. ПДК<sub>сс</sub> — 0,04 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности 2, рефлекторно-резорбтивное действие. Ощущение запаха, незначительные раздражения во рту и зеве — 8 мг/м<sup>3</sup>. Допустимая концентрация в ЧС при экспозиции 30 мин: в зоне дыхания — 10 мг/м<sup>3</sup>; в зоне глаз — 14 мг/м<sup>3</sup>. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: легкая степень поражения — 20 мг/м<sup>3</sup>; Средняя степень поражения 50—100 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 200—300 мг/м<sup>3</sup>. Значение STEL в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: QW9800000, CAS 10102-44-0): Швейцария — 12; Франция — 6; Великобритания — 9; Польша — 10; Швеция — 13; Финляндия — 12; США — 9,4.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит, сам является окислителем. Поддерживает горение, может вызвать возгорание горючих материалов. Может образовывать взрывоопасные смеси с горючими газами (аммиаком, водородом, метаном, этаном, этиленом, ацетиленом, сероводородом и др.). При взаимодействии с маслами (нефтепродуктами) взрывается. Баллоны емкости могут взрываться при нагревании.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании паров, попадании сжиженных газов на кожные покровы.

Обладает выраженным раздражающим и прижигающим действием на дыхательные пути, что приводит к развитию токсического отека легких; угнетает аэробное и стимулирует анаэробное окисление в легочной ткани. Не исключена возможность общего действия, в том числе и за счет всасывания в кровь с поверхности легких продуктов клеточного распада.

## Острые отравления

Ощущение запаха и небольшого раздражения во рту и зеве наблюдаются при концентрации  $8 \text{ мг/м}^3$ .

При концентрациях  $14 \text{ мг/м}^3$  наблюдается раздражение глаз и носа; при  $95 \text{ мг/м}^3$  наблюдается раздражение через 1 минуту и уменьшение диффузии углекислого газа в легких через 15 минут; при концентрации  $120 \text{ мг/м}^3$  наблюдается раздражение и одышка.

Концентрации диоксида азота от 70 до  $320 \text{ мг/м}^3$  снижают мышечную работоспособность.

Вдыхание в течение 5 минут вещества в концентрации  $510\text{—}760 \text{ мг/м}^3$  вызывает бронхопневмонию, а  $950 \text{ мг/м}^3$  — отек легких в течение 5 минут.

Для острого отравления характерна двухфазность течения — вначале наблюдается тяжелое респираторное нарушение типа отека легких, затем последствия фибриозного облитерирующего бронхиолита.

При остром отравлении различают три степени тяжести ингаляционного поражения.

В случае легкой степени отравления: острые ларинготрахеиты, трахеобронхиты, переходящие мозговые расстройства. Жалобы, характерные при поражении раздражающими газами: сухой кашель, слезотечение, затруднение дыхания, адинамия, одышка, боль в горле и за грудиной, тошнота и рвота. Все признаки исчезают после лечения на 4—8 сутки.

При воздействии высоких концентраций (0,05 об. %) возможна асфикция в результате судорожного сокращения голосовых связок или их отека. Обычно в течение от 15 минут до 1 часа раздражение стихает и наступает относительно бессимптомная латентная стадия длительностью от нескольких часов до 2 суток. Затем значительно увеличивается респирация, учащается пульс, повышается количество тромбоцитов. Неожиданно появляется кашель, нарастает одышка, возникает чувство удушья, цианоз, выделение обильной пенистой коричнево-красной мокроты. Рентгенологически и аускультативно определяется отек легких. Далее развивается бронхопневмония или асфиктическая стадия с потерей сознания и сердечно-сосудистой недостаточностью. Иногда существенное значение приобретает метгемоглобинемия и ее последствия.

## Действие на кожу

При попадании сжиженного газа на кожу вызывает тяжелые ее ожоги с образованием сухих плотных струпов, окрашенных в зеленовато-желтый цвет (ксантопротеиновая реакция).

При местном воздействии на глаза — возникают тяжелые поражения с обширным некрозом роговой оболочки и конъюнктивы.

## **Распределение в организме**

Основной путь проникновения — ингаляционный, поражаются легкие. При контакте окислов азота с влажной поверхностью легких образуются  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HNO}_2$ , поражающие альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких и сложным рефлекторным расстройствам. В крови образуются нитраты и нитриты.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях — изолирующий противогаз, при незначительных концентрациях — фильтрующий противогаз с коробками марок В и М, эвакуационные самоспасатели. При работе в районе аварии обязательны: специальный защитный костюм, защитные очки, резиновые сапоги и перчатки. При возгорании — огнезащитный костюм.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ газа в организм — надеть противогаз, вынести на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Смыть с кожи большим количеством воды, 2 % раствором соды. При попадании в глаза — промыть струей воды, 2 % раствором пищевой соды. Срочная госпитализация!

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 50 метров (иногда и более, зависит от количества выбрасываемых газов или их паров). Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. В зону аварии входить в полной защитной одежде, пострадавшим оказать первую доврачебную помощь, направить в лечебное учреждение.

## **При утечке и разливе**

Прекратить движение транспортных средств и работы в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу (очень быстро испаряется). Горючие вещества (нефтепродукты, масла) удалить от пролитого вещества и струи газа. Устранить течь, если это не представляет опасности. Для осаждения паров использовать известковый раствор (известковое молоко). Вызвать на место аварии газоспасательную службу. Взять под контроль зону распространения газа. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и МЧС.

Эвакуировать людей из зоны возможного заражения (зона эвакуации зависит от количества выброшенного (пролитого) вещества).

В случае попадания сжиженных газов в водоисточники и загрязнения воды сообщить в СЭС.

Место разлива засыпать известняком, содой, известью и залить водой, либо использовать другие щелочные растворы.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит, сам является окислителем.

Надеть полную защитную одежду. Не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь большими количествами воды с максимально возможного расстояния. По возможности вывезти емкости с окислами азота из зоны пожара.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе может осуществляться с использованием индикаторных трубок (до 50 мг/м<sup>3</sup>) и лабораторным путем. В основе определения лежит фотометрический метод (реакция с реактивом Грисса-Илосвая; реакция с сульфаниловой кислотой и  $\alpha$  нафтиламином; реакция с сульфаниловой кислотой и азотэтилендиамином). На практике широко используются газоанализаторы и газосигнализаторы, реализующие электрохимический метод определения либо ленточные фотометры.

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Известковое молоко, растворы соды, растворы гидроксида натрия и других щелочных реагентов.

## **2.2. Акролеин**

Акролеин (пропеналь, акриловый альдегид) используется в химической, фармацевтической, текстильной и электротехнической промышленности; при производстве полимеров, линолеумов, изоляционных материалов, бумаги, лекарственных бактерицидных средств; в органическом синтезе: при получении акриловой кислоты, глицерина, глутарового альдегида, метионина, пиридина; для получения коллоидных металлов и пластических масс при конденсации с фенолом.

Тяжелее воздуха, пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозится в жидком состоянии.

## Формула, молекулярная масса

$C_3H_4O$ ,  $M = 53,06$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная жидкость с резким своеобразным запахом.  $T_{кип} = 52,5$  °C,  $T_{пл} = -83,55$  °C. Плотность  $0,8064$  г/см<sup>3</sup> (20 °C). Показатель преломления  $1,3914$  (20 °C). Упругость пара 300 мбар (225,03 мм рт. ст.). Летучесть 407 мг/л (20 °C). Относительная плотность пара по воздуху 1,94.

Акролеин смешивается со многими органическими растворителями. Растворимость в воде 7,3 % (20 °C). Образует азеотропные смеси с водой (87,5 % акролеина  $T_{кип} = 70,5$  °C), бензолом (47 % акролеина  $T_{кип} = 73,3$  °C), метанолом (38 % акролеина  $T_{кип} = 61,4$  °C), четыреххлористым углеродом (21 % акролеина  $T_{кип} = 62,2$  °C) и др.

В химическом отношении реакционноспособен. Вступает во все реакции, характерные для альдегидов и непредельных соединений. Вступает в реакции диенового синтеза, образуя непредельные циклические альдегиды, гетероциклические непредельные простые эфиры (зависит от реагента); легко взаимодействует с водой, спиртами и органическими кислотами, меркаптанами, образуя спирто-альдегиды, эфир-альдегиды, тиоэфир-альдегиды соответственно. Взаимодействуя с галогеноводородами образует β-галогенпропионовый альдегид, с галогенами — α-галогенакролеин.

В отсутствии ингибиторов способен при комнатной температуре к взрывной полимеризации с образованием неплавкого и нерастворимого диакрила. При нагревании до 150 °C акролеин димеризуется с образованием 2-формил-2,3-дигидропирана. Сополимеризуется с различными мономерами: акриламидом, винилбутиловым эфиром. Полимеризуется в присутствии как радикальных, так и ионных катализаторов с образованием полимеров различной структуры.

В присутствии оснований, хлоридов мышьяка, олова, сурьмы, висмута полимеризуется в твердую стеклообразную массу — диоксил. Легко окисляется на воздухе в акриловую кислоту. По обеим кратным связям присоединяет бисульфит натрия. Дает зеленое окрашивание с яичным белком в присутствии нитрита калия и соляной кислоты.

## Предельно допустимые концентрации.

## Дозы и другие токсикологические характеристики

Класс опасности 2 (по ингаляционной составляющей). Лакриматор, оказывает удушающее действие.  $ПДК_{рз} = 0,2$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{вв} = 0,03$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 0,01$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мп} = 0,03$  мг/м<sup>3</sup>.



В Чехии и Словакии  $ПДК_{рз} = 1,0 \text{ мг/м}^3$ , в Венгрии  $0,7 \text{ мг/м}^3$ , в Румынии  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , в Австралии, Бельгии, Финляндии, Японии, Нидерландах, Швеции, Германии, США  $0,25 \text{ мг/м}^3$ . Значение STEL ( $\text{мг/м}^3$ ) для различных стран (по RTECS: AS1050000, CAS: 107-02-8 (25314-61-8)): Швейцария —  $0,46$ , Франция —  $0,25$ , Великобритания —  $0,69$ , Венгрия —  $0,5$ , Россия —  $0,2$ , Швеция —  $0,7$ , Индия —  $0,8$ , Австралия —  $0,8$ , Бельгия —  $0,69$ , Финляндия —  $0,25$ , США —  $0,69$ . Смертельная концентрация  $300 \text{ мг/м}^3$  при 2-х часовой экспозиции (мыши). Порог восприятия запаха  $0,00007 \text{ мг/л}$ . Концентрации от  $0,05 \text{ мг/л}$  непереносимы.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч, легко воспламеняется от искр и пламени. Может вновь воспламениться после тушения пожара. Может воспламеняться от нагретых стенок емкости. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющие пары. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Взрывоопасные смеси создаются в порожних емкостях. Емкости могут взрываться при нагревании. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температурах окружающей среды выше  $-24^\circ\text{C}$ .  $T_{всп} = -25^\circ\text{C}$ ;  $T_{самовоспл} = 278^\circ\text{C}$ ; КПВ =  $2,8\text{—}31\%$ .

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании. Возможен смертельный исход. Пары действуют сильно раздражающе на слизистые оболочки глаз и кожу. Соприкосновение с веществом вызывает ожоги кожи и глаз. Обладает общетоксическим и слабым наркотическим действием.

## **Острые отравления**

При кратковременном вдыхании небольших концентраций — жжение в глазах, слезотечение, конъюнктивит, отек век, чувство царапанья в горле, кашель.

При высоких концентрациях — явление раздражения резче, легкое головокружение, приливы крови к голове, боли в животе, тошнота, рвота, синюшность губ, акроцианоз.

В тяжелых случаях дополнительно наблюдаются: замедление пульса, гипогликемия, слюнотечение, похолодание конечностей, онемение кончиков пальцев, расширение зрачков, приглушенные тоны сердца, потеря сознания.

Возможны острые бронхопневмонии.

## **Действие на кожу**

Вызывает раздражение кожи, возможны ее ожоги.

## **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм — ингаляционный.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях — изолирующий противогаз, при незначительных концентрациях — фильтрующий противогаз с коробкой марки А, эвакуационные самоспасатели. При работе в районе аварии обязательны: специальный защитный костюм, защитные очки, резиновые сапоги и перчатки. При возгорании вещества — огнезащитный костюм.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ газа в организм — надеть противогаз, вынести (вывести) на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Дать теплое питье. Глаза промыть 2 % раствором борной кислоты. Кожу и слизистые промывать большим количеством воды (в течение не менее 15 минут). Срочная госпитализация (медобследование).

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медобследование.

## **При утечке и разливе**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Сообщить в ЦСЭН. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и МЧС. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и работы в опасной зоне. Эвакуировать людей из зоны возможного

заражения. Устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке оградить земляным валом, разлившуюся жидкость перекачать в исправную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Изолировать район в радиусе 400 м, пока пары не рассеются. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. Небольшие утечки обработать известковым молоком, аммиачной водой или раствором кальцинированной соды. Произвести нейтрализацию и обезвреживание остатков вещества и загрязненных участков, транспортных средств, почвы, оборудования.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, кошму, покрывало, другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

Изолировать опасную зону в радиусе до 800 м. По возможности убрать из зоны пожара емкости с акролеином, если это не представляет опасности. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механической или химической пеной.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на реакции акролеина с триптофаном и фотометрии окрашенных растворов. Мешают другие альдегиды в 10-х долях миллиграмма. Чувствительность 4 мкг в пробе.

Идентификация акролеина основана на определении физико-химических его констант и констант его производных: семикарбазону ( $T_{пл.} = 171\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), фенилгидразону ( $T_{пл.} = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 2,4-динитрофенилгидразону ( $T_{пл.} = 165\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Вещества основного характера: растворы щелочей, аммиачная вода, известковое молоко, растворы кальцинированной соды.

## 2.3. Аммиак

Используется при производстве азотной и адипиновой кислот, цианистого водорода, акрилонитрила, амиламина, гидразина и его производных, капролактама, меламина, метилкрилата, этаноламина, хлорамина, жидких удобрений (аммиаков), нитрата и сульфата аммония, мочевины, синтетических волокон, удобрений взрывчатых веществ, а также в качестве хладагента. Легче воздуха, однако при аварийных выбросах (проливах) из емкостных элементов, в которых он хранится в сжиженном состоянии, образующееся облако паров и аэрозолей тяжелее воздуха и может скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях. Перевозится в сжатом или сжиженном состоянии.

### Формула, молекулярная масса

$\text{NH}_3$ ,  $M = 17,03 \text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

Бесцветный газ с удушливым резким характерным запахом (в совершенно чистом виде обладает острым запахом, мало похожим на запах обычного аммиака) и едким вкусом. При нормальных условиях его плотность составляет  $\rho_0^{\text{ж}} = 0,639 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_0^{\text{г}} = 0,7708 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ .  $T_{\text{пл}} = 195,46 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $-77,54 \text{ }^\circ\text{C}$ ),  $T_{\text{кип}} = 239,65 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $-33,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Хранится и транспортируется в сжатом и сжиженном состоянии. К аммиакосодержащим растворам относятся: вода аммиачная, углеаммиакат, аммиак водный, спирт нашатырный, аммиакат, жидкое азотное удобрение.

На воздухе быстро переходит в карбонат аммония или поглощается влагой. Устойчив при обычной температуре. В химическом отношении весьма реакционноспособен, вступает в реакции присоединения, замещения и окисления. Аммиак хорошо растворим в воде (при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  в 100 г воды растворяется 52,6 г аммиака) с образованием гидроксида аммония. При растворении выделяется большое количество тепла, водный раствор имеет щелочную реакцию. Растворим в этиловом и других низших спиртах, эфире, ацетоне, хлороформе. Легко реагирует с кислотами, образуя соли аммония, с углекислым газом воздуха реагирует, превращаясь в карбонат аммония. В атмосфере кислорода аммиак горит зеленоватым пламенем, образуя азот и воду. Смесь 4 объемов аммиака и 3 объемов кислорода взрывоопасна при поджигании. Со многими веществами образует комплексы.

При каталитическом окислении аммиака получают окись азота. Одновременное каталитическое окисление аммиака и метана дает синильную кислоту.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

$\text{ПДК}_{\text{рз}} = 20 \text{ мг/м}^3$ .  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$ .  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,04 \text{ мг/м}^3$ .  $\text{ПДК}_{\text{в}} = 2 \text{ мг/м}^3$ , класс опасности — 4. Минимально действующая концентрация  $0,00045 \text{ г/м}^3$ . Раздражение в носу и полости рта  $0,07—0,1 \text{ г/м}^3$ . Опасность для жизни  $0,35—0,7 \text{ г/м}^3$ . В соответствии с имеющимися в литературе данными о клинических проявлениях интоксикации специалисты считают, что в ЧС человек может покинуть место аварии без нанесения ущерба своему здоровью, если концентрация паров аммиака не будет превышать  $0,14 \text{ г/м}^3$ . При этом время контакта с аммиаком не должно превышать 30 мин. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения  $0,075 \text{ г/м}^3$ , поражающая —  $0,230 \text{ г/м}^3$ , смертельная —  $2,5 \text{ г/м}^3$ . Значение STEL ( $\text{мг/м}^3$ ) для различных стран (по RTECS: BO0875000, CAS: 7664-41-7 (8007-57-6)): Швейцария — 36, Франция — 36, Великобритания — 27, Венгрия — 27, Россия — 20, Швеция — 35, Индия — 27, Австралия — 27, Бельгия — 24, Финляндия — 30, Польша — 20, США — 24.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горючий газ, горит при наличии постоянного источника огня. В атмосфере горит зеленоватым пламенем, образуя азот и воду. Аммиакосодержащие растворы при их разлиии выделяют при нагревании воспламеняющиеся пары.

Аммиак взрывоопасен, пределы взрывоопасных концентраций в воздухе 15—28 %, в кислороде 13,5—79 %. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси. Температура вспышки воздушно-аммичных смесей, содержащих от 3 до 57 об. % аммиака, — около  $1000^\circ\text{C}$ .

## **Опасность для человека Общий характер действия**

Представляет опасность для глаз, органов дыхания, центральной нервной системы и кожных покровов. В результате поражения аммиаком возможны психические и неврологические отклонения. Возможно помутнение хрусталика, роговицы, а иногда и потеря зрения. При высоких концентрациях возможен смертельный исход. Вызывает сильный кашель, удушье. Пары действуют сильно раздражающе на слизистые оболочки и кожные покровы, вызывают слезотечение. Соприкосновение с кожей жидкого продукта вызывает обморожение.

Основными признаками поражения аммиаком являются: ощущение специфического запаха; сердцебиение; нарушение частоты пульса; «приливы»; насморк и кашель; затрудненное дыхание; жжение; покраснение и зуд кожи; резь в глазах; слезотечение.

## Острые отравления

Высокие концентрации аммиака вызывают обильное слезотечение и боли в глазах, удушье, сильные приступы кашля, головокружение, боли в желудке и рвоту, задержку мочи. Пострадавшие сильно возбуждены. В случае тяжелых поражений могут находиться в состоянии буйного бреда и не способны стоять. Наблюдаются резкие расстройства дыхания и кровообращения, смерть может наступить в течение нескольких часов. В ряде случаев причиной гибели является воспаление легких и бронхов.

Порог обонятельного ощущения (в  $\text{мг/м}^3$ ) 0,50—0,55; минимально действующая концентрация 0,45; минимальная концентрация, вызывающая изменение биопотенциалов головного мозга, 0,35. Концентрация аммиака 10,0  $\text{мг/м}^3$  не вызывает значительных изменений электрической активности мозга, дыхания и кожно-гальванического рефлекса. При концентрациях 40,0—80,0  $\text{мг/м}^3$  резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, вплоть до рефлекторной задержки дыхания, головная боль. Вдыхание 3,0  $\text{мг/м}^3$  в течение 8 ч вызывает тенденцию к уменьшению утилизации кислорода и замедление пульса. При кратковременном вдыхании (в  $\text{мг/м}^3$ ) 70,0—100,0 раздражение в носу и в полости рта, при 490,0 — раздражение глаз, при 1200,0 — кашель, диспноэ, возможен отек легких. 250,0  $\text{мг/м}^3$  можно выдержать, хотя и с трудом, в течение часа. По другим данным, работа возможна при 70,0—140,0  $\text{мг/м}^3 \text{NH}_3$ , затруднительна при 140,0—210,0  $\text{мг/м}^3$ , невозможна при 350,0—700,0  $\text{мг/м}^3$ , причем последние концентрации могут оказаться опасными для жизни.

Порог рефлекторного действия для человека — 25  $\text{мг/м}^3$ . Ощущение раздражения наблюдается при 100  $\text{мг/м}^3$ .

### Действие на кожу

При концентрации 1 % (объемный) или 7  $\text{мг/л}$  наблюдается легкое раздражение влажной кожи, при 2 % заметное раздражение, а 3 % через несколько минут могут вызвать ожог с образованием пузырей. Возможны дерматиты с гипермией, пузырьками, папулами и шелушением на боковых поверхностях пальцев рук. Жидкий аммиак при соприкосновении с кожей или слизистой оболочки глаз вызывает сильные химические ожоги.

### Поступление и распределение в организме

В дыхательных путях 75—80 %, в крови от 0,05 до 0,90  $\text{мг/мл}$  плазмы крови. Основной путь поступления в организм — ингаляционный.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях (в районе аварии) — изолирующий противогаз, защитный костюм типа Яа, резиновые сапоги, перчатки. В зонах распространения паров аммиака в зависимости от уровня их концентрации возможно использование фильтрующего промышленного противогаза с коробками КД и М, респиратора РПГ-67 КД с защитными очками типа ПО-3 и эвакуационного самоспасателя.

Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Вынести пострадавшего из зоны поражения. Глаза, кожу и слизистые обильно промыть водой в течение 10—15 минут. При попадании брызг водных растворов аммиака в глаза немедленное обильное промывание широко раскрытого глаза водой, 1 % раствором борной кислоты или 0,5—1 % раствором квасцов; вводится вазелиновое или оливковое масло.

При поражении через дыхательные пути — свежий воздух, вдыхание теплых водяных паров (лучше с добавлением уксуса или лимонной кислоты), 10 % раствора ментола в хлороформе. Пить теплое молоко с боржомом или содой. При удушье кислород (до уменьшения одышки или цианоза); при спазме голосовой щели тепло на область шеи, теплые водные ингаляции. При поражении кожи наложение примочки из 3 % раствора уксусной или лимонной кислоты.

Для получения квалифицированной врачебной помощи во всех случаях целесообразно обращение в соответствующие медицинские учреждения.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. (зависит от типа аварии). Откорректировать указанное расстояние по данным разведки или прогнозирования.

Оповестить об опасности поражения людей местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения аммиака в опасных концентрациях.

В зону аварии входить в полной защитной одежде и противогазе изолирующего типа. Соблюдать меры пожарной безопасности, удалить источники открытого огня, не курить. Пострадавшим оказать первую помощь и отправить на медицинское обследование.

## При утечке и разливе

Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить источники огня. Не курить. Устранить течь, если это не представляет опасности или перекачать в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Не допускать попадания аммиака в водоемы, тоннели, подвалы и канализацию. В случае заражения водоисточников сообщить в СЭС. Для осаждения паров использовать распыленную воду. В случае заражения водоисточников — сообщить в СЭС. Не прикасаться к пролитому веществу, небольшие лужицы засыпать песком, обильно промыть водой.

## При возгорании и пожаре

Не горит в обычных условиях. При пожаре необходимо надеть полную защитную одежду. Не приближаться к горящим емкостям, охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой и воздушно-механической пеной, порошками и специальными газовыми составами. Поврежденные малогабаритные баллоны вынести из опасной зоны и поместить в емкость с водой или слабым раствором кислоты.

## Способы обнаружения (индикация) и анализа

В воде определение аммиака основано на способности ионов аммония образовывать со щелочным раствором тетраиодидмеркурата калия окрашенный в желтый цвет иодид меркураммония, который затем фотометрируется. Чувствительность метода  $0,002 \text{ г/м}^3$ ; определению мешают амины, хлорамин, ацетон, альдегиды.

В воздухе обнаруживается по характерному запаху. Бумажка, смоченная раствором нитрата закисной ртути  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ , при действии аммиака чернеет. Индикация. ИТМ-12, окраска фиолетовая.  $C_{\text{пор}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ г/м}^3$ .

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Аммиак может быть нейтрализован веществами кислого характера (углекислый газ, кислоты), а также солями меди, цинка, кобальта.

Поглощение аммиака, находящегося в газообразном состоянии, осуществляется постановкой водяных завес. Для нейтрализации мест разлива сжиженного аммиака целесообразно использование 10 % раствора соляной или серной кислот в воде.



## 2.4. Анилин

Анилин (фениламин) является наиболее крупнотоннажным продуктом восстановления ароматических нитросоединений. В качестве исходного продукта используется нитробензол. Кроме того, анилин может быть получен аминированием хлорбензола.

Анилин является одним из важнейших промежуточных продуктов анилино-красочной промышленности, ускорителей вулканизации каучука, ингибиторов, лекарственных веществ (антипирин, пирамидон, атофан) и др.

Пары анилина тяжелее воздуха и могут скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$C_6H_7N$ ,  $M = 93,14$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Анилин — маслянистая, бесцветная, но быстро темнеющая на воздухе и свету, жидкость с неприятным специфическим запахом. При нормальных условиях его плотность составляет  $\rho_0^{ж} — 1,039$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_0^n — 4,155 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>.  $T_{пл} — 267^\circ\text{C}$  ( $-6,15^\circ\text{C}$ ).  $T_{кип} — 457,5^\circ\text{C}$  ( $184,4^\circ\text{C}$ ).

Хранится и транспортируется в жидком состоянии.

В воде растворяется незначительно (3,4 % при  $20^\circ\text{C}$ ). Хорошо растворяется в спирте и жирах. Гигроскопичен, может содержать до 5 % воды (при  $25^\circ\text{C}$ ).

Водные растворы проявляют слабоосновный характер. Взаимодействует с кислотами с образованием хорошо кристаллизующихся солей; с концентрированной серной кислотой при нагревании образует сульфаниловую кислоту; с галоидными алкилами образует вторичные и третичные жирноароматические амины. При действии на анилин хлоруксусной кислоты образуется фенилглицин. При нагревании с органическими кислотами образует анилиды.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Класс опасности второй.  $ПДК_{рз} = 0,1$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мр} = 0,05$  мг/м<sup>3</sup>.  $ПДК_{вв} = 0,1$  мг/л.

В связи с быстрым проникновением паров анилина через кожу оценить значения ингаляционных токсикологических характеристик, приводящих к поражениям человека с различной степенью тяжести, весьма трудно. Известно, что концентрации  $0,3—0,6$  г/м<sup>3</sup> переносятся в течение одного часа без каких-либо последствий.

Средняя смертельная кожно-резорбтивная доза 460 мг/кг (мышь), 440 мг/кг (крыса), 250 мг/кг (кошка).

Установить токсические концентрации паров для человека трудно ввиду быстрого проникновения анилина через кожу.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется при нагревании. Горит, но не взрывается. Температура самовоспламенения ( $T_{\text{самовоспл}}$ ) 540 °С. Взрывоопасен в смеси с воздухом, КПВ 1,3—11,0 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Отравление анилином возможно через органы дыхания при вдыхании его паров, при попадании на кожу и слизистые, а также в желудочно-кишечный тракт. Угнетает тканевое дыхание, являясь метгемоглобинообразователем, угнетает сам и его метаболиты систему внутриклеточных дыхательных ферментов, повреждает печень, почки и нервную систему. При контакте с кожей — признаки поражения появляются через 3—5 часов.

### **Острые отравления**

В легких случаях — синюха, небольшая слабость, головная боль, головокружение, плохой аппетит.

При отравлениях средней тяжести, кроме того, тошнота, иногда рвота, шатающаяся походка, учащение пульса. Несколько болезненна печень и нервные стволы, сухожильные рефлексы повышены.

В более тяжелых случаях — учащение пульса, не соответствующее цианозу, учащение дыхания, подергивания и судороги, понижение тонуса мышц, психическое возбуждение, падение температуры тела, холодные конечности, нарушение сознания, расширение зрачков, исчезновение зрачковых и сухожильных рефлексов.

### **Действие на кожу**

Наблюдаются заболевания кожи, особенно в области мошонки, паховых складок, подмышечных впадин.

## **Поступление и распределение в организме**

Поступает в организм через органы дыхания со скоростью 5—11 мг/ч. Жидкий впитывается через кожу человека со скоростью 0,2—0,7 мг·ч/см<sup>2</sup>. Считается, что в условиях производства 2/3 анилина проникает в организм через кожу.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки А, М, БКФ, респиратор РПГ-67А, защитные очки, перчатки. В случае малых концентраций анилина возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ яда в организм. Вывести из зоны поражения. Дать свежий воздух, покой, тепло, увлажненный кислород. Снять загрязненную одежду, перчатки, обувь. Тщательно обмыть все тело водой, раствором перманганата калия. При попадании внутрь обильно промыть желудок (10—15 л теплой воды). Солевые слабительные. Обязательная госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. (зависит от типа аварии). Откорректировать указанное расстояние по данным разведки или прогнозирования.

Оповестить об опасности поражения людей местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения анилина в опасных концентрациях.

В зону аварии входить в полной защитной одежде и противогазе изолирующего типа. Соблюдать меры пожарной безопасности, удалить источники открытого огня, не курить. Пострадавшим оказать первую помощь и отправить на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить источники огня, не курить. Горючие вещества удалить от пролитого анилина.

Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания анилина в водоемы, тоннели, подвалы и канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Перекачать разлившуюся жидкость в свободную емкость.

Небольшие утечки засыпать инертным материалом, собрать в емкость.

## **При возгорании и пожаре**

Легко воспламеняется при нагревании. При тушении пользоваться химическими и воздушно-пенными огнетушителями.

Надеть полную защитную одежду. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на окислении анилина активным хлором в присутствии фенола до индофенола. Чувствительность 1 мкг в анализируемом объеме.

Анилин может быть обнаружен действием азотистой кислоты.

Растворяют 1 мл анилина в 3 мл концентрированной соляной кислоты, разбавленной 5 мл воды, и охлаждают раствор до 0 °С в стакане с кусочком льда.

Растворяют 1 г нитрата натрия в 5 мл воды и медленно при встряхивании прибавляют этот раствор к холодному раствору гидрохлорида анилина. Прибавление продолжают до тех пор, пока смесь не даст положительной реакции на азотистую кислоту. Для этого помещают каплю раствора на индикаторную бумажку.

Появление голубого окрашивания указывает на присутствие азотистой кислоты. Прибавляют около 2 мл охлажденного диазониевого раствора к раствору 0,1 г  $\beta$  — нафтола в 2 мл 10 % раствора гидроксида натрия и 5 мл воды. Отмечают образование оранжево-красного азокрасителя.

Чувствительной качественной реакцией на анилин является действие на его водные растворы хлорной известью; появляется интенсивное фиолетовое окрашивание.

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания паров использовать распыленную воду. Жидкость откачать (собрать) с мест разлива с соблюдением мер пожарной безопасности. Места разлива изолировать песком, воздушно-механической или химической пеной. Проводить обязательное обвалование с целью недопущения попадания вещества в поверхностные воды и канализацию. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для обеззараживания с соблюдением мер пожарной безопасности. Зараженные поверхности промыть моющими композициями и обработать острым паром.

## 2.5. Ангидрид сернистый

Ангидрид сернистый (серы двуокись, оксид серы) используется при производстве серы, серной кислоты; сульфидов; отбеливание целлюлозы, шерсти, шелка. Применяется как консервант, хладоагент и средство для дезинфекции. Перевозится в сжатом и сжиженном состоянии. Пары тяжелее воздуха и могут скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{SO}_2$ ,  $M = 64,06$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветный газ с резким специфическим запахом. При нормальных условиях его плотность составляет  $\rho_0^{\text{ж}} = 2,0$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_0^{\text{г}} = 2,857 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>.  $T_{\text{пл}} = 197,54$  °K (–75,46 °C).  $T_{\text{кип}} = 262,9$  °K (–10,1 °C).

Хорошо растворим в воде — при 20 °C 11,5 г в 100 г воды. Растворим в этиловом спирте и органических кислотах. Легко сжижается. Хранится и транспортируется в сжатом и сжиженном состоянии. При выходе в атмосферу дымит.

В сухом газообразном виде мало реакционноспособен, окисляется кислородом воздуха только в присутствии катализаторов. В растворах сильные окислители переводят его в триоксид серы или серную кислоту. Водные растворы обесцвечивают многие красители (отбеливают ткани и т. д.). При высокой температуре в присутствии катализаторов водородом восстанавливается до сероводорода, окисью углерода — до серы с частичным образованием сероуглерода и сероокиси углерода. Влажный сернистый газ взаимодействует с сероводородом при обычной температуре с образованием серы. С водными

растворами щелочей образует соли сернистой кислоты. С газообразным аммиаком в присутствии паров воды реагирует с образованием сульфита или бисульфита аммония. В отсутствие влаги образует амидосульфоновую и имидодисульфоновую кислоты. Смесь сернистого газа и хлора в соответствующих условиях при действии на углеводороды образует хлорангидриды органических сульфокислот.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Класс опасности — 2. ПДК<sub>рз</sub> — 10 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>мр</sub> — 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> — 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Порог восприятия запаха 0.003 мг/л, раздражение глаз вызывают концентрации 50,0 мг/м<sup>3</sup>, раздражение в горле 20—30 мг/м<sup>3</sup>, кашель — 50,0 мг/м<sup>3</sup>. При 60,0 мг/м<sup>3</sup> наблюдается сильное колотье в носу, чихание, кашель. 120.0 мг/м<sup>3</sup> можно выдержать 3 мин; 300,0 мг/м<sup>3</sup> — лишь одну минуту.

Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения 0,07 г/м<sup>3</sup>, поражающая — 0,30 г/м<sup>3</sup>, смертельная — 1,2 г/м<sup>3</sup>. Значение STEL (мг/м<sup>3</sup>) для различных стран (по RTECS: WS4550000, CAS: 7446-09-5 (12396-99-5, 83008-56-4, 89125-89-3)): Швейцария — 10, Франция — 10, Великобритания — 13, Венгрия — 6, Россия — 10, Швеция — 13, Австралия — 10, Бельгия — 13, Финляндия — 13, США — 13.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит, емкости могут взрываться только при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, возможен смертельный исход. Пары действуют раздражающе, во влажном воздухе сильно раздражают слизистые оболочки и кожу. Соприкосновение вызывает ожоги кожи и глаз.

Оказывает многостороннее общетоксическое действие, вызывая острые и хронические отравления. Поражает бронхи и легочную ткань. Нарушает белково-образовательную и энтитоксическую функцию печени, вызывает явления токсического гепатита, нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта. Вызывает расстройства сердечно-сосудистой системы, легочно-сердечную недостаточность, капилляротоксикоз, нарушает деятельность почек.

Общетоксическое действие связано также с нарушением иммунного статуса организма и понижением сопротивляемости инфекции.

## **Острые отравления**

В легких случаях отравления (концентрация около 0,001 % по объему) наблюдаются явления раздражения преимущественно верхних дыхательных путей и глаз. Возникает слезотечение, чихание, першение и чувство сухости в горле, кашель, осиплость голоса, вазомоторные нарушения слизистой носа, умеренно выраженная гиперемия верхних дыхательных путей. Явления ларинготрахеита и конъюнктивита после прекращения контакта сравнительно быстро подвергаются обратному развитию, в течение первых дней клинические симптомы быстро купируются, более длительно остается астенизация.

При поражении средней тяжести — общая слабость, головокружение, головные боли, приступы сухого кашля, щекотание и боли в носу, жжение и боль в горле, охриплость голоса, потливость, боли в поджелудочной области. Отмечается резко выраженная гиперемия слизистых верхних дыхательных путей с небольшими бледными участками ее в области хрящевой части перегородки носа, а иногда и передних концов средних раковин, как результат ожога слизистой оболочки; в носовых ходах скопление серьезных выделений, носовые кровотечения, скудные выделения слизистой и слизисто-кровянистой мокроты, цианоз губ.

В тяжелых случаях, при воздействии больших концентраций, наступает острое удушье, на фоне пареза голосовых связок с явлениями полной афонии, либо тяжелая одышка, ортопноид и акроцианоз.

В легких на всем протяжении свистящие хрипы, дыхание поверхностное, мучительный удушливый кашель. Блефароспазм, светобоязнь. Нередко наличие астматического компонента, тяжелые вегетативно-сосудистые кризы, выраженное двигательное возбуждение, кратковременная потеря сознания. Возможно развитие острой эмфиземы или отека легких. Часто легочные поражения развиваются через некоторые сроки после контакта, присоединяется пневмонический эффект с возможным последующим пневмосклерозом, бронхоэктазиями.

### **Действие на кожу**

При попадании на кожу жидкого сернистого ангидрида появляется чувство похолодания, онемение пораженных участков и их побеление. Через некоторое время наступает гиперемия и отечность с образованием пузырей. Поражение глаз жидким сернистым ангидридом приводит к гибели поверхностных слоев конъюнктивы и роговицы с образованием трудно заживающих язв.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм — ингаляционный. Через несколько минут после ингаляции обнаруживается в крови. Распределяясь в органах

и тканях организма максимально аккумулируется в печени, легких и костно-мозговой ткани.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки Б, респиратор типа РПГ-67, защитные очки, перчатки. В случае небольших концентраций сернистого ангидрида возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Вывести пострадавшего на свежий воздух, освободить от стесняющей дыхание одежды, дать кислород. Промыть глаза и прополоскать горло водой или 2 % раствором гидрокарбоната натрия. Кожу обильно промыть водой или 2 % раствором соды.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. (зависит от типа аварии). Откорректировать указанное расстояние по данным разведки или прогнозирования.

Оповестить об опасности поражения людей местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения сернистого ангидрида в опасных концентрациях.

В зону аварии входить в полной защитной одежде и противогазе изолирующего типа. Пострадавшим оказать первую помощь и отправить на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу.

Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При возможности отвезти разгерметизированные емкости в безопасное место.



При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Не допускать попадания сернистого ангидрида в водоемы, тоннели, подвалы и канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Перекачать разлившуюся жидкость в свободную емкость. Для осаждения газа использовать известковое молоко, раствор соды или каустика. Место разлива залить известковым молоком или раствором соды. Поврежденные малогабаритные баллоны поместить в емкости с известковым молоком или раствором соды.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит. Баллоны (емкости) могут взрываться при нагревании.

Убрать емкости из зоны пожара, если это возможно. Надеть полную защитную одежду. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на использовании фотометрических способов:

поглощение сернистого ангидрида раствором иодата калия с образованием окрашенного раствора трийодид-ионов в результате окислительно-восстановительной реакции с йодидом и иодатом калия. Чувствительность метода  $1 \text{ мг/м}^3$ ;

поглощение сернистого ангидрида раствором тетрахлормеркурата (Д) натрия с образованием комплекса дихлоросульфитмеркурата (Д), способного давать красно-фиолетовые продукты при взаимодействии с формальдегидом и основным фуксином. Предел обнаружения  $0.1 \text{ мкг}$  в анализируемом объеме раствора, погрешность метода  $15\text{—}21 \%$ .

Метод газохроматографического определения сернистого ангидрида при их совместном присутствии с использованием детектора по захвату электронов, чувствительность при объеме пробы  $5 \text{ мл}$  —  $0,1 \text{ мг/м}^3$ .

Может быть определен с использованием приборов: ГКД -1, Атмосфера-1, УГ-2, ГХ-4, ФЛ-5501, ФЛ-5501М.

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

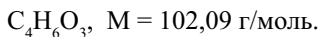
Для рассеивания паров использовать распыленную воду. Жидкость откачать (собрать) с мест пролива. Места разлива залить известковым молоком или раствором соды. Проводить обязательное обвалование с целью недопущения попадания вещества в поверхностные воды и канализацию.

## 2.6. Ангидрид уксусный

Ангидрид уксусный (ангидрид уксусной кислоты) — ацетилирующий агент в производстве ацетилцеллюлозы, винилацетата, диметилацетамида, лекарственных средств, красителей, душистых веществ. Входит в список (прекурсоры) наркотических и психотропных веществ. На рубеже 2000 г. мировое производство составляло около 1,3 млн тонн в год.

Тяжелее воздуха, пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса



### Основные физические и химические свойства

Бесцветная жидкость с резким запахом, напоминающим запах уксусной кислоты. Плотность при 20 °С  $\rho_{20}^{\text{ж}} = 1,087 \text{ г/см}^3$ .  $T_{\text{пл}} = 199,9 \text{ °K } (-73,1 \text{ °C})$ ,  $T_{\text{кип}} = 412,5 \text{ °K } (139,5 \text{ °C})$ . Относительная плотность пара по воздуху 3,53. Растворимость в воде 12 %. Хорошо растворим в бензоле, эфире, тетрагидрофуране, хлороформе.

В химическом отношении реакционноспособен: водой при нагревании разлагается до уксусной кислоты; с аминами образует амиды; со спиртами — эфиры; с меркаптанами — тиоэфиры; с сероводородом и сульфидом натрия — тиюксусную кислоту; с хлористым водородом или фосгеном при 70—80 °С — хлористый ацетил.

С ароматическими альдегидами в присутствии ацетата калия или других основных реагентов уксусный ангидрид образует β-арилакриловые кислоты.

Ацетон и другие алифатические и жирноароматические кетоны ацетируются в присутствии трехфтористого бора с образованием β-дикетонов.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

ПДК<sub>рз</sub> — 5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>мр</sub> ПДК<sub>сс</sub>. Средняя смертельная ингаляционная концентрация около 7 мг/л при 2-х часовой экспозиции (по уксусной кислоте). Порог ощущения запаха 0,00049 мг/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр, пламени, при нагревании. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары. Пары с воздухом образуют взрывоопасные смеси. Температура самовоспламенения 330 °С.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Действует подобно уксусной кислоте. Обладает сильным раздражающим действием. Опасен при вдыхании, проглатывании, попадании на кожу и слизистые.

### **Острые отравления**

Раздражение слизистой глаз и слизистой оболочки носа, першение в горле, затрудненное дыхание, одышка, чувство удушья, сухой кашель, охриплость голоса.

Ожоги губ, кожи подбородка, слизистой ротовой полости, пищевода, желудка, мучительная рвота с кровью. Возможен отек гортани.

### **Действие на кожу**

Жидкий уксусный ангидрид действует прижигающе. При попадании в глаза вызывает тяжелые поражения роговицы.

### **Поступление и распределение в организме**

Данные отсутствуют.

### **Средства индивидуальной защиты**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки БКФ, защитные очки, перчатки. В случае малых концентраций уксусного ангидрида возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм, надеть противогаз, вынести на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Смыть с кожи большим количеством воды. При попадании в глаза — промыть струей воды. Срочная госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. (зависит от типа аварии). Откорректировать указанное расстояние по данным разведки или прогнозирования.

Оповестить об опасности поражения людей местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения ангидрида уксусной кислоты в опасных концентрациях.

В зону аварии входить в полной защитной одежде и противогазе изолирующего типа. Соблюдать меры пожарной безопасности, удалить источники открытого огня, не курить. Пострадавшим оказать первую помощь и отправить на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить источники огня, не курить. Горючие вещества удалить от пролитого уксусного ангидрида.

Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания уксусного ангидрида в водоемы, тоннели, подвалы и канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Перекачать разлившуюся жидкость в свободную емкость.

Осаждать пары тонкораспыленной водой или известковым раствором.

## **При возгорании и пожаре**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. При тушении пользоваться химическими и воздушно-пенными огнетушителями.

Изолировать опасную зону в радиусе до 800 м. Убрать емкости из зоны

пожара, если это не представляет опасности. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости с водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химической пенами с максимального расстояния.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

В воздухе может быть обнаружен органолептически по запаху.

Для анализа используют иодометрический метод. Чувствительность 3 мг/м<sup>3</sup>.

Идентифицируют уксусный ангидрид по физико-химическим свойствам его производных: по амиду уксусной кислоты  $T_{пл} = 82\text{ }^{\circ}\text{C}$ , анилиду уксусной кислоты  $T_{пл} = 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из пониженной местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Небольшие количества вещества могут быть нейтрализованы растворами щелочных реагентов: раствором соды, известковым молоком, растворами гидроксида натрия. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой зараженные поверхности техники, затем промыть их моющими композициями, обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания в грунтовые воды; почву перепхать.

## 2.7. Ацетонитрил

Ацетонитрил (нитрил уксусной кислоты) — экстрагент для выделения бутадиена из смеси с другими углеводородами, жирных кислот из растительных масел и животных жиров, азеотропный агент для выделения толуола из нефтяных дистиллятов, сырье в производстве лекарственных препаратов, растворитель.

Перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха и могут скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$C_2H_3N$ ,  $M = 41,05$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная, подвижная жидкость с неприятным эфирным запахом.  $T_{пл} = -229,3$  °K ( $-43,7$  °C),  $T_{кип} = 354,8$  °K ( $81,8$  °C), плотность при  $20$  °C  $\rho_{20}^{ж} = 0,782$ . Относительная плотность пара 1,42.

Смешивается с водой, этанолом, эфиром, ацетоном, четыреххлористым водородом и другими органическими растворителями. Растворяет масла, лаки, жиры, эфиры целлюлозы, многие синтетические полимеры и неорганические соли; образует с водой азеотропные смеси.

В химическом отношении реакционноспособен — типичный нитрил. Гидролизуется в кислой или щелочной среде до уксусной кислоты с образованием солей аммония или аммиака соответственно.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

ПДК<sub>рз</sub> —  $10$  мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>вв</sub> —  $0,7$  г/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>мр</sub> —  $0,1$  мг/м<sup>3</sup>. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения  $0,15$  г/м<sup>3</sup>, поражающая —  $0,20$  г/м<sup>3</sup>, смертельная —  $2,0$  г/м<sup>3</sup>. Значение STEL (мг/м<sup>3</sup>) для различных стран (по RTECS: AL7700000, CAS: 75-05-8): Швейцария —  $134,3$  (возможна абсорбция через кожу), Великобритания —  $100,7$ , Венгрия —  $100,0$  (возможна абсорбция через кожу), Россия —  $10,0$ , Дания —  $105,0$ , Австралия —  $100,7$  (возможна абсорбция через кожу), Бельгия —  $101,0$  (возможна абсорбция через кожу), Финляндия —  $105,0$ , США —  $101,0$ .

## Взрыво- и пожароопасность

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатка образуется взрывоопасная смесь. Горит с образованием токсичных газов (циана, оксидов азота).  $T_{всп} = 6$  °C,  $T_{самовоспл.} = 525$  °C, КПВ —  $4,1 \pm 16$  %, нижний предел температуры воспламенения  $3$  °C. Над поверхностью разлитой жидкости имеет место горючая концентрация паров при температуре окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, ядовит при приеме внутрь и при поступлении через поврежденную кожу. Возможен смертельный исход при вдыхании. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи. Соприкосновение открытых участков тела с ацетонитрилом или загрязненной одеждой вызывает ожоги кожи. Опасен при попадании в глаза.

Менее токсичен, чем ряд других нитрилов жирного ряда. Действует целой молекулой в сочетании с медленно отщепляющейся циан-группой. Характерны вызываемые ацетонитрилом судороги, влияние на щитовидную железу и вызываемый им отек легких. Технический ацетонитрил является более ядовитым веществом в связи с содержанием в нем синильной кислоты и изонитрилов.

Местным действием ацетонитрила можно пренебречь в связи с достаточно высокой дозой.

### **Острые отравления**

При остром отравлении проявляются: головная боль, головокружение, апатия, слабость, тошнота, рвота, бледность, сердцебиение, падение температуры тела и кровяного давления, ослабление пульса, судороги, потеря сознания.

После выздоровления в течение некоторого времени (до трех недель) наблюдаются депрессия, головная боль, сердцебиение, особая слабость мышц верхних конечностей, повышенный диурез, белок в моче, повышенное содержание цианидов в крови и роданидов в моче.

### **Действие на кожу**

Раздражающее действие на кожные покровы оказывает только в жидком виде и в значительных концентрациях. В этом случае он вызывает покраснение, жжение и ожоги кожи. При всасывании через кожу больших доз ацетонитрила возможен отек легких и смертельный исход.

### **Поступление и распределение в организме**

В организме превращается в синильную кислоту, роданиды, муравьиную кислоту, аммиак. Возможно окислительное разрушение ацетонитрила.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппа-

ратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки А, М, БКФ, защитные очки, перчатки. В случае малых концентраций ацетонитрила возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Надеть на пострадавшего противогаз. Вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Загрязненные места на коже обмыть теплой водой с мылом. Обеспечить тепло и покой. При необходимости обеспечить искусственное дыхание. Дать кислород. Нюхать амилнитрит с ватки в течение 15—30 секунд, процедуру повторить через 2—3 минуты. Обеспечить госпитализацию пораженного.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Запретить вход в подвалы и тоннели. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медобследование.

## **При утечке и разливе**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Сообщить в ЦСЭН. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и МЧС. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и работы в опасной зоне. Эвакуировать людей из зоны возможного заражения. Устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать в исправную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. Произвести нейтрализацию и обезвреживание остатков вещества и загрязненных участков, транспортных средств, почвы, оборудования.



## При возгорании и пожаре

Использовать сухой песок, кошму, покрывало, другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

Изолировать опасную зону в радиусе до 800 м. По возможности убрать из зоны пожара емкости с ацетонитрилом, если это не представляет опасности. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, пенами и порошками.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе групповым методом основано на омылении ацетида едкой щелочью и колориметрическом определении аммиака с тимолом и гипобромитом (с образованием индотимола). Чувствительность по циан-группе 0.003 мг в 10 мл раствора.

Идентифицируется в лаборатории по физико-химическим характеристикам производных: семикарбазону алкилфенилкетона ( $T_{пл}$  199 °C), алкил-2,4,6-триоксифенилкетону ( $T_{пл}$  218 °C), гидрохлориду  $\alpha$ -иминсакрилмеркаукусной кислоты ( $T_{пл}$  114 °C).

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из пониженной местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Небольшие количества вещества могут быть нейтрализованы растворами щелочных реагентов: раствором соды, известковым молоком, растворами гидроксида натрия, раствором железного купороса (2 объема 10 % раствора) и гашеной извести (1 объем 10 % раствора). Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой зараженные поверхности техники, затем промыть их моющими композициями, обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания в грунтовые воды; почву перепахать.

## 2.8. Ацетонциангидрин

Ацетонциангидрин ( $\alpha$ -гидроксиизобутиронитрил) является сырьем в производстве метакриламида, метакриловой кислоты, метилметакрилата, азобисизобутиронитрила. В лабораторном органическом синтезе является источником цианистого водорода для получения циангидринов и для гидроцианирования.

Перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха и могут скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$C_4H_7ON$ ,  $M = 85,11$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная подвижная жидкость со своеобразным запахом.

$T_{кип} = 82$  °С при 23 мм рт. ст., разлагается при 120 °С,  $T_{пл} = -19$  °С. Плотность при 20 °С  $\rho_{20}^{ж} = 0,930$ . Относительная плотность пара 2,93. Показатель преломления 1,3992 (20 °С). Упругость пара при 20 °С 1,06 мбар (0,795 мм рт. ст.), летучесть (расчетная) 3,53 г/м<sup>3</sup>.

Легко растворим в воде, в спирте, эфире и других органических растворителях, плохо в петролейном эфире и сероуглероде. Содержание синильной кислоты в техническом продукте до 0,1 %.

Обладает всеми химическими свойствами, характерными гидроксинитрилам; гидролизует водными растворами соляной или серной кислоты до  $\alpha$ -гидроксиизомасляной кислоты или ее амида; при действии аммиака образует  $\alpha$ -аминобутиронитрил; при действии галогенидов фосфора образует галогенозамещенные изобутиронитрилы; в присутствии кислых катализаторов ацетируется уксусным ангидридом. Под действием концентрированной серной кислоты дегидратируется, образуя нитрил метакриловой кислоты, переходящей в метакриловую кислоту; при обработке пентоксидом дифосфора или тионилхлоридом — метакрилонитрил.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Класс опасности второй. ПДК<sub>рз</sub> — 0,9 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>вв</sub> — 0,001 мг/л. Поражающая токсодоза 1,9 мг · мин/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется при нагревании. Разлитая жидкость выделяет при нагревании воспламеняющиеся пары. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Температурные пределы воспламенения 38—84 °С,  $T_{\text{всп}} = 76$  °С,  $T_{\text{самовоспл}} = 544$  °С, КПВ = 2,2 ± 12 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Является ферментным ядом, поражает дыхательные центры подобно неорганическим цианидам. Возможен смертельный исход при вдыхании, проглатывании, действии через неповрежденную кожу. Действие связано с отщеплением синильной кислоты, которая переходит в роданиды, но угнетение активности дыхательных ферментов более слабое, чем у синильной кислоты.

## **Острые отравления**

В производственных условиях наблюдались случаи острых отравлений при попадании на кожу и одежду (при обливании). Очень опасен при попадании внутрь через органы пищеварения.

Начальные симптомы отравления: головная боль, сердцебиение, тошнота, рвота, потеря сознания, судороги, нарушение дыхания.

### **Действие на кожу**

Кожа заметно не повреждается, ацетонциангидрин хорошо впитывается через кожу, вызывая острое быстро развивающееся отравление.

## **Поступление и распределение в организме**

Данных не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки В, в случае высоких концентраций вещества в воздухе изолирующий противогаз. При работе в районе аварии обязательны: специальный защитный костюм, защитные очки, резиновые сапоги и пленочные перчатки. В случае возгорания — огнезащитный костюм.

Рекомендуется использование пленок из полиэтилена, пропитанных окисью титана или пленки фторопласт — 4.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ яда — надеть противогаз. Облитую одежду немедленно снять, кожу обмыть большим количеством воды, промыть слизистые. При поступлении внутрь — промыть желудок 10—15 литрами теплой воды или ввести активированный уголь. Затем внутрь 1—2 столовые ложки вазелинового масла, теплое молоко, белковая вода (1 белок на стакан воды), кисели. По возможности дать увлажненный кислород. Госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии, держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Не прикасаться к пролитому веществу. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. В зону аварии входить в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь и направить в лечебное учреждение.

## **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Устранить источники огня. Устранить течь, если это не представляет опасности, перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Сообщить об аварии в службы МЧС. Вызвать на место аварии специалистов, пожарную и газоспасательную службы. В случае опасности попадания в водоисточники сообщить в ЦСЭН. Небольшие утечки засыпать впитывающими материалами, собрать в емкость. Провести нейтрализацию.

## **При возгорании и пожаре**

Пользоваться химическими и воздушно-пенными огнетушителями. Надеть полную защитную одежду. Убрать из зоны пожара емкости с ацетонциангидрином, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механической пеной. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на реакции с хлорамином и получении хлорциана, взаимодействии последнего с бензидин-пиридиновым реактивом или пиридиновым реактивом и образованием полиметинового красителя.

В растворах определение осуществляется использованием группового метода на нитрилы кислот, предварительным омылением щелочью с последующим колориметрическим определением аммиака с тимолом и гипобромитом.

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения газа используется распыленная вода. Для дегазации жидкости используются растворы щелочей и 10 % раствор гипохлорита кальция. На 1 тонну ацетонциангидрина 5 тонн 10 % NaOH. Для дегазации загрязненной спецодежды рекомендуется использование хлоросодержащих окислителей в щелочной среде при нагревании.

## **2.9. Бензол, Толуол**

Бензол используется для получения фенола, нитробензола, хлорбензола, малеинового ангидрида, при синтезе стирола и изопропилбензола, в производстве капролактама, в лакокрасочной промышленности, при производстве пластмасс, красителей, лаков, инсектицидов, компонентов моторных масел, фармакологических препаратов, моющих средств, в лазерной промышленности. Широко используется в качестве разбавителя, растворителя, для экстрагирования белка, обезжиривания костей и жиросодержащих отходов.

Толуол является сырьем для получения капролактама, бензилового спирта, бензаальдегида, малеинового ангидрида, в анилино-красочной и фармацевтической промышленности. Высокооктановый компонент авиационных и автомобильных бензинов. Растворитель в производстве пластмасс, смол, лаков, типографских красок, в резиновой промышленности. При нитровании толуола в конечной стадии получается 2,4,6-тринитротолуол (тротил).

Бензол и толуол хранятся и перевозятся в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха и могут скапливаться в низинах, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$C_6H_6$ ,  $M = 78,114$  г/моль.

$C_7H_8$ ,  $M = 92,141$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бензол — бесцветная, легко воспламеняющаяся подвижная жидкость, летучая, со своеобразным резким запахом.

Толуол — бесцветная прозрачная подвижная и горючая жидкость с характерным запахом бензина.

Основные физические характеристики бензола и толуола представлены в табл. 2.1.

Таблица 2. 1

### Физические характеристики

Характеристика	Бензол	Толуол
Температура кипения (ТКИП, °K)	353,3	110,625
Температура плавления (ТПЛ, °K)	383,8	178
Плотность жидкости при заданной температуре 293 °K ( $\rho_T^{293}$ ), г/см <sup>3</sup>	0.879	0,867
Относительная плотность пара	2,7	3,19
Давление паров (Р), мбар/мм.рт.ст.	101/75,76	29/21,753
Температура воспламенения, °C	634	552
Концентрационные пределы воспламенения в смеси с воздухом, % (по объему)	1,5—8	1,27—7
Летучесть при 20 °C ( $C_{\max}^{20}$ ), мг/л	323,9*	109,7*

\* Получено расчетным путем.

Бензол и толуол хорошо растворимы в большинстве углеводородов, галогенных алкилах, эфирах; хуже растворимы в метаноле; нерастворимы в этиленгликоле, глицерине. Сами растворяют жиры, каучуки, гудрон, серу, фосфор, йод.

В воде растворимы плохо, с ней образуют азеотропные смеси: бензол 91 %—вода 9 %,  $T_{\text{кип}} = 69,8$  °C; толуол 80 %—вода 20 %,  $T_{\text{кип}} = 85$  °C. Устойчивы к действию высоких температур и окислителей.

В определенных условиях сульфатируются, образуя арилсульфокислоты, алкилируются олефинами с образованием более сложных алкилбензолов. В присутствии катализаторов (соединения ванадия, молибдена) при 350~450 °C окисляются с разрывом бензольного ядра. Толуол при окислении образует бензиловый спирт, затем бензальдегид и бензойную кислоту.

Каталитически гидрируются с образованием циклогексана (бензол) и его производных (толуол).

При пиролизе образуют сложные смеси, в том числе многоядерные неконденсированные и конденсированные системы.

При нитровании образуют нитробензолы и их производные. Хлорируются, образуя хлорпроизводные бензола.

## Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики

Значения токсикологических характеристик представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

### Токсикологические характеристики

Характеристика	Бензол	Толуол
ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	5	50
ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	1,5	0,6
ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,8	0,6
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	0,5	0,5
LD <sub>50</sub> , мг/кг (мышь)	4600	7000
LD <sub>50</sub> , мг/кг (крыса)	6400	-
LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> (мышь)	45000	32500
LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> (крыса)	130000	-
Степень токсичности / класс опасности	2 / 3	3 / 3

## Взрыво- и пожароопасность

Горючи, легко воспламеняются от искр и пламени. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары, которые образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при всех температурах окружающей среды, равной температуре вспышки жидкости и выше (табл. 2.3).

Таблица 2.3

### Характеристики пожаро- и взрывоопасности

Характеристика	Бензол	Толуол
T <sub>всп</sub> , °C	-11	4,4
T <sub>самовосп.</sub> , °C	555	552
КПВ, %	1,4—8	1,27—7

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Бензол вызывает острые и хронические отравления. При острой интоксикации оказывает наркотическое действие на центральную нервную систему (ЦНС), возможен летальный исход от паралича дыхательного центра на фоне потери сознания. Обладает судорожным эффектом. Вызывает поражение крови и кроветворных органов, центральной и периферической нервной системы, желудочно-кишечного тракта. Обладает раздражающим, иммунотоксическим, радиомиметическим и аллергическим эффектами, мутагенной активностью, опасен при проникновении через неповрежденную кожу. В некоторых источниках классифицирован, как сильно подозреваемый канцероген.

Толуол является также как и бензол ядом общетоксического действия, вызывающим острые и хронические отравления. При однократном воздействии вызывает наркоз, причем эффект более выраженный, чем у бензола. При длительном контакте с малыми дозами может оказывать влияние на кровь, однако представления о гематоксическом действии толуола разделяются не всеми авторами. Обладает раздражающим действием (сильнее чем у бензола). Опасен при проникновении через неповрежденную кожу, вызывает эндокринные нарушения и снижает работоспособность. В силу высокой растворимости в липидах и жирах накапливается преимущественно в клетках ЦНС, изменяя проницаемость клеточных мембран.

### **Острые отравления**

При очень высоких концентрациях — почти мгновенная потеря сознания и смерть в течение нескольких минут. Цвет лица синюшный, слизистые оболочки вишнево-красные.

При меньших концентрациях наблюдаются возбуждение (подобно, как при алкогольном опьянении), затем сонливость и общая слабость, головокружение и тошнота, рвота, головная боль, потеря сознания. Наблюдаются также мышечные подергивания, которые могут переходить в тонические судороги. Зрачки часто расширены, не реагируют на свет. Дыхание вначале отравления учащено, затем замедленно. Наблюдаются случаи сильной сердечной аритмии.

При поражении толуолом, кроме того, заметно раздражение глаз и горла, нарушение координации движений.

После тяжелых отравлений, которые не приводят непосредственно к смерти, иногда наблюдаются длительные расстройства здоровья: плевриты, катары верхних дыхательных путей, заболевания роговицы и сетчатки, поражение печени, сердечные расстройства.



## **Действие на кожу**

При частом соприкосновении рук с жидкими продуктами наблюдаются: сухость кожи, трещины, зуд, краснота (чаще между пальцами), отечность, просовидные пузырьковые высыпы.

Проникает через кожу, вызывая при этом характерные изменения крови.

## **Поступление и распределение в организме**

При острых отравлениях обнаруживается в мозге, надпочечниках, печени и крови. Распределение равномерное, более высокая концентрация наблюдается в печени, почках.

При хронических отравлениях наибольшее количество обнаруживается в жировой ткани и костном мозге.

## **Средства индивидуальной защиты**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки РПГ и патронами А, БКФ. Спецодежда из хлопчатобумажной ткани с хлорвинилом или силикатно-казеиновым покрытием, или его съёмными накладками из непроницаемого для этих веществ материала, шлем, нагрудник, защитные очки, маслбензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. В случае малых концентраций бензола и толуола возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ в организм — надеть противогаз, вынести на свежий воздух. Обеспечить горизонтальное положение, тепло и покой. При затрудненном дыхании дать увлажненный кислород с карбогеном. Смыть вещество с кожи водой с мылом, смазать дерматологической мазью.

При резком ослаблении или отсутствии дыхания — немедленно начинать искусственное дыхание методом «изо рта в рот».

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медобследование.

### **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта и проведение работ в зоне аварии. Устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При возможности разгерметизированную тару переместить в безопасное место. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, по возможности перекачать в свободную исправную тару.

Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализацию.

Небольшие утечки засыпать песком, землей или другим негорючим материалом, промыть водой. Вынести поврежденные упаковки в безопасное место, перетарить в запасную емкость.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок СП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механическими и химическими пенами.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Бензол в атмосферном воздухе. Колориметрический способ, основанный на титровании Бензола до нитробензола и определении окрашенного в красно-фиолетовый цвет продукта реакции динитробензола со щелочью в среде ацетона; диапазон измеряемых концентраций 1—10 мкг/5 мл.

Быстрый линейно-колористический метод основан на измерении длины окрашенного слоя индикаторного порошка, образующегося при реакции бензола с иодатом калия и серной кислотой в газоанализаторе УГ-2; пределы определяемых концентраций 0—200, 0—1000 мг/м<sup>3</sup>.

Экспрессное масс – спектроскопическое определение, хромато – масс – спектрометрия; чувствительность 1 мкг/м<sup>3</sup>.

Бензол в воздухе рабочей зоны. Газожидкостная хроматография; предел обнаружения в анализируемом объеме пробы 0,001 мкг, диапазон измеряемых концентраций 0,7—10,0 мкг/м<sup>3</sup>.

Толуол в воздухе. Колориметрический метод, основанный на нитровании толуола с образованием в присутствии кетона в щелочной среде соединения оранжево – розового цвета; пределы определяемых концентраций 1—10 мкг в 2 мл пробы; определению мешают другие ароматические углеводороды.

Метод газовой хроматографии; минимально определяемое количество 0,05—0,1 мкг.

Спектрофотометрический метод, основанный на изменении светопоглощения раствора толуола в этиловом спирте; чувствительность 10 мг/м<sup>3</sup> при отборе 10 л воздуха, относительная ошибка  $\pm 15\%$ .

Экспрессный колориметрический метод с применением индикаторных трубок; диапазон измерения 1,92—38,4 мг/м<sup>3</sup>.

С помощью универсального переносного газоанализатора типа УГ-2 при объеме анализируемого воздуха 400 мл; диапазон измеряемых концентраций 0—60 мг/м<sup>3</sup>.

Групповой метод определения ароматических углеводородов основан на их способности легко превращаться в нитросоединения (метод не специфичен). Нитросоединения с ацетоном и щелочью дают следующие окраски: бензол-сине-фиолетовую, толуол — сине-зеленую. Предложен ряд модификаций этого метода. Описана цветная реакция с раствором сернокислого цезия в дымящей серной кислоте, нанесенном на селикагель. Соответственно обработанный индикаторный порошок изменяет свой цвет: бензол дает интенсивную синеваато-зеленую окраску, толуол — светло-зеленую.

Ароматические углеводороды дают также окрашенные комплексы с тетрацианэтиленом. После обработки селикагеля под влиянием ароматических углеводородов образуются следующие окраски: бензол — светло-желтая, толуол — лимонно-желтая.

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания (изоляции) паров использовать тонко распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды.

Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть моющими композициями; обработать острым паром. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды; обработать концентрированным раствором пероксида водорода; почву перепахать.

## 2.10. Бром

Бром используется в металлургии золота и платины, в органическом синтезе при производстве красителей, антидетонаторов, моторного топлива и фармацевтических препаратов. Широко используется в аналитической химии в качестве окислителя. Тяжелее воздуха, пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозится в жидком состоянии.

### Формула, молекулярная масса

$\text{Br}_2$ ,  $M = 159,808 \text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

В обычных условиях тяжелая жидкость с резким запахом. В отраженном свете темно-фиолетового, почти черного цвета, в переходящем — темно-красного; легко образует желто-бурые пары.

Твердый бром — красно-коричневые игольчатые кристаллы со слабым металлическим блеском, которые при  $252^\circ\text{C}$  становятся бесцветными.

Плотность жидкого брома  $3,1023 \text{ г/см}^3$  (при  $25^\circ\text{C}$ ).  $T_{\text{пл}} = 265,75^\circ\text{C}$  ( $-7,25^\circ\text{C}$ ),  $T_{\text{кип}} = 332,82^\circ\text{C}$  ( $59,82^\circ\text{C}$ ). Упругость пара  $230,61 \text{ мбар}$  при ( $20^\circ\text{C}$ ) ( $173 \text{ мм рт. ст.}$ ). Летучесть — расчетная  $1513,3 \text{ мг/л}$  ( $20^\circ\text{C}$ ). Относительная плотность пара  $5,5$ . Коэффициент преломления  $1,659$  ( $15^\circ\text{C}$ ).

Растворим в воде ( $3,58 \text{ г}$  в  $100 \text{ г}$  при  $20^\circ\text{C}$ ), в присутствии хлоридов и особенно бромидов растворимость повышается. Ниже  $5,84^\circ\text{C}$  из водных растворов осаждаются гранатово-красные кристаллы октангидрида. Растворимость воды в жидком бrome составляет  $0,05 \%$  по массе.

Растворим в большинстве органических растворителей: спирте, ацетоне, хлороформе, четыреххлористом углероде, бензоле и т. д.

В химическом отношении реакционноспособен. В воде частично гидролизуется с образованием бромистоводородной и гипобромистоводородной кислот. В растворах щелочей на холоде образует бромиды и гипобромиды соответствующих металлов, а при повышенных температурах бромиды и броматы.

С другими галогенами образует межгалогенные соединения, отличающиеся высокой реакционной способностью.

Взаимодействует с серой, теллуром, фосфором, мышьяком, сурьмой, образуя соответствующие бромиды.

Щелочные и щелочноземельные металлы энергично взаимодействуют с сухим бромом, но в большинстве случаев из-за образования на поверхности металла защитных пленок из бромидов, нерастворимых в бромоводороде, реакция энергично идет только в присутствии воды.

Стойки к действию брома платина, тантал. В меньшей степени — серебро, свинец, титан, углерод.

Сильнейший окислитель: окисляет ион йода до йода, сульфиты и тиосульфиты — до сульфатов, нитриты — до нитратов, аммиак — до азота.

Характерны реакции присоединения по кратным связям в органических соединениях и реакции замещения атомов водорода (обычно в присутствии катализаторов или при действии света).

### **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности и класс опасности — 2.  $ПДК_{рз} = 0,5 \text{ мг/м}^3$  (пары), для атмосферного воздуха  $ПДК_{ср} = 0,04 \text{ мг/м}^3$ ,  $ПДК_p = 0,2 \text{ мг/л}$ . Раздражающее действие на верхние дыхательные пути отчетливо проявляется при  $13\text{—}22 \text{ мг/м}^3$ , порог раздражающего действия находится на уровне  $1\text{—}6 \text{ мг/м}^3$ . По имеющимся данным при  $11\text{—}23 \text{ мг/м}^3$  может наблюдаться удушье, при  $30\text{—}60$  — тяжелые токсические явления, а при  $220 \text{ мг/м}^3$  — быстро наступает смерть.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. Воспламеняет горючие вещества. Способен взрываться в смеси с органическими веществами. При взаимодействии с металлами может образовывать воспламеняющиеся и токсичные газы. Емкости могут взрываться при нагревании. При взаимодействии с водой может вызвать возгорание горючих материалов. Пары с воздухом не образуют взрываемых смесей. Не самовоспламеняется.

### **Опасность для человека Общий характер действия**

Бром относят к группе раздражающих веществ, обладающих сильным местно-прижигающим действием. При более длительном воздействии вызывает нарушение со стороны нервной системы. Оказывает хаотропное действие на ткань мозга, нарушая структуру двойной спирали ДНК и вызывая ее дена-

турацию. Хаотропный эффект брома осуществляется не только путем непосредственного воздействия на его синаптический аппарат, но и через глиальную ткань, от которой зависит метаболизм нейронов.

Хорошо известен нейротропный эффект, проявляющийся в усилении концентрации процессов торможения в коре головного мозга.

Систематическое бромирование оказывает на щитовидную железу сначала стимулирующее влияние, но в дальнейшем происходит разрушение фолликулов, дегенерации отдельных участков железы и образование аденом. Антагонизм брома и йода в их влиянии на функцию щитовидной железы проявляется лишь при больших дозах; в естественных условиях чаще наблюдается синергизм этих элементов.

## **Острые отравления**

При легкой интоксикации наблюдается слабость, чувство стеснения в груди, раздражение слизистых оболочек, обильное выделение слизи, кровотечение из носа, кашель, затруднение дыхания, головокружение, головные боли, рвота. Иногда, спустя несколько часов, появляется тошнота, боли в животе, понос, охриплость голоса, астмоидные явления. Большие концентрации паров брома разъедают слизистую оболочку носоглотки и верхних дыхательных путей; язык, слизистая оболочка рта и конъюнктивы окрашиваются в коричневый цвет; обнаруживаются явления бронхальной астмы, светобоязнь, блефароспазм, отек век. В легких рассеянные сухие хрипы, иногда бронхит со спастическим компонентом; изо рта характерный запах. При более высоких концентрациях (дозах) — коричневая окраска слизистых рта, боли в теле, сыпь на туловище и конечностях, насморк, слюнотечение, сильное удушье, спазмы голосовых связок и поражение дыхательных путей — токсический отек легких.

В случае получения смертельного поражения наблюдается рвота, судороги, потливость, акроцианоз, помрачение сознания, непроизвольное мочеиспускание, смерть; на вскрытии — полнокровие и кровоизлияние во внутренние органы и мягкую мозговую оболочку.

При случайном попадании брома в желудок — бессознательное состояние, на подбородке следы ожога, слизистая оболочка полости рта белесоватая, позже рвота, боли в животе и горле; моча цвета мясных помоев. На вскрытии — слизистая оболочка желудка некротизирована, тонкий кишечник на большом протяжении от начала имеет множественные перфорации.

## **Действие на кожу**

После попадания на кожу жидкого или парообразного брома отмечается выраженное раздражение и аллергенный эффект, возможны некрозы, а в по-

следствии рубцы. При повторном попадании — аллергический дерматит, в дальнейшем кожа окрашивается в темно-коричневый цвет.

Наиболее частая локализация — кисти, реже предплечья. В качестве профессиональных стигм можно назвать желтое и оранжевое окрашивание ладоней.

## **Поступление и распределение в организме**

Основные пути поступления — органы дыхания и кожа. Распределяется в органах и тканях следующим образом (в %): кровь —  $3,3 \cdot 10^{-4}$ ; костная ткань —  $7,0 \cdot 10^{-4}$ ; волосы —  $5,0 \cdot 10^{-4}$ ; мышцы —  $1,4 \cdot 10^{-3}$ ; головной мозг —  $3,0 \cdot 10^{-4}$ ; печень —  $1,0 \cdot 10^{-3}$ ; почки и сердце —  $1,0 \cdot 10^{-3}$ ; селезенка —  $2,0 \cdot 10^{-3}$ ; легкое —  $3,0 \cdot 10^{-3}$ ; щитовидная железа —  $1,0 \cdot 10^{-3}$ .

Бром довольно долго задерживается в крови, что свидетельствует о его сравнительно медленном выведении, а также о том, что бром почти не включается в обмен. Выводится бром, главным образом, через почки, в меньшей степени через желудочно-кишечный тракт и слюной.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки с патроном А. Герметичные защитные очки, маслобензостойкие перчатки или перчатки из дисперсии бутылкаучука, специальная резиновая обувь, шлем с нагрудником.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ брома — надеть противогаз, вывести на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Глаза (при широко открытых веках) и кожу промыть 2 % содовым раствором или большим количеством воды в течение 15 минут, затем наложить антисептическую повязку (при необходимости). Прополоскать рот 2 % раствором питьевой соды, обеспечить свежий воздух, покой и тепло. При заглатывании брома внутрь вызвать рвоту или промыть желудок; введение в желудок яичного молока, отвара крахмала или муки, в большом количестве — активированный уголь. Обязательная госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 100 м (зависит от типа аварии). Откорректировать указанное расстояние по данным разведки или прогнозирования.

Оповестить об опасности поражения людей местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения сернистого ангидрида в опасных концентрациях.

В зону аварии входить только в полной защитной одежде (зависит от размеров и типа аварии). Пострадавшим оказать первую помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к разлитому веществу. Удалить из зоны разлива горючие вещества. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. По возможности переместить разгерметизированные емкости в безопасное место. Пролиты оградить земляным валом, засыпать щелочным и инертным материалом (известняк, зола и т. п.), залить большим количеством воды, известковым молоком, раствором соды или каустика с соблюдением мер безопасности. Убрать по возможности из зоны аварии горючие материалы и металлические изделия или защитить от попадания на них вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит, но может воспламенять горючие вещества. При взаимодействии с металлами может образовывать воспламеняющиеся газы. Емкости могут взрываться при нагревании. При взаимодействии с водой может вызвать возгорание горючих материалов.

Надеть полную защитную одежду. По возможности убрать емкости из зоны пожара, если это не вызывает опасности. Не приближаться к емкостям. Охлаждать емкость водой с максимального расстояния. Тушить огонь всеми имеющимися средствами.



## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Качественно бром обнаруживается по красно-фиолетовому окрашиванию фуксина, а также обесцвечиванию растворов брома при добавлении в них непредельных углеводов.

Количественное определение брома может быть осуществлено реакцией с йодистым калием с последующим титрованием тиосульфатом натрия. В весовом анализе бром определяют в виде бромида серебра, в объемном — титрованием раствором нитрата серебра.

В воздухе бром может быть определен после экстракции по реакции восстановления брома мышьяковистой кислотой до бромистого водорода с последующим титрованием.

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер предосторожности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта и промыть водой в контрольных целях. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть водой и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Пролиты засыпать порошками, содержащими щелочной компонент (известняк, доломит, сода). Поверхности техники промыть большим количеством воды, моющими композициями.

Для нейтрализации брома возможно использование известкового молока, растворов соды, каустика и других щелочных агентов.

## **2.11. Водород мышьяковистый**

Водород мышьяковистый (арсин, гидрид мышьяка) в основном встречается в качестве побочного продукта в различных отраслях промышленности (металлообрабатывающая, химическая и др.) при взаимодействии загрязненных мышьяком металлов с кислотами (травление металлов, получения водорода действием разбавленных кислот на цинк или железа), чистки цистерн, заполнявшихся серной кислотой, неправильном хранении и транспортировке мышьякосодержащих пестицидов. Мышьяковистый водород применяют при легировании полупроводниковых материалов мышьяком и для получения особо чистого мышьяка. Тяжелее воздуха, пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$\text{AsH}_3$ ,  $M = 77,95$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Ядовитый бесцветный газ, в чистом виде без запаха (с продуктами окисления имеет чесночный запах).  $T_{\text{кип}} = 62,4$  °C,  $T_{\text{пл}} = -113,5$  °C. Плотность 4,93 г/л (газ), 1,640 (–64 °C) г/см<sup>3</sup>. Упругость пара около 14 000 мбар (1051 мм рт. ст. Относительная плотность по воздуху 2,7. Давление паров 1043 кПа (20 °C).

Относительно нестойк и медленно разлагается даже при комнатной температуре на водород и элементарный мышьяк, при температуре 500 °C практически мгновенно разлагается на мышьяк и водород.

В воде растворим очень плохо (0,07 г/100 мл), лучше растворим в органических растворителях.

Проявляет сильные восстановительные свойства, например, из раствора нитрата серебра осаждает металлическое серебро.

Хорошо реагирует с серой и концентрированной серной кислотой. Реагирует с растворами щелочных металлов в жидком аммиаке, проявляя кислотные свойства и образуя мышьяковистые производные, аналогичные амидам щелочных металлов. При нагревании с металлами образует арсениды.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

$\text{ПДК}_{\text{рз}} — 0,3$  мг/м<sup>3</sup>;  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} — 0,06$  мг/м<sup>3</sup>. Средняя смертельная концентрация 0,0125 мг/л при двухчасовой экспозиции. Класс опасности — 1.

## Взрыво- и пожароопасность

Не самовоспламеняется на воздухе и кислороде при комнатной температуре, но при нагревании на воздухе до 200 °C сгорает. В хлоре самовоспламеняется даже при –196 °C, с выделением водорода и замещением водорода на хлор. Образует взрывоопасные смеси с воздухом, существует опасность взрыва на воздухе, порожних емкостях, помещениях, КПВ 4.5-78 (объемных процента в воздухе). Баллоны и емкости могут взрываться при нагревании.

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Сильнейший яд крови, вызывает гемолиз эритроцитов и образование метгемоглобина, поражает каталазу эритроцитов. В результате гемолиза развивается

ся кислородное голодание организма с нарушением тканевых окислительных процессов. В результате возможен паралич центральной нервной системы. Важным в патогенезе интоксикации является поражение почек, развивающееся вследствие закупорки мочевых канальцев продуктами распада эритроцитов.

## **Острые отравления**

Поступает в организм только через дыхательные пути. При этом особых симптомов поражения и местного поражения слизистых оболочек не наблюдается. Имеется скрытый период действия (до 2—2,4 часа), после которого появляется головная боль, общая слабость и недомогание, головокружение, боль в надчревной области, чувство холода и стеснения дыхания, тошнота и рвота, развитие желтухи, зуд, беспокойство и чувство страха, сухость во рту и жажда, тяжесть в области печени и почек. Окрашивание мочи в красный цвет за счет гемоглобина, а затем в темно-коричневый за счет продуктов его окисления.

В тяжелых случаях острого отравления на фоне резко выраженной гемолитической анемии нарастает желтуха, цианоз, олигурия, затем наступают полная анурия, коматозное состояние и уремия (икота, мучительная рвота, запах мочи изо рта, судороги, спутанное сознание).

## **Действие на кожу**

Наблюдается раздражение кожи и ее покраснение.

## **Поступление и распределение в организме**

Поступает в организм через органы дыхания. Растворяется в плазме и фиксируется эритроцитами в виде нелетучего соединения невыясненной структуры. Обнаруживается также в почках, легких и печени, а при длительном контакте в волосах и ногтях.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

В случае высоких концентраций и работе в районе аварии изолирующий противогаз и специальная защитная одежда. При возгорании — огнезащитный костюм. Непосредственно за пределами района аварии — промышленный противогаз марки Е. В случае невысоких уровней концентраций универсальные противогазы и самоспасатели, обеспечивающие защиту от веществ групп АВЕК.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести на свежий воздух, при необходимости — искусственное дыхание. Обеспечить полный покой. Слизистые промыть большим количеством воды. Направить в лечебное учреждение.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны, избегать низких мест. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Пострадавшим оказать первую помощь и направить в лечебное учреждение.

## **При утечке и разливе**

Прекратить движение транспортных средств и работы в опасной зоне. Не прикасаться к веществу (газовые струи). При возможности устранить негерметичность тары, если это не представляет опасности. Предотвратить образование искр и пламени.

По возможности емкости вывезти в безопасное место. При интенсивной утечке использовать мелкораспыленную воду для осаждения газа. Изолировать район в радиусе не менее 200 м.

Вызвать на место аварии газоспасательную службу. Взять под контроль зону распространения газа. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и МЧС.

Эвакуировать людей из зоны возможного заражения (зона эвакуации зависит от количества выброшенного (пролитого) вещества).

В случае попадания сжиженных газов в водоисточники и загрязнения воды сообщить в ЦСЭН.

## **При возгорании и пожаре**

Надеть полную защитную одежду и огнезащитный костюм. Не приближаться к емкостям. Изолировать район в радиусе 800 м. Тушить огонь водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния. По возможности вывезти емкости из зоны пожара.

## Средства обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе основано на окислении мышьяковистого водорода до мышьяковой кислоты и колориметрическом определении по синему молибденовому комплексу. Чувствительность 0,5 мкг в анализируемом объеме.

Определение в воздухе возможно индикаторными трубками, заполненными силикагелем, обработанным галогенидами ртути; наполнитель при этом изменяет цвет с белого до красно-коричневого. Чувствительность трубки 0,1—3,0 мг/м<sup>3</sup>.

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Могут быть использованы щелочные реагенты, желательно на основе органических растворителей. Однако необходимо помнить, что в этом случае образуется белый мышьяк, являющийся сильно ядовитым веществом. В то же время он мало летуч и плохо растворим в воде.

## 2.12. Водород хлористый. Водород фтористый

Водный раствор хлористого водорода широко используется для получения хлоридов, для травления металлов, очистки поверхности сосудов, скважин от карбонатов, обработки руд, при производстве каучуков, органическом синтезе, глутамината натрия, соды, хлора и других продуктов.

Водород фтористый используют для получения криолита, фтористых производных урана, фреонов, фторорганических веществ, матового травления силикатного стекла (плавиковую кислоту для прозрачного травления), биохимии и создание сверхкислой среды (при добавлении акцепторов фтора).

Представляют собой бесцветные низкокипящие жидкости или газ с резким запахом. Тяжелее воздуха (хлористый водород), пары могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозятся в сжатом или сжиженном состоянии.

## Формула, молекулярная масса

HCl, M = 36,46 95 г/моль.

HF, M = 20,01 95 г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Представляют собой бесцветные газы с характерным удушливым запахом. Основные физические характеристики представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

### Основные физические характеристики

Наименование АХОВ	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	$T_{кип}, ^\circ\text{C}$	P, мбар/мм рт. ст.	$C_{\text{max}}^{+20}$ мг/л	Относительная плотность пара
Водород хлористый	-114,22	-85,10	43000/32254	-	1,26
Водород фтористый	-83,40	19,54	40/30	32,9	0,69

Оба вещества хорошо растворимы в воде и многих органических растворителях. Термически устойчивы.

Водный раствор хлористого водорода называется соляной кислотой. Процесс растворения сильно экзотермичен. С водой  $\text{HCl}$  образует азеотропную смесь, содержащую 20,24 %  $\text{HCl}$ . Соляная кислота является сильной одноосновной кислотой, энергично взаимодействующей со всеми металлами, стоящими в ряду напряжений левее водорода, с основными и амфотерными оксидами, основаниями и солями, образуя хлориды солей.

Химические свойства фтористого водорода зависят от присутствия воды. Сухой  $\text{HF}$  не действует на большинство металлов и не реагирует с оксидами металлов. Он неограниченно растворяется в воде.

В водном растворе  $\text{HF}$  (плавиковая кислота) является кислотой средней силы. Соли этой кислоты называются фторидами, большинство из них трудно растворимы в воде. Все соли плавиковой кислоты ядовиты.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

#### Водород хлористый

Предельно допустимые концентрации:  $\text{ПДК}_{\text{рз}}$  — 5 мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{AB}}$  — 0,2 мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{CC}}$  — 0,2 мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$  — 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности 2. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: легкая степень поражения — 10—15 мг/м<sup>3</sup>; средняя степень поражения — 20—40 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 75—150 мг/м<sup>3</sup>. Значение STEL в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: MW4025000, CAS 7647-01-0 (113962-65-5, 51005-19-7, 61674-62-20): Швейцария — 15; Франция — 7,5; Великобритания — 7; Венгрия — 5; Россия — 5; Швеция — 8; Дания — 7; Япония — 7,5; Бельгия — 7,7; Финляндия — 7.

## **Водород фтористый**

Предельно допустимые концентрации:  $\text{ПДК}_{\text{рз}}$  — 0,5 мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{ср}}$  — 0,005 мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$  — 0,02 мг/м<sup>3</sup>. Класс опасности 2. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: легкая степень поражения — 10 мг/м<sup>3</sup>; средняя степень поражения — 25—50 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 100 мг/м<sup>3</sup>.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горят, взрывоопасных смесей с воздухом не образуют.

При контакте с металлами во влажном воздухе выделяют водород. Емкости могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

***Водород хлористый.*** Обладает раздражающим и прижигающим действием на слизистые оболочки и кожные покровы.

***Водород фтористый.*** Обладает выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки и кожные покровы.

При ингаляционном воздействии обоих веществ на организм человека возможен смертельный исход. Оба вещества ядовиты при приеме внутрь. Действуют через поврежденную кожу. Соприкосновение со сжиженными газами вызывает ожоги кожи и глаз. В высоких концентрациях вызывает ожоги легочной ткани.

## **Острые отравления**

Раздражение и сухость слизистых, в особенности носа, конъюнктивит, помутнение роговицы. Охриплость, чувство удушья, покалывание в груди, насморк, кашель, тошнота, рвота, потеря сознания. Смерть наступает в результате поражения легких.

## **Действие на кожу**

Действуют как сильно прижигающие вещества, вызывают сухость кожи, ее покраснение и зуд. Возможны пузырьковые дерматиты и изъязвления кожи. Особенно чувствительны влажные участки кожи. Возможны гнойничковые заболевания.

## **Поступление и распределение в организме**

Большая часть вдыхаемых веществ задерживается слизистыми носа и верхних дыхательных путей. Обнаруживаются во всех тканях на низком уровне.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

В случае высоких концентраций и работе в районе аварии изолирующий противогаз и специальная защитная одежда (резиновые перчатки, фартуки, сапоги, защитный костюм типа ЯаКк). Непосредственно за пределами района аварии — промышленный противогаз марки В. В случае невысоких уровней концентраций универсальные противогазы и самоспасатели, обеспечивающие защиту от веществ групп АВЕК.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести на свежий воздух, при необходимости — искусственное дыхание. Слизистые и кожу промыть 2 % раствором соды или большим количеством воды. Направить в лечебное учреждение.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Удалить посторонних из зоны аварии. Держаться наветренной стороны, избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Пострадавшим оказать первую помощь и направить в лечебное учреждение.

## **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу (очень быстро испаряется). Удалить из зоны разлива горючие вещества. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности или перекачать содержимое в исправную емкость. По возможности вывезти разгерметизированные емкости в безопасное место.

В случае интенсивной утечки для осаждения газа использовать распыленный раствор кальценированной соды или распыленную воду. Изолировать район в радиусе 200—300 м пока газ не рассеется. Не допускать попадания вещества в водоемы.

Вызвать на место аварии газоспасательную службу. Взять под контроль зону распространения газа. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и МЧС.



Эвакуировать людей из зоны возможного заражения (зона эвакуации зависит от количества выброшенного (пролитого) вещества).

В случае попадания веществ в водоисточники и загрязнения воды сообщить в СЭС.

Место разлива залить водой, известковым молоком, раствором соды или каустика.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит. При пожаре надеть полную защитную одежду. По возможности вывезти емкости из зоны пожара. Не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимально возможного расстояния. Тушить огонь имеющимися средствами.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

#### **Хлористый водород**

Нефелометрический метод: определение в воздухе хлористого водорода основано на его способности реагировать с азотнокислым серебром и образовывать осадок белого цвета. Чувствительность 3 мкг в анализируемом объеме.

Фотометрический метод: реакция с роданидом ртути и железом (III). Диапазон определяемых концентраций от 3 до 30 мг/м<sup>3</sup>.

#### **Фтористый водород**

Фотометрический метод: реакция с ализаринкомплексонатом лантана. Диапазон определяемых концентраций от 0,003 до 1,6 мг/м<sup>3</sup>.

Метод, основанный на ослаблении интенсивности окраски титаногерметролового комплекса при взаимодействии фтора иона. Чувствительность 2 мкг в анализируемом объеме.

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для нейтрализации могут быть использованы: известковое молоко, растворы кальцинированной соды, аммиака, каустика и других щелочных реагентов.

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газа использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды. Изолировать песком, воздушно-механической пеной. Промытые поверхности техники и территории обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поврежденные емкости (баллоны) вынести из зоны аварии, опрокинуть в емкость с водой, слабым щелочным раствором.

## 2.13. Водород цианистый

Водород цианистый (синильная кислота, нитрил муравьиной кислоты, циклон Б) является исходным соединением для многих органических синтезов: получение мономеров для нитрильных каучуков (промышленный синтез акрилонитрила), синтетического волокна, пластмасс, органического стекла; метиламина; производных формамида, гидроксинитрилов, цианидов (хлороциана, бромоциана) и молочной кислоты; красителей, сельскохозяйственных удобрений.

Хранится и транспортируется в жидком состоянии.

### Формула, молекулярная масса

HCN,  $M = 27,03$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная легкоподвижная жидкость, в водных растворах имеет запах горького миндаля. Запах опознается при концентрации 2—5 мг/м<sup>3</sup>. При нормальных условиях (273,15 °K,  $P = 101325$  Па) его плотность составляет: жидкого ( $\rho_0^{\text{ж}}$ ) — 0,721 г/см<sup>3</sup>; в паровой фазе ( $\rho_0^{\text{п}}$ ) —  $0,901 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>.  $T_{\text{пл}} = 259,6$  °K (–13,55 °C),  $T_{\text{кип}} = 298,65$  °K (25,5 °C). Упругость насыщенных паров при 20 °C 0,827 бар (620,3 мм рт. ст.). Максимальная концентрация паров при 20 °C 917,7 мг/л. Относительная плотность пара 0,93.

С водой и органическими растворителями смешивается неограниченно. Пары синильной кислоты легче воздуха, хорошо сорбируются пористыми материалами, хлопчатобумажной и шерстяной тканью, соломой.

В химическом отношении она достаточно активна: проявляет кислые свойства — взаимодействует со щелочами, аммиаком, образуя неустойчивые токсичные соли (цианиды), и разлагающимися на воздухе с выделением синильной кислоты. При хлорировании образует хлорциан.

В присутствии аммиака и следов щелочей темнеет, что связано с образованием продуктов ее полимеризации. При кипячении водных растворов (а также в щелочной среде) гидролизуетсся с образованием формиата аммония.

В воде медленно гидролизуетсся до аммониевых солей муравьиной кислоты, восстанавливается водородом до метиламина; является активным комплексообразователем — с солями тяжелых металлов образует комплексные соли.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности — 2/1. ПДК<sub>рз</sub> — 0,3 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> — 0,01 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>в</sub> = 0,1 мг/л. Возможность поражающего действия в зависимо-

сти от концентрации: пороговая степень поражения —  $1,3 \text{ мг/м}^3$ ; средняя степень поражения —  $5 \text{ мг/м}^3$ ; опасность для жизни —  $25 \text{ мг/м}^3$ . Значение STEL в  $\text{мг/м}^3$  для разных стран (по RTECS: MW6825000, CAS 74-90-8): Швейцария — 22,9; Франция — 10; Великобритания — 10; Венгрия — 0,6; Швеция — 5; Россия — 0,3. Средняя смертельная ингаляционная доза —  $1\text{—}1,5 \text{ мг·мин/л}$ . Смертельная концентрация при двухчасовой экспозиции около  $0,013 \text{ мг/л}$ . Порог восприятия запаха  $1 \text{ мг/м}^3$ .

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр и пламени. Горит фиолетовым пламенем при наличии постоянного источника огня. Пары, воспламеняясь, образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях могут образовываться взрывоопасные смеси. Существует опасность взрыва паров на воздухе, в помещении, опорожненной таре.

КПВ 6—41 объемных %.  $T_{\text{самовоспл}}$  паров  $538^\circ\text{C}$ .  $T_{\text{всп}} = 18^\circ\text{C}$ .

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Синильная кислота вызывает быстрое удушье из-за блокады дыхательных ферментов и расстройства тканевого дыхания. При остром отравлении в первую очередь страдают дыхательный и сосудодвигательный центры. Цианиды ингибируют окислительное фосфорилирование и энергетические процессы в нервных клетках, а также угнетают ферменты, катализирующие биотрансформацию ряда аминокислот — гистидина, триптофана, тирозина. О резком понижении способности тканей потреблять кислород свидетельствует алая окраска крови в венах. В первый момент отравления решающим является кислородное голодание тканей, в дальнейшем же могут происходить дегенеративные изменения, развивающиеся в центральной нервной системе.

При хроническом воздействии в картине отравления важную роль играет угнетение продукции гормона щитовидной железы, вызываемое не синильной кислотой, а образующимися из нее тиоционатами.

Синильная кислота способна в газообразном и жидком виде (при длительных контактах с кожей) проникать через кожу, а также вызывать отравление при поступлении через кишечно-желудочный тракт. Синильная кислота и ее соли всасываются в течение нескольких секунд через желудочно-кишечный тракт и легкие.

## **Острые отравление**

При высоких концентрациях синильной кислоты возможна почти мгновенная потеря сознания; наступает паралич дыхания, а вскоре и паралич сердца. При меньших концентрациях выделяют несколько стадий.

Стадия начальная: ощущение запаха горького миндаля, ощущение царапанья в горле, жгуче — горький вкус во рту, слюнотечение, онемение рта и зева, покраснение конъюнктивы, мышечная слабость, пошатывание, затруднение речи, головокружение, острая головная боль, тошнота, рвота, позывы к дефекации, учащение дыхания. Прилив крови к голове, сердцебиение. При выходе на свежий воздух все симптомы быстро исчезают.

Стадия одышки: (дополнительно к описанному выше) постепенно усиливающаяся слабость, боли и чувство стеснения в области сердца, редкое и глубокое дыхание, замедление пульса, сильная одышка, иногда отдельные короткие вдохи, сопровождающиеся длительными выдохами, тошнота, рвота, расширение зрачков, экзофтальм.

Стадия судорог: чувство тоски и страха, усиливающаяся одышка, потеря сознания, сильные судороги, судорожное сведение жевательной мускулатуры с прикусом языка.

Стадия паралича или асфиксии: полная потеря чувствительности и рефлексов, непроизвольные мочеиспускание и дефекация, дыхание становится более редким и поверхностным, наступает смерть.

Последствиями острого отравления могут быть учащение пульса, психическая и физическая повышенная утомляемость, психоневрологические нарушения с экстрапирамидным синдромом, ослабление памяти, полиневриты.

### **Действие на кожу**

Оказывает слабое раздражающее действие на кожу, вызывает зуд, появление пузырьков, напоминающих ожоговые пузырьки. При попадании в глаза вызывает локальное раздражение.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь проникновения в организм — ингаляционный.

Синильная кислота всасывается через легкие или желудочно-кишечный тракт в течение нескольких секунд. Максимальное содержание циан-ионов, вне зависимости от пути поступления, обнаружено в головном мозгу, миокарде и мышечных тканях; в печени наибольшее содержание при поступлении через желудок и наименьшее — при ингаляционном пути поступления или через кожу.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Целесообразно использовать комплекс средств индивидуальной защиты в зависимости от удаления от района аварии (изолирующий или фильтрующий противогаз марки В, защитный костюм, резиновые сапоги, перчатки, нагрудник, фартук, защитные очки, самоспасатели).

Для защиты органов дыхания следует пользоваться изолирующими или фильтрующими средствами защиты, строго соблюдая правила их эксплуатации. При ощущении запаха они подлежат немедленной замене.

С целью защиты глаз использовать защитные очки, а кожи рук — перчатки. Перчатки должны отвечать требованиям, предъявляемым к конкретным условиям работы (резиновые, полихлорвиниловые и т. п.). Работающим с синильной кислотой запрещается принимать пищу и хранить личные вещи в зоне аварии, в том числе и в производственных помещениях. Обязательно мытье рук перед принятием пищи и курением. Рекомендуется смазывание кожи рук до работы с жидкостью, состоящей из 20 частей нашатырного спирта, 100 частей глицерина, 50 частей этилового спирта (96°), 5 частей борной кислоты и 25 частей воды.

После завершения работы обязательна обработка рук 0,2 % раствором  $\text{KMnO}_4$  или перекисью водорода, тщательно прополоскать рот и принять душ. Одежда, загрязненная синильной кислотой, должна очищаться и обеззараживаться (замачиванием в течение 2 ч в 2 % растворе соды с добавлением 2 % раствора  $\text{FeSO}_4$ ).

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ яда — надеть противогаз. Вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух, дать вдыхать амилнитрит на ватке. Снять загрязненную одежду, обеспечить тепло и покой.

Немедленная антидотная терапия — введение хромостона. Дать кислород. При остановке дыхания — длительное искусственное дыхание. После восстановления сознания и дыхания — срочная госпитализация. При попадании на кожу промыть загрязненные участки кожи содой или водой с мылом.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400—500 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической развед-

ки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу, небольшие количества пролитой синильной кислоты быстро испаряются. Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне, устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности или перекачать содержимое в исправную, специальную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать ее в свободную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательные службы. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и гражданской обороны. Эвакуировать людей из опасной зоны распространения паров. Установить контроль за движением зараженного воздуха. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, кошму, покрывало, другие подручные средства, пользоваться огнетушителями марки ОП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Тушить огонь с максимально возможного расстояния. В качестве агентов для пожаротушения использовать сухие химические агенты, двуокись углерода или пенные агенты на основе спирта. Вода может быть неэффективным средством пожаротушения, но является эффективным средством охлаждения нагретых пожаром емкостей. Охлаждать емкости водой и только с максимально возможного расстояния.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Качественно синильная кислота может быть обнаружена:

в воздухе с использованием индикаторной трубки (ИТ-45) с тремя зелеными кольцами. Нижний наполнитель трубки при наличии синильной кислоты окрашивается в розово-малиновый цвет. Чувствительность трубки 0,005 мг/л;

в растворе определение синильной кислоты может осуществляться с использованием различных методов.

Растворы, содержащие синильную кислоту, обрабатывают щелочью и сульфатом закисного (2-валентного железа) и нагревают на кипящей водяной бане, затем подкисляют серной кислотой. При наличии синильной кислоты образуется берлинская лазурь (цианистая соль железа) — синего цвета. Чувствительность реакции 0,01 мг/мл.

Синильную кислоту можно обнаружить, обработав пробу дисульфидом аммония или тетратионатом натрия. В этом случае она переводится в родановую кислоту, последняя с хлорным железом образует роданид железа ярко-красного цвета. Реакция высокоспецифична и высокочувствительна — 0,005 мг/л.

Растворы синильной кислоты (пробы, содержащие синильную кислоту), обработанные солями пикриновой кислоты, переходят в соли изопурпурной кислоты, окрашенные в красно-оранжевый цвет. Чувствительность реакции 0,006 мг/л.

Высокочувствительной реакцией определения синильной кислоты является реакция с использованием нингидрина, который, присоединяя синильную кислоту, образует красители красного цвета. Чувствительность 0,00005 мг/мл.

Синильная кислота в растворах может быть обнаружена реактивом на хлорциан, при этом пробы синильной кислоты обрабатываются раствором хлорамина для перевода ее в хлорциан.

В пробирку вносят 1 мл предварительно нейтрализованного испытуемого раствора (спиртового, эфирного, водного) и 5 капель 5 % водного раствора монохлорамина, перемешивают и добавляют 0,5 мл реактива на хлорциан (0,2 мл ацетоуксусного эфира растворяют в смеси, состоящей из 8 мл пиридина и 2 мл дистиллированной воды).

Окрашивание раствора в розовый или малиновый цвет указывает на присутствие синильной кислоты. Чувствительность реакции: около 0,0005 мг/мл. Аналогичную реакцию дает хлорциан.

Для определения наличия синильной кислоты в пищевых продуктах возможно использование колориметрического метода с пиридином и барбитуровой кислотой в качестве реагентов.

Определение синильной кислоты в почве и отбросах основано на спектрометрическом определении цианидов, выделенных из проб при pH 7, pH 4 и pH 2 с пиридином и барбитуровой кислотой. Метод пригоден для исследования грунтов с различным содержанием гумуса, а также промышленных отбросов. Предел обнаружения около 0,06 мг  $CN^-$  в 1 мг.

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Синильную кислоту нейтрализуют 20 % раствором едкого натра с обязательной последующей обработкой 10 % раствором железного купороса. Следует иметь в виду, что ее водные растворы, а также ее соли со щелочными металлами (KCN, NaCN) являются сильными ядами. Поэтому воду и

чисто щелочные растворы для ее дегазации (нейтрализации) использовать нельзя.

Для дегазации (нейтрализации) синильной кислоты рекомендуется использовать гипохлориты и формамин (40 % раствор формальдегида в воде).

В первом случае на 1 т синильной кислоты требуется 4,5 т гипохлорита кальция или около 45 т 10 % водного раствора гипохлорита, а во втором — 3 т формалина.

Необходимо помнить, что пары синильной кислоты хорошо сорбируются различными пористыми материалами. Поэтому они подлежат уничтожению или естественной дегазации (нейтрализации) с соблюдением требований безопасности.

## 2.14. Гидразин

Гидразин применяют в органическом синтезе, он используется в производстве пластмасс, резин, инсектицидов и взрывчатых веществ. Он широко используется также как консервирующее средство, компонент ракетного топлива, для получения многих органических соединений, в аналитической химии. Пары гидразина тяжелее воздуха, они могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозится в железнодорожных цистернах в виде гидрата гидразина.

### Формула, молекулярная масса

$\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $M = 32,045$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная, подвижная, дымящая на воздухе жидкость с неприятным запахом. Плотность жидкого гидразина  $1,008$  г/см<sup>3</sup> (при  $20$  °С).  $T_{пл} = 274,7$  °К ( $1,7$  °С).  $T_{кип} = 386,7$  °К ( $13,7$  °С) (моногидрид гидразина  $T_{пл} = 51,6$  °С.  $T_{кип} = 118,5$  °С).

Упругость пара 11 мбар (8,25 мм рт. ст.), летучесть — расчетная 14,52 мг/л ( $20$  °С), относительная плотность пара 1,1.

Смешивается в любых соотношениях с водой, образуя азеотропную смесь ( $T_{кип} = 120,1$  °С, 71,5 % гидразина и 26,5 % воды), жидким аммиаком, спиртом: в неполярных растворителях растворим плохо. Термически мало стабилен, распад происходит с выделением тепла и образованием аммиака, азота и водорода.



Реакционно способен — является сильным восстановителем: окисляется до азота, аммиака и воды; в щелочной среде окисляется медленно. Некоторые соли переходных металлов восстанавливаются гидразином до металлов.

В водных растворах гидразин — слабое основание, образующее одно- и двухзарядные ионы гидрозония. С кислотами образует соли. Подвергается алкилированию с образованием алкил- и арилгидразинов, с карбонильными соединениями образует гидразоны и азины. Способен замещать атомы водорода на кислотные остатки, образуя неорганические гидразинкислоты (гидразинсульфовая, тетрафторгидразин). При действии амидов, гидридов или свободных металлов на безводный гидразин образуются весьма взрывоопасные гидразины. Образует комплексы с кислотами Льюиса.

### **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности — 2 / 3.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{в}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,007 \text{ мг/м}^3$ . Средняя смертельная доза 80 мг/кг (орально). Пороговая концентрация 20 мг/м<sup>3</sup>. Смертельная концентрация 1000—2000 мг/м<sup>3</sup> при двухчасовой экспозиции.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Воспламеняется при контакте с оксидами металлов, кислотами, окислителями (на поверхности разлива жидкости). Легко воспламеняется от искр, пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. Воспламеняется в присутствии асбеста, угля.

$T_{\text{всп}} = 5,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .  $T_{\text{самовоспл}} = 270,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . КППВ = 4,7—100 %.

### **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Токсичен при ингаляции, резорбции через кожу и слизистые, приеме внутрь. Поражает ЦНС, вызывает изменения в печени, нарушает углеводный и жировой обмен. Подавляет активность декарбоксилазы глутаминовой кислоты, вызывает развитие гемолиза крови. Предполагают, что воздействует на хромосомный аппарат, оказывает канцерогенное действие.

### **Острые отравления**

При легких интоксикациях наблюдается раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей; при средних — боль за грудиной, обильное слезотечение, спазмы век, боль по ходу желудочно-кишечного тракта, тош-

нота, рвота; при тяжелых — бронхит, токсический отек легких, возбуждение, а затем депрессия, нарушение углеводной, жировой и антиоксидантной функции печени.

### **Действие на кожу**

Гидразин и его пары резко раздражают кожу и слизистые оболочки глаз, отечность, нагноение, возможна временная слепота. Жидкий гидразин вызывает ожог. Возможны аллергические дерматиты и контактные экземы.

### **Поступление и распределение в организме**

Около 50 % гидразина метаболизируется, оставшееся вещество выводится с мочой. Наибольшие количества обнаружены в тканях почек. В остальных тканях распределяется равномерно.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

В районе аварии изолирующий противогаз типа ИП-4М в комплекте с защитным костюмом из фильтрующего и изолирующего материала (КИХ-5, БЦУ-Т и т. п.), прорезиненный передник ЗП-1, резиновые сапоги, перчатки БЛ. В зоне распространения паров гидразина возможно использование фильтрующих противогазов марок КФ, БКФ (при относительно небольших концентрациях возможно использование аварийных самоспасателей).

### **Оказание первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ в организм, вывести на свежий воздух, снять загрязненную одежду, обеспечить покой и тепло. Кожу, загрязненные места промыть водой. Глаза и слизистые промыть тщательно в течение 10 минут водой. Обильное питье. Госпитализация.

### **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Оградить земляным валом разлившуюся жидкость, разбавить водой в отношении 1: 100. Нейтрализовать порошком ДТС-ГК. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Место разлива промыть большим количеством воды. Нейтрализовать остатки груза, место утечки, транспортные средства, местность. Работы производить только под руководством специалистов.

## **При возгорании и пожаре**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Для тушения использовать воду. Пользоваться огнетушителями ОП-5. Надеть полную защитную одежду. По возможности убрать из зоны пожара опасный груз, если это не представляет опасности. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости холодной водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния. Организовать эвакуацию людей из близлежащих зданий с учетом направления распространения токсичных продуктов горения.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе определение основано на реакции гидразина с п-диметиламинобензальдегидом. Чувствительность 0,1 мкг в анализируемом объеме (мешают высшие спирты и некоторые первичные амины).

Разработан метод, основанный на свойстве гидразина восстанавливать фосфорномолибденовую кислоту с образованием синей гетерополикислоты.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для уменьшения опасности поражения гидразином могут быть использованы: большое количество воды для его разбавления; растворы кислот органических и неорганических; растворы ДТС-ГК.

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть большим количеством воды и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать

поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации с соблюдением мер пожарной безопасности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промытые водой поверхности техники и территории промыть моющими композициями; обработать содержащими «активный хлор» растворами (хлорная известь, ДТСГК), концентрированным раствором пероксида водорода, слабым раствором кислоты. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды; почву перепахать.

## 2.15. Диметиламин. Триметиламин

Диметиламин используется в органическом синтезе при производстве лекарственных веществ (дикаин, аминазин и др.), ракетного топлива (диметилгидразин), ускорителей вулканизации, использующихся при производстве резины и др. До второй мировой войны использовался в производстве химического оружия (табуна).

Триметиламин используется в органическом синтезе, в производстве аминазина, красителей и инсектицидов.

Оба вещества в газообразном состоянии тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях. Перевозятся в сжатом или сжиженном состоянии. Загрязняют водоемы.

### Формула, молекулярная масса

Диметиламин —  $C_2H_7N$ ,  $M = 45.085$  г/моль.

Триметиламин —  $C_3H_9N$ ,  $M = 59.112$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Таблица 2.5

#### Физические характеристики

Характеристика	Диметил-амин	Триметил-амин
Температура кипения ( $T_{кип}$ , °K)	181,0	280,0
Температура плавления ( $T_{пл}$ , °K)	156,0	276,1
Плотность жидкости при заданной температуре : $T = 293^\circ K$ , г/см <sup>3</sup>	0,654	0,632
Относительная плотность пара при нормальных условиях: $T = 273,15^\circ K$ , $P = 101325$ Па	1,56	2,06
Растворимость в воде, г/100 г рН 0.1 н. вод. ра-ра	11,5	11,2

Представляют собой бесцветные, легко испаряющиеся жидкости, при обычной температуре находятся в газообразном состоянии, имеют неприятный специфический запах, напоминающий запах аммиака (диметиламин) и тухлой селедки (триметиламин).

Метиламины сильные основания, хорошо растворимы в воде и во многих полярных органических растворителях. Реакционноспособны. Обладают свойствами: диметиламин — вторичных аминов, триметиламин — третичных аминов.

Способны образовывать соли при взаимодействии с веществами кислого характера. Диметиламин реагирует с ангидридами и галойдангидридами кислот, образуя амиды; с галоидными алкилами — третичные амины и соли четвертичных аммониевых оснований. Взаимодействует с азотистой кислотой, образуя N-нитрозодиметиланилин, представляющий собой масло желтого цвета.

Триметиламин образует комплексные соли (например, при взаимодействии с бромом). При окислении дает окись триметиламина.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности — 2/1. Значения основных токсикологических характеристик представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

#### **Токсикологические характеристики**

Вещество	Значения токсикологических характеристик					
	ПДК <sub>вз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>кр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>вв</sub> , мг/л	LD <sub>50</sub> , мг/кг	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Диметиламин	1	0,005	0,005	0,1	316	70
Триметиламин	5	0,14	0,14	0,05	445	800

Значение STEL для диметиламина в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: IP8750000, CAS 124-40-3): Швейцария — 36,0; Франция — 18; Венгрия — 2,0 (возможна абсорбция через кожу); США — 27,6; Финляндия — 18,0 (возможна абсорбция через кожу); Россия — 1,0 (возможна абсорбция через кожу).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горючи. Легко воспламеняются от искр и пламени. С воздухом образуют взрывоопасные смеси, которые могут сохранять свои свойства на значительных удалениях от места утечки. Баллоны (емкости) могут взрываться при на-

гревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси. Горят с образованием токсичных газов (оксиды азота, циан). (Табл. 2.7.)

Таблица 2.7

### Характеристики пожароопасности

Вещество	Основные характеристики		
	$T_{\text{всп}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{самовоспл}}, ^\circ\text{C}$	КПВ, %
Диметиламин	-	402	2,8—14,4
Триметиламин	4	190	1,8—11,6

### Опасность для человека

#### Общий характер действия

Оба вещества опасны при вдыхании, попадании на кожу и приеме внутрь. Пары действуют сильно раздражающе на слизистые оболочки и кожу. Соприкосновение с веществами вызывает ожоги кожи и глаз. Длительное воздействие может вызвать бронхит, одышку, осиплость, отек гортани, а в тяжелых случаях удушье и кровоизлияния в легкие. При контакте с пламенем образуют ядовитые газы. При контакте с веществами в жидком состоянии возможны обморожения.

#### Острые отравления

Ощущается запах соответствующего амина. Дыхание затруднено, появляется слабость, тошнота, сердцебиение, нарушение частоты пульса («приливы»), насморк, кашель, резь в глазах, слезотечение. Острые поражения могут привести к поражению печени (гепатопатия, дистрофия) и почек (нефропатия, дистрофия, некроз и, как следствие, нарушение процесса фильтрации). Происходит снижение иммунитета. Вызывают снижение активности холинэстеразы крови.

#### Действие на кожу

Жидкие вещества или концентрированные растворы вызывают сильное жжение и покраснение кожи, после смывания с кожи остаются мелкие кровоизлияния. Длительное время сохраняются болевые ощущения.

#### Распределение в организме

До 80—90 % вещества метаболируется, остальное вещество выводится из организма с мочой.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующий противогаз, защитный костюм типа КИХ-4, КИХ-5, КИХ-5М, Л-1, спецодежда, резиновые перчатки и сапоги. В случае возникновения пожара обязательно использование огнезащитного костюма. При относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи промыть водой или раствором слабых кислот (борной, лимонной, уксусной), а затем водой. Глаза промыть 2 % раствором борной кислоты. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке дать газу полностью выйти. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Использовать распыленную воду, пока газ не рассеется. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

Работы производить только под руководством специалистов.

## При возгорании и пожаре

В случае возгорания сбить пламя водой. Действовать как при утечке. Использовать сухой песок, землю, порошки, химические и воздушно-механические пены.

В случае пожара изолировать зону в радиусе не менее 800 м. Убрать из зоны пожара, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть содержимому емкостей. Не приближаться к емкостям. Не прекращать горения содержимого, пока не будет устранена утечка. Тушить порошками, газовыми составами. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пары осаждают тонкораспыленной водой.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе основано на колориметрии окрашенных растворов, образующихся при действии диметиламина на 2,4-динитрохлорбензол, и триметиламина в присутствии ортонитрофенола (мешают другие амины жирного ряда, аммиак в количестве 5 мг в пробе).

Оба вещества могут быть идентифицированы по физическим свойствам их производных.

### Триметиламин

1. По продукту с хлороплатиновой кислотой  $T_{пл} = 242^{\circ}\text{C}$  (разл.).
2. По продукту с метилиодидом  $T_{пл} = 230^{\circ}\text{C}$  (разл.).
3. По продукту с пикриновой кислотой  $T_{пл} = 216^{\circ}\text{C}$ .

### Диметиламин

1. По бензолсульфонамиду (по диметиламиду бензол-сульфокислоты)  $T_{пл} = 47^{\circ}\text{C}$ .
2. По диметиламиду бензойной кислоты  $T_{пл} = 41^{\circ}\text{C}$ .
3. По диметиламиду толуолсульфокислоты  $T_{пл} = 79^{\circ}\text{C}$ .

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газов использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы; промыть большим количеством воды; покрыть воздушно-механической пеной. Территорию и поверхности техники обработать слабым раствором кислот (соляной, уксусной, лимонной и др.) Поврежденные баллоны вынести из опасной зоны и опрокинуть в емкости с водой или слабым раствором кислот.



## 2.16. Диметилформамид

Диметилформамид (диметиламид муравьиной кислоты) применяют в производстве синтетических волокон, пленок, лакокрасочных материалов, искусственной кожи, полиимидов и т. п. Он широко используется для выделения ацетиленовых и диеновых углеводородов из газов пиролиза нефтяных фракций, для экстракции ароматических углеводородов, селективной очистки минеральных смазочных масел, для растворения красителей при крашении бумаги, вискозы, древесины, кожи, пластиков и шерсти. Он используется в качестве реакционной среды, обладающей каталитическими свойствами, при галогенировании, гидрохлорировании, гидроцианировании непредельных соединений, дегидратации, дегидрогалогенировании и формилировании. В фармацевтической промышленности используется для очистки кристаллизацией ряда медицинских препаратов.

Пары диметилформамида тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$C_3H_7NO$ ,  $M = 73.10$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная подвижная жидкость со слабым специфическим запахом.  $T_{пл} = 212^\circ K (-61^\circ C)$ ,  $T_{кип} = 426^\circ K (153^\circ C)$ , плотность  $0,9683$  ( $0^\circ C$ ),  $0,9445$  ( $25^\circ C$ ), показатель преломления  $1,4269$ , упругость пара  $4,93$  мбар ( $3,7$  мм рт. ст.), летучесть  $14,8$  мг/л ( $20^\circ C$ ), относительная плотность пара  $2,52$ .

Хорошо растворим в воде и органических растворителях, спирте, ацетоне, эфире, сероуглероде, галогенсодержащих и ароматических соединениях. В насыщенных углеводах растворяется лишь при нагревании.

Сам является растворителем ацетилена и его производных, винил-акриловых смол, нитроцеллюлозы, многих красителей.

Химически инертен. Гидролизует в избытке горячей щелочи, не действует на металлы. Реагирует с металлоорганическими соединениями.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 3 / 4.  $ПДК_{пз} = 10$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мр} = 0,03$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 0,03$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{бв} = 10$  мг/л.  $LD_{50} = 4,2$  мг/кг (мыши). Порог восприятия запаха —  $0,00014$  мг/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Горит с образованием токсичных газов (циана, окиси азота). Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

$T_{всп} = 59^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{самовоспл} = 440^{\circ}\text{C}$ . КПВ = 2,2—15,2 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей, глаз, кожу, обладает общетоксическим и эмбриотоксическим действием. Поражает печень, проникает через неповрежденную кожу.

### **Острые отравления**

Головная боль, боль в животе, диспептические явления, заболевание печени (желтуха), состояние нетрудоспособности от 2 до 30 недель.

### **Действие на кожу**

При аппликации на кожу вызывает обратимое угнетение барьерной функции рогового слоя. Местное действие выражено слабо. Могут быть острые отравления при резорбции через кожу.

### **Поступление и распределение в организме**

Сохраняется в организме в неизменном виде. Выделяется через почки. Обнаруживается в моче при загрязнении кожи и при вдыхании.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Тщательная защита органов дыхания и кожи.

В районе аварии изолирующий противогаз типа ИП-4М в комплекте с защитным костюмом из фильтрующего и изолирующего материала (КИХ-5, БЦУ-Т и т. п.), прорезиненный передник ЗП-1, резиновые сапоги, перчатки БЛ. При возгорании обязательно использование огнезащитного костюма. В зоне распространения паров гидразина возможно использование фильтрую-

щих противогазов марки А (при относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей).

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ в организм — надеть противогаз, вынести из опасной зоны. Свежий воздух, покой, тепло. Снять загрязненную одежду, заменить на чистую. Кожу промыть большим количеством воды. При попадании в глаза — обильно промыть водой (не менее 10 мин). Всех пораженных отправить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Использовать распыленную воду, пока газ не рассеется. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

Работы производить только под руководством специалистов.

## **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями любых марок.

Не приближаться к горящим емкостям. Изолировать опасную зону в радиу-

се 800 м. Убрать из зоны пожара опасный груз, если это возможно. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой, воздушно-механическими и химическими пенами с максимально возможного расстояния.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на гидролизе диметилформамида щелочью, взаимодействии образующегося диметиламина с 2,4-динитрохлорбензолом и колориметрии окрашенного соединения. Чувствительность 0,1 мкг/мл.

### **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газов использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы; промыть большим количеством воды; покрыть воздушно-механической пеной. Территорию и поверхности техники обработать слабым раствором кислот (соляной, уксусной, лимонной и др.) Поврежденные баллоны вынести из опасной зоны и опрокинуть в емкости с водой или слабым раствором кислот.

## **2.17. Диметилфосфонат**

Диметилфосфонат (диметиловый эфир метилфосфоновой кислоты) — прекурсор, используется при производстве ОВ зарин. Реагент, используемый при синтезе олефинов из карбонильных соединений и синтезе циклических  $\alpha$ ,  $\beta$ -ненасыщенных кетонов. Добавка с высоким содержанием фосфора, сильный растворитель. Эффективный депрессант вязкости, используется в высоконаполненной, ненасыщенной полиэфирной смоле в стекловолоконных системах. Используется для получения пестицидов, антипиренов, фармацевтических и других фосфорорганических препаратов. Хранится и перевозится в жидком состоянии. Хранят в закрытой таре из коррозионно-стойкой стали, алюминиевых сплавов или полиэтилена в местах, защищенных от прямых солнечных лучей, и при температуре свыше 20 °С. Транспортировка осуществляется железнодорожным или автомобильным транспортом в контейнерах, железнодорожных цистернах из нержавеющей стали или алюминиевых сплавов, сухих бочках из нержавеющей стали вместимостью 200 л.

### **Формула, молекулярная масса**

$C_2H_7O_3P$ ,  $M =$  г/моль.

## **Основные физические и химические свойства**

Бесцветная жидкость.  $T_{\text{кип}} = 454 \text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $181 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), плотность —  $1,16 \text{ г/см}^3$ , давление пара —  $1,2 \text{ мм рт. ст.}$  ( $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Несовместима с сильными окислителями и сильными основаниями. Может размягчать резины и пластики. Медленно гидролизуетс<sup>я</sup> водой.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2 / 23. ПДК<sub>рз</sub> =  $5 \text{ мг/м}^3$ .

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюча.  $T_{\text{воспл}} = 43 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Обладает ингаляционным и кожно-резорбтивным действием. Предположительно канцерогенна. Мутаген.

## **Острые отравления**

Данных не обнаружено.

## **Действие на кожу**

Данных не обнаружено.

## **Распределение в организме**

Данных не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А. Защитные очки, перчатки.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Данных не обнаружено.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Данных не обнаружено.

## **При утечке и разливе**

Данных не обнаружено.

## **При возгорании и пожаре**

Данных не обнаружено.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Данных не обнаружено.

## **Возможные нейтрализации и дегазаторы**

Данных не обнаружено.

## **2.18. Дикетен**

Находит широкое применение в промышленном органическом синтезе для получения различных производных ацетоуксусной кислоты, использующихся в качестве полупродуктов в синтезе фармацевтических препаратов, красителей, инсектицидов и фунгицидов. Перевозится и хранится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$C_4H_4O_2$ ,  $M = 84,08$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветная жидкость с острым запахом. Плотность жидкости  $1,0897$  г/см<sup>3</sup> (при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $T_{пл} = 266,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{кип} = 400,4\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $127,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Коэффициент преломления  $1,4378$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), упругость пара  $10$  мбар ( $7,5$  мм рт. ст.), летучесть  $34,5$  мг/л ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Относительная плотность пара  $2,9$ .

В воде нерастворим, растворим в инертных по отношению к diketону органических растворителях.

Легко полимеризуется с образованием смолистых продуктов; при низких температурах процесс полимеризации замедляется. Весьма реакционноспособен и присоединяет вещества, обладающие активным атомом водорода с образованием соединений, содержащих ацетоацетильную группу. С водой и спиртами реагирует только в присутствии катализаторов.

### **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2 /3. ПДК<sub>рз</sub> = 0,5—1,0 мг/м<sup>3</sup>. Пороговая концентрация 2—3 мг/м<sup>3</sup>. Токсичен, раздражает слизистые оболочки и кожу. Порог раздражающего действия 0,002—0,003 мг/л.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют в смеси с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут сохранить свои свойства на значительных удалениях от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при всех температурах окружающей среды, равной температуре вспышки жидкости и выше.

$T_{\text{воспл}} = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{самовоспл}} = 275\text{ }^{\circ}\text{C}$ , КПВ = 0,2—11 %.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, возможен смертельный исход. Вызывает расстройство дыхания, хрипы в легких. Пары раздражают слизистые оболочки и кожу.

При утечке загрязняет водоемы.

### **Острые отравления**

Двигательное возбуждение, слезотечение, обильное слюнотечение, выделение слизи из носа, головная боль, слабость, тошнота, потеря аппетита.

### **Действие на кожу**

Действует раздражающе.

## **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм человека ингаляционный. Данных о распределении в тканях организма не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2, фильтрующий промышленный противогаз марки СО, М, БКФ, А защитные очки, перчатки. В случае малых концентраций дикетена возможно применение малогабаритных противогазов и самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ — надеть противогаз, вывести пострадавшего на свежий воздух, снять загрязненную одежду и обувь. Глаза и слизистые промыть 2 % раствором борной кислоты или раствором соды. Загрязненные участки кожи промыть большим количеством воды, смазать дерматоловой мазью. Обеспечить покой и тепло. Немедленная госпитализация даже при удовлетворительном состоянии (транспортировка в положении лежа со слегка приподнятой головой).

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование. Организовать эвакуацию людей из зоны химического заражения.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне.



Устранить течь, если это не представляет опасности. Или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности и условий смешения жидкостей.

По возможности вывезти разгерметизированные емкости в безопасное место. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, по возможности перекачать ее в порожние и исправные емкости. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварии пожарную службу.

Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализации.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства. Использовать огнетушители марок ОП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химической пенами.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на люминисценции продукта реакции дикетена с резорцином при облучении УФ-светом. Чувствительность 0,02 мкг в анализируемом объеме раствора.

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промытые водой поверхности техники, территории обработать концентрированным раствором пероксида водорода. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания в грунтовые воды; почву перепажать.

## 2.19. Дихлорэтан. Дихлорпропан

Дихлорэтан (хлористый этилен) широко используется в качестве растворителя и компонента дегазирующих рецептур. Является исходным сырьем при производстве полисульфидных каучуков и винилхлорида. Используется в органическом синтезе для извлечения жиров и алкалоидов.

Дихлорпропан (хлористый пропилен) может использоваться в технологии получения пропилендиаминов и полипропиленполиаминов аммонолизом 1,2-дихлорпропана водными растворами аммиака. Получаемые при этом соединения представляют собой ценные органические основания и находят широкое применение в технологии основного (или тяжелого) органического синтеза.

Дихлорэтан и дихлорпропан хранятся и перевозятся в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

1,2-дихлорэтан,  $C_2H_4Cl_2$ ,  $M = 98,96$  г/моль.

1,2-дихлорпропан,  $C_3H_6Cl_2$ ,  $M = 112,99$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Дихлорэтан — бесцветная подвижная жидкость с характерным запахом, напоминающим запах хлороформа. Темнеет при воздействии воздуха, влажности и света.

Дихлорпропан — бесцветная жидкость с характерным запахом.

В воде растворимы плохо. Смешиваются с органическими соединениями.

В химическом отношении реакционноспособны, обладают всеми свойствами галоидных алкилов:

водородом восстанавливаются до этана и пропана соответственно;

водные, водноспиртовые растворы щелочей гидролизуют их до соответствующих диолов;

спиртовые растворы щелочей отщепляют галогенводороды и образуют соответствующие ацетиленовые углеводороды;

алкилируют аммиак и амины, образуя соответствующие диамины и их производные;

алкилируют меркаптаны и меркаптиды, образуя соответствующие тиоэфиры;

действием щелочи или пиролизом превращаются в соответствующие галогенвинилы;

с цианистым натрием образуют динитрилы соответствующих кислот;

под действием цинка в спиртовой среде образуют соответственно этилен и пропилен.

Кроме того, дихлорэтан при нагревании с раствором полисульфидов натрия образует каучукоподобное вещество — тиокол.

Дихлорэтан и дихлорпропан разлагаются при разогреве и при сжигании с образованием токсичных и едких паров, включая хлористый водород и фосген. Реагируют бурно с алюминием и его сплавами, со щелочными металлами и некоторыми пластиками.

Таблица 2.8

### Физические свойства

Характеристика	1,2-дихлорэтан	1,2-дихлорпропан
Температура кипения ( $T_{кип}$ ), °K (°C)	356,48 (83,48)	369,37(96,37)
Температура плавления ( $T_{пл}$ ), °K (°C)	237,13(−35,87)	172,56(−100,44)
Плотность жидкости при заданной температуре 293 °K ( $\rho_T^*$ ), г/см <sup>3</sup>	1,253	1,132
Растворимость в воде, г/100 мл при 20 °C	0,852	0,27
Давление паров, мбар (мм рт. ст.) при 20 °C	87 (65,26)	56 (42)
Относительная плотность пара (воздух = 1)	3,42	3,91
Максимальная концентрация паров при 20 °C ( $C_{max}^{20}$ , мг/л)	342,0*	260,0*
Относительная плотность смеси пар/воздух при 20 °C	1,2	1,15

\* Расчетные значения.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/3.

Весьма ядовиты, представляют опасность при ингаляционном, кожно-резорбтивном и пероральном отравлении.

Таблица 2.9

### Токсикологические характеристики

Характеристика	1,2-дихлорэтан	1,2-дихлорпропан
ПДКРЗ, мг/м <sup>3</sup>	10	10
ПДКМР, мг/м <sup>3</sup>	3	*
ПДКСС, мг/м <sup>3</sup>	1	0,18
ПДКВВ, мг/л	2	*

Возможность поражающего действия дихлорэтана в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения — 20 мг/м<sup>3</sup>; Средняя степень поражения 50 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 170 мг/м<sup>3</sup>.

## Взрыво- и пожароопасность

Горючи. Легко воспламеняются от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут сохранять свои свойства на достаточном удалении от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси. Существует опасность взрыва в помещениях и закрытых объемах. Горят с образованием токсичных газов (фосгена, хлороводорода, хлора). Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

Таблица 2.10

### Характеристики пожароопасности

Характеристика	1,2-дихлорэтан	1,2-дихлорпропан
Температура вспышки ( $T_{всп}$ ), °C	13	16
Температура самовоспламенения ( $T_{самовоспл}$ ), °C	413	557
Пределы взрываемости, (КПВ), объем % в воздухе	6,2—16	3,4—14,5

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Опасны при вдыхании, резорбции через кожу и приеме внутрь. Пары действуют сильно раздражающе на слизистые оболочки и кожу. Поражают роговицу глаз. При соприкосновении с огнем выделяют ядовитые газы.

Наркотики, вызывающие дистрофические изменения, главным образом в печени, а также в почках и других органах (жировое перерождение клеток печени и почек).

Действие 1,2-дихлорпропана значительно слабее действия 1,2-дихлорэтана.

### Острые отравления

Дозы порядка 0,006—0,05 мг·мин/л вызывают изменение световой адаптации глаз, сосудистую реакцию и изменение дыхания. Более высокие дозы от 36 до 108 мг·мин/л вызывают головную боль, сонливость, сладкий вкус во рту, тошноту, а иногда рвоту, легкое раздражение слизистых оболочек, ощущение

жжения кожи лица и ее покраснение, легкую болезненность и увеличение печени.

При более тяжелых поражениях — сильная общая слабость, головокружение, рвота, часто многократная болезненность в поджелудочной области, увеличение печени, склонность к гипотонии, урежение пульса, глухие тоны сердца. В ряде случаев влажные хрипы в легких, признаки поражения почек. Иногда затемнение сознания, дрожь, сужение полей зрения, гипогликемия, нейтрофильный лейкоцитоз.

Тяжелые случаи протекают с потерей сознания (зачастую длительной), судорогами. Иногда наступает быстрая смерть от сердечно-сосудистой недостаточности. В ряде случаев почечная недостаточность (вплоть до уремии), токсический гепатит, отек легких.

20—50 мл достаточно для развития тяжелого поражения, которое сопровождается следующей симптоматикой: возбуждение, судороги, психическое угнетение, коматозное состояние. На первый план выступают поражения печени и почек: рвота, понос, увеличение и болезненность печени, желтушность кожи и склер, резкое вздутие живота, уменьшение или прекращение отделения мочи, уремия, потеря сознания, коматозное состояние, гибель на 3—8 сутки.

### **Действие на кожу**

Возможны дерматиты, в тяжелых случаях образование пузырей, некроза эпителия с длительным заживлением.

### **Поступление и распределение в организме**

В основном содержится в крови.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки А и специальная защитная одежда, шлем, нагрудник, защитные очки, перчатки из стойкой резины, специальная обувь. В случае малых концентраций дихлорэтана и дихлорпропана возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичных веществ в организм пораженного (надеть противогаз) и вынести его из очага поражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Кожу тщательно промыть водой с мылом. Пораженные глаза в течение 15 минут промыть водой. Внутрь вазелиновое масло и активированный уголь. Если пораженный в сознании — вызвать рвоту. Не давать пораженному молоко, масло и жиры. Отправить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться навстреченной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и выполнение работ в опасной зоне. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При возможности переместить разгерметизированные емкости в безопасное место.

При интенсивной утечке оградить разлившуюся жидкость земляным валом, по возможности перекачать в специальную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализацию.

## **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механической или химической пенами.

## Способы обнаружения (индикации) анализа

В воздухе определяется при сжигании по хлору (коэффициент пересчета иона хлора на дихлорэтан равен 2,8).

Колориметрическое определение основано на образовании окрашенного соединения при нагревании смеси дихлорэтана (дихлорпропана) и хинолина. Чувствительность 1 мг в пробе. Мешают галогены и окислы азота. Применяется также реакция образования дианилида глутаконового альдегида. Чувствительность 5 мкг в 2 мл раствора.

Разработан хроматографический метод.

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой в контрольных целях. Поверхности техники промыть моющими композициями и обработать острым паром. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания в грунтовые воды; почву перепахать.

Данных по возможным нейтрализаторам и дегазаторам не обнаружено.

## 2.20. Изобутил бромистый

Изобутил бромистый (1-бром-2-метилпропан) используется в органическом синтезе и фармацевтике. Хранится и перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$C_4H_9Br$ ,  $M = 137,02$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Изобутил бромистый — светлая (прозрачная), бесцветная до светло-желтой окраски жидкость. Запах характерный, сладковатый. Максимальная концентрация 18400 мг/м<sup>3</sup>. Плотность жидкости 1,2641 г/см<sup>3</sup> (20 °C),  $T_{пл} = 155,6$  °K

( $-117,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{\text{кип}} = 364,1\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $91,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), показатель преломления при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  1,4368. Давление пара 1033 гПа ( $91\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 135,3 мм рт. ст. Плотность пара 4,72. Теплота испарения 7.603 ккал/моль при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  переходит в изобутилбромид.

Изобутил бромистый устойчив при нормальном давлении и температуре. На свету разлагается с выделением  $\text{Br}_2$ . В воде растворим плохо. Смешивается с органическими растворителями. Не полимеризуется. Для бромпроизводных алканов характерны реакции нуклеофильного замещения и отщепления. При действии аммиака образуется амин. При воздействии воды и водных щелочей образуются спирты. В присутствии твердых едких щелочей отщепляется  $\text{HBr}$  с образованием алкенов.

### **Предельно допустимые концентрации.**

#### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/2.  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,3\text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,01\text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,3\text{ мг/м}^3$ .

#### **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при всех температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше. Пары могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

$T_{\text{всп}} = \text{не определена}$ .  $T_{\text{воспл}} = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действия**

Токсические свойства вещества изучены недостаточно. Предположительно канцерогенный агент. Мутаген. Известно, что бромзамещенные алканы вызывают наркоз и обладают значительной общей токсичностью. Даже при концентрациях, не вызывающих наркоза особенно при длительном воздействии, часто наблюдаются тяжелые дегенеративные изменения во внутренних органах, особенно в печени, почках, в сердечной мышце, а также в центральной нервной системе.

#### **Острые отравления**

При воздействии на глаза вызывает их раздражение. При попадании в желудочно-кишечный тракт может вызвать его раздражение с появлением тош-



ноты, рвоты и поноса. При вдыхании вызывает раздражение респираторных органов. Пары могут вызвать головокружение и удушье.

### **Действие на кожу**

Хорошо всасывается через кожу в организм человека. При действии на кожу может вызывать ее раздражение.

### **Поступление и распределение в организме**

Быстро впитывается при любом поступлении в организм. Канцероген. Мутаген. В тканях обнаруживается повышенное содержание бромидов. Коэффициент кумуляции  $K_{кум} = 1,65$  (при введении  $1/10 LD_{50}$ ).

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки А и специальная защитная одежда, шлем, нагрудник, защитные очки, маслостойкие перчатки, специальная обувь. В случае малых концентраций изобутила бромистого возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей (обязательна защита органов зрения и кожи лица). Смена противогаза при ощущении запаха.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичных веществ в организм пораженного (надеть противогаз) и вынести (вывести) его из очага поражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Кожу тщательно промыть в струе воды не менее 15 минут с мылом. Пораженные глаза в течение 15 минут промыть водой, поднимая и опуская веки. Если пораженный находится в сознании, необходимо рекомендовать ему прополоскать рот водой. Затем дать выпить 2—4 полных чашки воды или молока. Отправить на медицинское обследование.

### **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным

химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться навстречной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и выполнение работ в опасной зоне. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При возможности переместить разгерметизированные емкости в безопасное место.

При интенсивной утечке оградить разлившуюся жидкость земляным валом, по возможности перекачать в специальную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Для снижения испарения может быть использована пароподавляющая пена. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализацию.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать пену, сухие химические агенты или углекислый газ. Можно использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости распыленной водой с максимального расстояния. Использовать воду для тушения пожара неэффективно. Нельзя использовать прямую струю воды. Для тушения пожара возможно использование специальных химических пен, сухих химических агентов или углекислого газа.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Для определения вещества в воздухе рекомендуется использование газохроматографического метода (ГЖХ) с пламенно-ионизационным детектором; чувствительность по бром-производным алканам 0,006—0,15 мг/м<sup>3</sup> при объеме пробы 1 л. Кроме того, возможно использование менее чувствительных и специфических методов, основанных на реакции бромпроизводных алканов с этаноламином с последующим определением Вг-иона по Фольгарту или нефелометрически.

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Разливы устранять немедленно, перекачивая их в запасные емкости с соблюдением мер предосторожности. Небольшие проливы сорбировать инертными материалами (сухим песком или землей), затем перенести их в контейнеры для отходов. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть аммиачной водой или растворами щелочей в контрольных целях. Поверхности техники промыть моющими композициями и промыть аммиачной водой или растворами щелочей. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания в грунтовые воды; почву перепахать.

Данных по возможным нейтрализаторам и дегазаторам не обнаружено.

## 2.21. Кислота азотная

Кислота азотная используется в производстве азотных удобрений, в цветной металлургии для травления и разделения металлов, в производстве серной кислоты нитрозным способом, взрывчатых веществ, киноплёнки, целлюлозных лаков, искусственного шелка, нитратов и других соединений. Кроме того, она широко используется в производстве красителей и лекарственных препаратов, полиграфии и в ракетной технике в качестве окислителя.

Хранится и перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{HNO}_3$ ,  $M = 63,016$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Чистая азотная кислота — бесцветная жидкость с плотностью  $1,513$  г/см<sup>3</sup> (при  $20$  °C). При сильном охлаждении затвердевает в бесцветные кристаллы.  $T_{пл} = 231,4$  °K ( $-41,6$  °C).  $T_{кип} = 353—356$  °K ( $83—86$  °C), упругость пара  $5,6$  мбар ( $4,2$  мм рт. ст.), летучесть  $14,4$  мг/л ( $20$  °C). Относительная плотность пара  $2,2$ .

$70$  % азотная кислота имеет  $T_{пл} = -38$  °C,  $T_{кип} = 122$  °C, плотность  $1,43$  г/см<sup>3</sup> (при  $20$  °C), упругость пара  $9,4$  мбар или ( $7,05$  мм рт. ст.), летучесть  $25,9$  мг/л (при  $20$  °C).

Красная дымящая азотная кислота представляет собой красно-бурую, прозрачную, чрезвычайно едкую, сильно дымящую на воздухе и гигроскопичную жидкость, плотность которой составляет  $1,56 \text{ г/см}^3$  (при  $20^\circ\text{C}$ ), при  $-40^\circ\text{C}$  застывает в красную массу.

В химическом отношении реакционноспособен, сильнейший окислитель; реагирует со многими метилами с выделением окислов азота, реагирует с серой и углеродом. Под действием света и тепла разлагается. С водой смешивается в любых соотношениях (при температурах от  $20$  до  $100^\circ\text{C}$ ).

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2 / 2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 2 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,4 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$ . Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: легкая степень поражения —  $20 \text{ мг/м}^3$ ; Средняя степень поражения  $50\text{—}100 \text{ мг/м}^3$ ; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни —  $200\text{—}300 \text{ мг/м}^3$ .

## **Взрыво- и пожароопасность**

Азотная кислота представляет собой негорючую жидкость, но сама она воспламеняет все горючие вещества. Солома, опилки и другие пористые органические материалы при соприкосновении с ней загораются (с выделением  $\text{NO}_2$ ).

Взрывается в смеси органическими веществами (минеральные растительные масла, спирт, скипидар и т. п.).

При взаимодействии с металлами образует воспламеняющиеся и токсичные газы. Емкости могут взрываться при нагревании. Взаимодействие с водой может вызвать возгорание горючих материалов.

## **Опасность для человека Общий характер действия**

Азотная кислота представляет опасность при вдыхании, попадании на кожу и слизистые, а также внутрь организма человека. Вызывает тяжелые ожоги кожи. Дым, содержащий окислы азота, и туман чистой кислоты раздражают дыхательные пути. Может вызывать разрушение зубов, конъюнктивиты и поражения роговицы. Действие паров азотной кислоты резко усиливается при одновременном присутствии в воздухе различных аэрозолей дезинтеграции: окислов кремния, хлорида натрия, моторного и минеральных масел. Пары азотной кислоты приблизительно на  $25\%$  токсичнее двуокиси азота.

## **Острые отравления**

При тяжелых отравлениях — отек легких в течение первых суток; резкая слабость, тошнота, одышка, кашель с обильной пенистой лимонно-желтой мокротой, цианоз губ, лица, пальцев рук; изо рта — едкий специфический запах. На вскрытии — некроз слизистой оболочки твердого неба, трахеи, бронхов; легкие полнокровны, в них чередуются участки ателектаза и эмфиземы; кровоизлияния в эпикард и эндокард; печень мраморно-пятнистая, полнокровная, с начальными стадиями жировой дистрофии. Опасное осложнение — вторичный отек легких вследствие острой сердечной недостаточности — на 2—3 неделе отравления.

При легком отравлении — бронхит и не резко выраженный бронхиолит. Длительность заболевания около 5 дней. При попадании через рот — желтоватое окрашивание и ожоги губ, резкие боли во рту, по ходу пищевода и в желудке, мучительная рвота с примесью крови, возможен болевой шок, коллапс. Наиболее частые осложнения — перфорация желудка, перитонит и пневмония.

### **Действие на кожу**

Вызывает тяжелые ожоги кожи. Впитываясь через кожу, повышает уровень метгемоглобина и нитратов крови.

### **Поступление и распределение в организме**

Данных не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки с патроном А и специальная защитная одежда, шлем, нагрудник, защитные очки, перчатки из стойкой резины, специальная обувь. В случае малых концентраций азотной кислоты возможно применение малогабаритных противогазов марки А и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм человека (надеть противогаз) и вывести (вынести) из зоны поражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Глаза (при широко открытых веках) и загрязненные участки кожи промыть 2 % содовым раствором или большим количеством воды в течение 15 минут, затем наложить асептическую повязку. Прополоскать рот 2 % раствором питьевой соды, расстегнуть одежду, затрудняющую дыхание. Не вызывать рвоту. Всех пораженных отправить для оказания медицинской помощи и медицинское обследование.

### **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 800 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Проливы оградить земляным валом, засыпать щелочным или инертным материалом (известняк, зола и т. п.), залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности. Убрать по возможности из зоны аварии горючие материалы и металлические изделия, или защитить от попадания на них вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

### **При возгорании и пожаре**

Не допускать контакта с горючими материалами — возможно самовоспламенение. Воспламеняет все горючие вещества (солома, опилки и другие пористые органические материалы). Взрывается в смеси органическими веществами (минеральные растительные масла, спирт, скипидар и т. п.).

При взаимодействии с металлами образует воспламеняющиеся и токсичные газы.

В случае пожара охлаждать емкости водой с максимального расстояния (не допускать попадания воды в емкости!).

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Индикация осуществляется по окиси азота. Фотометрический, предварительное окисление до диоксида азота окислительной смесью, нанесенный на твердый сорбент с дальнейшим образованием азокрасителя с реактивом Грисса-Илосвая,  $\lambda = 515\text{—}530$  нм. Чувствительность 0,3 мкг в анализируемом объеме раствора. Погрешность измерения  $\leq 25\%$ .

Определению мешают нитросоединения, легко отщепляющийся нитрат-ион.

### **Возможные дегазаторы и нейтрализаторы**

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер предосторожности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды, соприкосновения с материалами, загрязненными нефтепродуктами и маслами. Грунт после нейтрализации перекопать. Промытые водой поверхности техники и территории обработать моющими композициями, щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды).

Нейтрализуется: известковым молоком, растворами соды, дробленным известняком, аммиачной водой.

## **2.22. Кислота соляная**

Кислота соляная используется для получения хлоридов металлов, синтетических смол, хлоропрена, органических красителей, гидролизного спирта, глюкозы, сахара, желатины и клея, для дубления и окраски кож, омыления жиров, при производстве активированного угля, крашения тканей, травления металлов, в гидрометаллургических процессах, в гальванопластике и нефтедобыче.

### **Формула, молекулярная масса**

$\text{HCl}$ ,  $M = 36,461$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Концентрированная соляная кислота содержит 37 % хлористого водорода и имеет плотность 1,19 г/см<sup>3</sup>.

Представляет собой бесцветную, прозрачную жидкость, легко испаряющуюся и дымящую на воздухе.  $T_{пл} = 323^{\circ}\text{K}$  (50,0 °C),  $T_{кип} = 381^{\circ}\text{K}$  (108,0 °C).

Упругость пара около 21 мбар (15,75 мм рт. ст.). Летучесть 31,4 мг/л (20 °C) — (расчетная). Относительная плотность пара по воздуху 1,19.

Сам хлористый водород растворим в спирте, бензоле (2 % при 10 °C), в эфире 35 % (при 0 °C).

При нагревании концентрированной соляной кислоты сначала выделяется газообразный хлористый водород, если же разбавление велико, то вначале отгоняется некоторое количество воды и концентрация кислоты увеличивается. В обоих случаях, когда содержание хлористого водорода достигает 20,3 % (760 мм рт. ст.), перегоняется раствор постоянного состава, кипящий при 101,6 °C.

В химическом отношении весьма реакционноспособна. Коррозирует большинство металлов, выделяя кислород. Реагирует с оксидами и гидроксидами металлов, образуя соли. Вытесняет более слабые кислоты из их солей (фосфорную, кремниевую, борную, уксусную, угольную и др.). Реагирует с аммиаком и аминами.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 3 / 2.

ПДК<sub>рз</sub> = 5 мг/м<sup>3</sup> (пары), ПДК<sub>сс</sub> = 0,2 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>мп</sub> = 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: легкая степень поражения — 10—15 мг/м<sup>3</sup>; Средняя степень поражения 20—40 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 75—150 мг/м<sup>3</sup>.

## Взрыво- и пожароопасность

Не горюча. При взаимодействии с металлами выделяет горючий газ. Емкости могут взрываться при нагревании.

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Кислота представляет опасность при вдыхании, попадании на кожу, слизистые оболочки и внутрь организма человека.

Хлороводород диссоциирует в воде почти полностью, протон при этом захватывается молекулами воды с образованием иона гидроксония. Последний



становится донором ротона, который обладает каталитическими свойствами и реагирует с органическими молекулами, чем и объясняется способность хлороводорода вызывать поражение и некроз клеток.

## **Острые отравления**

Концентрации 75—150 мг/м<sup>3</sup> непереносимы; 50—75 мг/м<sup>3</sup> — переносятся с трудом. Острое отравление сопровождается: раздражением слизистой глаз и носа, першением в горле, затруднением дыхания, сухим кашлем, одышкой и клочковатым дыханием.

При попадании внутрь: ожоги губ, кожи подбородка, слизистой ротовой полости, пищевода, желудка, резкими болями за грудиной, в области желудка, мучительной рвотой с кровью, охриплостью голоса. Возможен спазм и отек гортани.

## **Действие на кожу**

При ожоге кожи обычно возникает серьезное воспаление с пузырями; изъязвление появляется лишь при сравнительно длительном контакте. Резкую гиперемию лица вызывает туман соляной кислоты.

## **Попадание и распределение в организме**

Большая часть (до 70—100 %) вдыхаемого хлористого водорода адсорбируется слизистыми оболочками верхних дыхательных путей.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки ИП-4М с патроном А и специальная защитная одежда, шлем, нагрудник, защитные очки, перчатки из стойкой резины, специальная обувь. В случае малых концентраций соляной кислоты возможно применение малогабаритных противогазов марки А и эвакуационных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Обеспечить покой, тепло, чистую одежду. При попадании в желудок — пить глотками растительное масло. Запрещается вызывать рвоту. Глаза (при широко открытых веках) и кожу промыть 2 % раствором соды или большим количеством воды. При ожоге — асептическая повязка. Срочная госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 100 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии емкость, или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Проливы оградить земляным валом, засыпать щелочным или инертным материалом (известняк, зола и т. п.), залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности. Убрать по возможности из зоны аварии горючие материалы и металлические изделия или защитить от попадания на них вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

## **При возгорании и пожаре**

Не горяча. В случае пожара надеть полную защитную одежду. Тушить огонь большим количеством воды с максимально возможного расстояния.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе. Метод основан на способности соляной кислоты образовывать с азотнокислым серебром осадок хлористого серебра с последующим нефелометрическим определением. Чувствительность метода 3 мкг в анализируемой пробе.

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер предосторожности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой в контрольных целях. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Проливы засыпать порошками, содержащими щелочные компоненты (известняк, доломит, сода). Промытые водой поверхности техники и территории обработать моющими композициями, щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды).

Нейтрализуется: известковым молоком, растворами соды, дробленным известняком, аммиачной водой.

## 2.23. Метанол

Метанол (метиловый спирт, древесный спирт, карбинол) используется в промышленности в качестве сырья для производства муравьиного альдегида (формальдегида), синтетического каучука, уксусной кислоты, метиламинов, диметилтерефталата, МТБЭ (метилтретбутиловый эфир), поливинилхлоридных, карбамидных смол, метилметакрилата (органическое стекло), в производстве красителей и лаков и др. продуктов.

### Формула, молекулярная масса

$\text{CH}_4\text{O}$ ,  $M = 32,042 \text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная, подвижная жидкость со своеобразным запахом, напоминающим запах этилового спирта, но более резкий.  $T_{пл} = 175,5 \text{ °K}$  ( $-97,5 \text{ °C}$ ),  $T_{кип} = 337,8 \text{ °K}$  ( $64,8 \text{ °C}$ ), плотность  $0,791 \text{ г/см}^3$  ( $20 \text{ °C}$ ), показатель преломления  $1,3330$  ( $20 \text{ °C}$ ), упругость пара  $128 \text{ мбар}$  ( $98,01 \text{ мм рт. ст.}$ ), летучесть  $168,42 \text{ мг/л}$  при  $20 \text{ °C}$  (расчетная), относительная плотность пара  $1,12$ .

В воде, спиртах, эфире метанол растворяется неограниченно; растворим в бензоле, ацетоне и других органических растворителях.

Является простейшим алифатическим спиртом. Со щелочными металлами реагирует с выделением водорода. С кислотами образует сложные эфиры, при

контакте паров с раскаленной медью окисляется кислородом воздуха до формальдегида, более глубокое окисление приводит к образованию муравьиной кислоты и углекислого газа.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 3 / 3.

$\text{ПДК}_{\text{рз}} = 5 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 1 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{в}} = 3 \text{ мг/м}^3$ ,  
 $\text{LC}_{50} = 50000\text{—}60000 \text{ мг/м}^3$ .

Внутри 10 мл — тяжелое поражение, возможна полная слепота.

Внутри 30 мл — смертельное отравление.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков может образоваться взрывоопасная смесь. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температуре окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше. Температура вспышки,  $T_{\text{всп}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Температура самовоспламенения,  $T_{\text{самовоспл}} = 455 \text{ }^\circ\text{C}$ ; предел взрываемости, КПВ = 6,0—36,5 % (объемный % в воздухе).

## **Опасность для человека Общий характер действия**

Метанол ядовит при приеме внутрь, опасен при вдыхании. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи. Обладает кожно-резорбтивным действием (действует через неповрежденную кожу).

Сильный, преимущественно нервный и сосудистый, яд с резко выраженным кумулятивным эффектом. При приеме внутрь вызывает циркуляторный коллапс, недостаточную насыщенность крови кислородом. Токсичность связана с образованием в организме формальдегида и муравьиной кислоты. Длительно циркулирует в крови.

## **Острые отравления**

При ингаляционном отравлении: головокружение, тошнота, ощущение серого тумана перед глазами, резкое снижение остроты зрения, увеличение печени. Поражение развивается в течение нескольких недель.

Могут быть обмороки с резкой головной болью, тошнотой, опьянением и ранним ослаблением зрения.

При приеме внутрь — тошнота, рвота (могут быть на следующий день), резкая синюха, глубокое и затрудненное дыхание, судороги, слабый учащенный пульс, отсутствие реакции зрачков. Смерть наступает от остановки дыхания.

Пострадавшие жалуются на головную боль, сильные боли во всем теле, в желудке, мелькание перед глазами, неясность видения; иногда наступает улучшение, за которым следует новое и окончательное ухудшение состояния. Неисчезающее расширение зрачков.

Функциональная неполноценность печени. В лучшем случае наступает медленное выздоровление.

### **Действие на кожу**

Чистый метиловый спирт действует слабо; неочищенный древесный спирт раздражает кожу из-за наличия в нем примесей непредельных спиртов, альдегидов.

### **Поступление и распределение в организме**

Распределение в тканях зависит от содержания в них воды: наименьшая концентрация в костном мозге и жире.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки РПГ с патроном А, промышленный противогаз малого габарита ПФМ-1 с универсальным защитным патроном ПЗУ и специальная защитная одежда. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для защиты населения и их экстренной эвакуации (при малых концентрациях) возможно использование аварийных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ метанола в организм человека (надеть противогаз), вывести (вынести) из зоны химического заражения. Свежий воздух, покой, тепло,

чистая одежда. Глаза и кожу промыть водой. При попадании метанола в желудок промыть его водой с добавлением активированного угля или 2—3 % раствором питьевой соды. Дать выпить 50 мл 40 % спирта этилового. Отправить пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться навстреченной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить, Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Промыть емкость (цистерну и т. д.) десятикратным количеством воды. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость и по возможности перекачать ее в исправную емкость. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию.

Небольшие утечки залить большим количеством воды. Вынести поврежденные упаковки в безопасное место, перелить в запасную емкость. Загрязненные места промыть большим количеством воды.

## **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП и ОУ.

В случае пожара по возможности убрать емкости из зоны пожара, если не представляет опасности. Не приближаться к горящей емкости. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния.

## Способы обнаружения индикации

Определение в воздухе основано на окислении метанола в кислой среде до формальдегида. Мешают формальдегид и соединения, образующие его в данных условиях.

Может быть идентифицирован по  $T_{пл}$  его производных:

по 2 — нафтилуретану  $T_{пл} = 124\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

по фенилуретану  $T_{пл} = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

по 3,5 — динитробензоату  $T_{пл} = 167\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Вещество откачать из понижений местности с соблюдений мер пожарной безопасности. Промытые водой поверхности техники обработать моющими композициями, слабым раствором кислоты.

В качестве нейтрализатора может использоваться вода в больших количествах.

## 2.24. Метилакрилат

Метилакрилат (метилловый эфир акриловой кислоты) используется для получения смолы, идущей на производство акриловых волокон. Применяется в производстве органического стекла. Он применяется в стоматологии, медицине и фармацевтических препаратах. Широко используется при полимеризации радиоактивных отходов, при очистке промышленных сточных вод, расфасовки и измельчения пестицидов. Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ,  $M = 86,09\text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная, прозрачная, легковоспламеняющаяся жидкость со своеобразным резким запахом.  $T_{пл} = 196,5\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $-76,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{кип} = 453,2\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $80,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), плотность  $0,9561\text{ г/см}^3$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  показатель преломления  $1,4040$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), упругость

пара 93 мбар (69,76 мм рт. ст.), летучесть 3,09 мг/л при 20 °С (расчетная), относительная плотность пара 2,97.

В воде растворим ограниченно (при 20 °С 6 %), с водой образует азеотропную смесь. Хорошо растворим в спирте и эфире.

Является сложным метиловым эфиром метакриловой кислоты. Химические свойства обусловлены наличием сложноэфирной группы и кратной связи, находящейся в сопряжении с карбоксильной группой. При взаимодействии со щелочами гидролизуется; присоединяет по кратной связи водород, воду, бром, галогеноводородные кислоты, образуя соответствующие производные; окисляется с образованием диокси-соединения. Вещество может полимеризоваться при нагреве или под воздействием света. Реагирует с сильными окислителями, что порождает опасность возгорания и взрыва.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

ПДК<sub>РЗ</sub> — 15 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>АВ</sub> — 0,01 мг/м<sup>3</sup>. Смертельная доза при однократном приеме внутрь — 20 г.

Значение STEL для метилакрилата в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: AT2800000, CAS 96-33-3): Швейцария — 35,2 (возможна абсорбция через кожу); Франция — 50; Венгрия — 40,0 (возможна абсорбция через кожу); Швеция — 50,0 (возможна абсорбция через кожу); Финляндия — 70,0 (возможна абсорбция через кожу); Россия — 15,0.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр и пламени. Разлитая жидкость выделяет легковоспламеняющиеся пары. Пары образуют в воздухе и опорожненных емкостях взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании, существует опасность взрыва порожних емкостей и взрывов в загазованных помещениях. Температура вспышки,  $T_{всп} = -3$  °С; Температура самовоспламенения,  $T_{самовоспл} = 468$  °С; Предел взрываемости, КПВ = 2—13 % (объемный % в воздухе).

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Обладает наркотическим, общетоксическим и резко раздражающим действием. Опасен при вдыхании, возможен смертельный исход. Вызывает расстройство дыхания, хрипы в легких. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи.



## **Острые отравления**

Сильное раздражение глаз и верхних дыхательных путей. Усиление слюноотделения и слезотечения, прогрессирующая слабость, оцепенелость, нарушение ритма дыхания, цианоз, головная боль, слабость и тошнота.

## **Действие на кожу**

При попадании на кожу наблюдается деструкция кожи, а также признаки проникновения через нее. Вызывает воспаление кожи с образованием пузырей, дерматиты, пиодермии, гипергидроз.

## **Поступление и распределение в организме**

Поступает в организм через органы дыхания и кожные покровы. Данных о распределении в организме не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа ЯжТо в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующий промышленный противогаз марки А, М, БКФ и специальная защитная одежда, шлем, нагрудник, защитные очки, резиновые сапоги и перчатки. В случае малых концентраций метилакрилата возможно применение малогабаритных противогазов и эвакуационных самоспасателей (обязательна защита органов зрения и кожи лица). Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичных веществ в организм пораженного (надеть противогаз) и вынести (вывести) его из очага поражения. Снять загрязненную одежду и обувь. Глаза и слизистые промыть 2 % раствором борной кислоты. Кожу промыть водой в течение 15 минут и смазать дерматоловой мазью.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным

химической разведки или прогноза. Удалить посторонних. Держаться навстречной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить источники огня и искр. Прекратить движение транспортных средств и выполнение работ в опасной зоне. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. При возможности переместить разгерметизированные емкости в безопасное место.

При интенсивной утечке оградить разлившуюся жидкость земляным валом, по возможности перекачать в специальную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Для снижения испарения может быть использована пароподавляющая пена. Вызвать на место аварии пожарную службу. Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализацию.

### **При возгорании и пожаре**

При возгорании использовать сухой песок, землю, кошму и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

При пожаре изолировать опасную зону в радиусе 800 м. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости распыленной водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой. Для тушения пожара возможно использование специальных химических пен, сухих химических агентов или углекислого газа.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на окислении метилакрилата до формальдегида.

На практике используется газохроматографический метод или фотометрический метод, базирующийся на омылении щелочью до метилового спирта с последующим определением с хромотроповой кислотой.

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для нейтрализации небольших количеств метилакрилата возможно использование растворов щелочей и галогеноводородных кислот.

## 2.25. Метиламин

Метиламин применяется в производстве инсектицидов (севин, шарадан и др.), растворителей (наприм. N-метил-2-пирролидон (NMP) и диметилацетамид), лекарственных веществ (кокаин, промедол, теофелин, кофеин, эфедрин и др.). Метиламин используют для получения стерилизаторов почвы (напр. N-метилдитиокарбамата Na), взрывчатых веществ (тетрила и др.), красителей, фотоматериалов (метол). Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{CH}_3\text{NH}_2$ ,  $M = 31,06$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветный газ с запахом аммиака  $T_{пл} = 179,5$  °K (–93,5 °C),  $T_{кип} = 266,68$  °K (–6,32 °C), показатель преломления 1,351 (20 °C).

Хорошо растворим в воде (108 г/100 мл), этаноле и других органических растворителях.

Метиламин — сильное основание. С минеральными кислотами образует кристаллические соли (гидрохлориды моноамина. При взаимодействии при повышенной температуре с карбоновыми кислотами, их ангидридами и эфирами метиламин превращается в N-метиламид кислот. Метиламин алкилируется спиртами и алкилгалогенидами с образованием вторичных и третичных алкиламинов. Реагируя с этиленоксидом превращается в N-метилэтаноламин или в N-метилдиэтаноламин, при обработке фосгеном — в метилизоцианат. При действии на него сероуглерода в присутствии раствора NaOH образует натриевую соль метилкарбаминовой кислоты. При этом из метиламина в присутствии соли тяжелого металла образуется метилизотиоцианат (метилгорчичное масло).

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Обладает раздражающим действием на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей. ПДК<sub>рз</sub> — 1,0 мг/м<sup>3</sup>.

### Взрыво- и пожароопасность

Горюч, легко воспламеняется от искр и пламени. Разлитая жидкость выде-

ляет легковоспламеняющиеся пары. Пары образуют в воздухе и опорожненных емкостях взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании, существует опасность взрыва порожних емкостей и взрывов в загазованных помещениях. Горят с образованием токсичных газов (оксидов азота и циана). Температура вспышки,  $T_{всп} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Температура самовоспламенения,  $T_{самовоспл.} = 430\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Предел взрываемости, КПВ = 4,9—20,8 % (объемный % в воздухе).

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Обладают общетоксическим и раздражающим действием. Опасен при вдыхании, попадании на кожу и глаза. В больших концентрациях оказывает вредное воздействие на нервную систему, печень и почки. Возможен смертельный исход. Пары вызывают раздражение слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

### **Острые отравления**

Ощущается запах. Дыхание затруднено, появляется слабость, тошнота, сердцебиение, нарушение частоты пульса («приливы»), насморк, кашель, резь в глазах, слезотечение. Острые поражения могут привести к поражению печени (гепатопатия, дистрофия) и почек (нефропатия, дистрофия, некроз и, как следствие, нарушение процесса фильтрации). Происходит снижение иммунитета. Вызывают снижение активности холинэстеразы крови.

### **Действие на кожу**

Жидкие вещества или концентрированные растворы вызывают сильное жжение и покраснение кожи, после смывания с кожи остаются мелкие кровозлияния. Длительное время сохраняются болевые ощущения.

### **Распределение в организме**

До 80—90 % вещества метаболируется, остальное вещество выводится из организма с мочой.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующий противогаз, защитный костюм типа КИХ-4, КИХ-5, КИХ-5М, Л-1, спецодежда, резиновые перчатки и сапоги. В случае возникнове-

ния пожара обязательно использование огнезащитного костюма. При относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи промыть водой или раствором слабых кислот (борной, лимонной, уксусной), а затем водой. Глаза промыть 2 % раствором борной кислоты. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке дать газу полностью выйти. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Использовать распыленную воду, пока газ не рассеется. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

Работы производить только под руководством специалистов.

## **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания сбить пламя водой. Действовать как при утечке. Использовать сухой песок, землю, порошки, химические и воздушно-механические пены.

В случае пожара изолировать зону в радиусе не менее 800 м. Убрать из зоны пожара, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть содержимому емкостей. Не приближаться к емкостям. Не прекращать горения содержимого, пока не будет устранена утечка. Тушить порошками, газовыми составами. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пары осаждают тонкораспыленной водой.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на колориметрии окрашенных растворов, образующихся при действии метиламина на 2,4-динитрохлорбензол (мешают другие амины жирного ряда, аммиак в количестве 5 мг в пробе).

Оба вещества могут быть идентифицированы по физическим свойствам их производных.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газов использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы; промыть большим количеством воды; покрыть воздушно-механической пеной. Территорию и поверхности техники обработать слабым раствором кислот (соляной, уксусной, лимонной и др.) Поврежденные баллоны вынести из опасной зоны и опрокинуть в емкости с водой или слабым раствором кислот.

## **2.26. Метилмеркаптан**

Метилмеркаптан (метилтиол, метанол, меркаптометан) применяется в производстве аминокислоты метионина, использующейся в качестве кормовой добавки. Он используется также в качестве одорирующей добавки к природному газу. Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$\text{CH}_3\text{SH}$ ,  $M = 48,10$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветный газ с резким неприятным запахом. При температуре + 5,95 °С сжижается, образуя легколетучую бесцветную подвижную жидкость (при хранении приобретает желтый цвет).

$T_{пл} = 152 \text{ }^{\circ}\text{K} (-121 \text{ }^{\circ}\text{C})$ ,  $T_{кип} = 278.96 \text{ }^{\circ}\text{K} (5.96 \text{ }^{\circ}\text{C})$ , плотность сжиженного газа  $0,8599 \text{ г/см}^3$  ( $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), упругость пара  $1050 \text{ мбар}$  ( $787,6 \text{ мм рт. ст.}$ ), относительная плотность пара  $1,66$ .

В воде растворим ограниченно ( $23,3 \text{ г/л}$  при  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), хорошо — в спирте и эфире.

В химическом отношении реакционноспособен, проявляет кислые свойства: реагирует со щелочными металлами, выделяя водород, с гидроксидами металлов образует меркаптиды; алкилируется, образуя тиоэфиры (сульфиды); с органическими кислотами, ангидридами и галойдангидридами кислот в определенных условиях образует эфиры тиокислот. Окисляется кислородом воздуха до дисульфида.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности  $2/2$ .

$\text{ПДК}_{рз} = 0,8 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{аб} = 0,00001 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{вв} = 0,0002 \text{ мг/л}$ . Порог восприятия запаха  $0,00001\text{—}0,0003 \text{ мг/м}^3$ .

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр и пламени. Разлитая жидкость быстро испаряется, выделяя легковоспламеняющиеся пары. Пары образуют в воздухе и опорожненных емкостях взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании, существует опасность взрыва порожних емкостей и взрывов в загазованных помещениях. Температура вспышки,  $T_{всп} = -17,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Температура самовоспламенения,  $T_{самовоспл} = 196,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; Предел взрываемости,  $\text{КПВ} = 3,8\text{—}21,8 \text{ } \%$  (объемный  $\text{ } \%$  в воздухе).

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, попадании во внутрь и на кожу. Раздражает глаза и верхние дыхательные пути. Пары вызывают рефлекторно тошноту и головную боль вследствие отвратительного запаха. Поражает центральную нервную систему. Обладает наркотическим эффектом, мышечной скованностью. Характерно судорожное действие.

## **Острые отравления**

Угнетение и расстройство дыхания, координации движений, тошнота, рвота, смерть наступает от остановки дыхания.

## **Действие на кожу**

Данных не обнаружено.

## **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления ингаляционный. Распределяется в организме во внутренних органах равномерно.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А, М, БКФ. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующий противогаз, защитный костюм типа КИХ-4, КИХ-5, КИХ-5М, Л-1, спецодежду, резиновые перчатки и сапоги. В случае возникновения пожара обязательно использование огнезащитного костюма. При относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи и глаза промыть водой или 2 % пищевой соды. Дать пить чай или кофе. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из



зоны разлива горючие вещества. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

Работы производить только под руководством специалистов.

## **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания сбить пламя водой. Действовать как при утечке. Использовать сухой песок, землю, порошки, химические и воздушно-механические пены.

В случае пожара изолировать зону в радиусе не менее 800 м. Убрать из зоны пожара, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть содержимому емкостей. Не приближаться к емкостям. Не прекращать горения содержимого, пока не будет устранена утечка. Тушить распыленной водой, воздушно-механической пеной, порошками, газовыми составами. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пары осажать тонкораспыленной водой.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе промышленной зоны наличие метилмеркаптана определяют с использованием (колориметрический метод): газоанализатора промышленных химических выбросов ГПХВ-2 с индикаторной трубкой в диапазоне измерений 1—50 мг/м<sup>3</sup>, универсального прибора газового контроля УПГК СИ «Лимб» в диапазоне измерений 1—50 мг/м<sup>3</sup>.

В закрытом помещении используется прибор СИП «Вега-М».

На открытых пространствах используется прибор «СИП «Корсар-Х».

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для нейтрализации могут быть использованы вещества щелочного характера: известковое молоко, растворы гидроксида натрия, сода. Небольшие количества могут быть окислены хлорной известью, ДТС-ГК или другими окислителями.

Для утилизации загрязненного грунта на месте разлива срезается грунт на всю глубину загрязнения. Весь зараженный грунт вывозится на утилизацию. Места срезов засыпают новым грунтом и промывают мыльной водой в контрольных целях.

## 2.27. Метил бромистый

Метил бромистый (метилбромид, бромметан) в соответствии с Монреальским протоколом поэтапно выводится из употребления. Применяется в химической промышленности как реагент для метилирования. Широко использовался как фумигант для сельскохозяйственных продуктов, для дезинфекции шерсти и т. п. Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула и молекулярная масса

$\text{CH}_3\text{Br}$ ,  $M = 94,94$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная подвижная жидкость в чистом виде без запаха.

$T_{пл} = 179,3$  °K (–93,7 °C),  $T_{кип} = 276,6$  °K (3,6 °C), плотность 1,730 г/см<sup>3</sup> (0 °C), показатель преломления 1,4492 (–20 °C), упругость пара 900 мбар (675,1 мм рт. ст.), относительная плотность пара 3,27.

Легко растворим в большинстве органических растворителей (спирте, эфире, бензоле, хлороформе), плохо — в воде (1,75 л при 20 °C в 100 г воды).

Реакционноспособен: легко гидролизуется спиртовой щелочью до метанола, метилирует амины, аммиак, меркаптаны и меркаптиды, металлоорганические соединения, соли минеральных и органических кислот, спирты и алкоголяты; образует металлоорганические соединения; с сероводородом образует меркаптаны и тиоэфиры; металлы, кроме щелочных, алюминия и магния, инертны к чистому и сухому бромистому метилу; на поверхности цинка, железа, олова образует этан (особенно в присутствии спирта); при высоких температурах разлагается с образованием бромистого водорода.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/1.

$\text{ПДК}_{рз} = 1,0$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{мр} = 0,01$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{сс} = 0,02$  мг/л.

### Взрыво- и пожароопасность

Жидкий бромистый метил не горит, газообразный бромистый метил в смеси с воздухом — взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Возможен смертельный исход при вдыхании и приеме внутрь. Действует через неповрежденную кожу. Обладает раздражающим действием на слизистые оболочки и кожу. Обладает слабым наркотическим действием, сильно действует на нервную систему. Больше всего поражается кора головного мозга и мозжечок. Обладает периодом скрытого действия. Расстройство нервной системы и заболевания почек остаются надолго после острого отравления. Предполагают, что бромистый метил вмешивается в процессы метилирования как метилирующий агент и инактивирует меркаптогруппы ферментов (гексигиназу). Нарушает обмен серотонина.

### **Острые отравления**

Обладает периодом скрытого действия от нескольких часов до 2—3 суток. Основными признаками поражения являются: вялость, головокружение, общая слабость, сонливость, двойное видение, головные боли, тошнота, рвота, расстройство равновесия. Затем могут развиваться судороги и потеря сознания. Дыхание глубокое, на губах пена, зрачки расширены и не реагируют на свет. Иногда расстройство речи и слуха, потеря чувствительности, повышенное кровяное давление. Возможен отек легких и анурия. При менее остро протекающих отравлениях типичны расстройство зрения, буйное возбуждение, галлюцинации, умственная скованность, боли в ногах, онемение конечностей, полное расстройство координации движений и речи, стойкие паразы некоторых нервных стволов, поражение почек с уремическими явлениями.

В более легких случаях — головные боли, головокружение, рвота, дрожание, сонливость, полная апатия.

Возможны тяжелые и смертельные отравления через кожу.

### **Действие на кожу**

Пары бромистого метила вызывают ожоги с образованием пузырей. Возможен дерматит (первоначально участки местной эритемы, на которых возникают пузырьки). Попадая на кожу, вызывает чувство сильного охлаждения. После исчезновения эритемы возможно образование телеангиэктазий. Заживление происходит через 1—2 недели с шелушением и пигментацией.

### **Поступление и распределение в организме**

Поступление в организм возможно через органы дыхания, пищеварения и кожу. Наибольшее содержание бромидов обнаружено во внутренних органах и крови.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующий противогаз, защитный костюм типа КИХ-4, КИХ-5, КИХ-5М, Л-1, спецодежда, резиновые перчатки и сапоги. В случае возникновения пожара обязательно использование огнезащитного костюма. При относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны, снять загрязненную одежду. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи и глаза промыть водой или 2 % пищевой соды. Дать пить чай или кофе. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить источники открытого огня. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

Работы производить только под руководством специалистов.

## **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания сбить пламя водой. Действовать как при утечке. Использовать сухой песок, землю, порошки, химические и воздушно-механические пены.

В случае пожара изолировать зону в радиусе не менее 400 м. Убрать из зоны пожара, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть содержимому емкостей. Не приближаться к емкостям. Не прекращать горения содержимого, пока не будет устранена утечка. Тушить распыленной водой, воздушно-механической пеной, порошками, газовыми составами. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пары осаждать тонкораспыленной водой.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на гидролизе бромистого метила моноэтиламином и определение иона брома по фольгарту или нефелометрически.

В помещениях используют специальный фонарь с медной проволокой: при наличии бромистого метила пламя окрашивается в цвет от желтого до голубовато-синего.

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Небольшие количества бромистого метила могут быть нейтрализованы спиртовыми растворами щелочей.

## **2.28. Метил хлористый**

Метил хлористый (хлорметан) используется в качестве растворителя при производстве бутылкаучука, инсектофунгицидов, для отделения масел, жиров, резинатов в продуктах перегонки нефти и получении пластмасс и фумигантов. Он применяется как метилирующий агент в органическом синтезе при получении тетраметилсвинца, метилцеллюлозы, кремнийорганических соединений (силанов). Кроме того, он широко используется в лакокрасочной промышленности.

Метил хлористый тяжелее воздуха, поэтому может скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

Хранение метила хлористого осуществляется в наземных горизонтальных цилиндрических (объемом 10—250 м<sup>3</sup>) резервуарах с коэффициентом заполнения 0.8 при температуре окружающей среды под давлением собственных паров (6—18 кгс/см<sup>2</sup>).

Транспортировка метила хлористого осуществляется в специально оборудованных железнодорожных цистернах, предназначенных для перевозки сжиженных газов, в баллонах и контейнерах емкостью 400, 800 и 1000 л.

### **Формула, молекулярная масса**

$\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $M = 50,49$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветный газ со сладковатым запахом.  $T_{пл} = 176,3$  °К ( $-96,7$  °С),  $T_{кип} = 296,76$  °К ( $23,76$  °С), показатель преломления 1,3712 ( $-23,7$  °С), плотность сжиженного газа 0,992, упругость пара 4100 мбар (3015,4 мм рт. ст., относительная плотность пара 1,74.

Хорошо растворим в органических растворителях (спиртах, эфире), плохо в воде (0,9 % при 15 °С).

Водородом восстанавливается до метана; водные и водно-спиртовые растворы щелочи образуют метиловый спирт; алкилирует аммиак, амины, меркаптаны и меркаптиды, металлорганические соединения, алкоголяты; в абсолютном эфире образует металлорганические соединения; в условиях реакции Фриделя-Крафтса алкилирует ароматические углеводороды; при нагревании на открытом пламени и контакте с раскаленным углем образует фосген.

### **Предельно допустимые концентрации.**

#### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности — 3 / 1. ПДК<sub>рз</sub> — 5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> — 0,06 мг/м<sup>3</sup>. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения — 0,06 мг/м<sup>3</sup>; средняя степень поражения — 1,50 мг/м<sup>3</sup>; опасность для жизни — 12 мг/м<sup>3</sup>. Средняя смертельная ингаляционная доза 700 мг·мин/л.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях могут образовываться взрывоопасные смеси. Существует опасность взрыва паров на воздухе, в помещении, опорожненной таре.

КПВ 7,1—18,5 объемных %.  $T_{самовоспл}$  паров 625 °С.  $T_{всп} = -20$  °С.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании — возможен смертельный исход. Ядовит при приеме внутрь. Действует преимущественно на нервную систему, имеет скрытый период действия. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек. Способность хлористого метила уменьшать количество глутатиона в эритроцитах является причиной развития анемий.

### **Острые отравления**

При остром отравлении оказывает наркотическое и выраженное нейротоксическое действие, поражает почки, печень, вызывает отек легких, является мутагеном.

Вдыхание паров вызывает головную боль, ощущение сетки перед глазами, головокружение, атаксию, резкое учащение пульса, повышение температуры тела, сонливость, боли в желудке, тошноту, рвоту, жидкий стул.

В случае тяжелых и смертельных отравлений — длительное бессознательное состояние с расширением зрачков, клиническими и ионическими судорогами. Иногда наблюдается расстройство речи, глотания, зрения. В тяжелых случаях возможно коматозное состояние.

После отравления возможны изменения психики; вялость, заторможенность, гипомимия, неразборчивая речь, страхи, подозрительность, оглушенность, бред.

### **Действие на кожу**

При контакте с жидким хлористым метилом — чувство обморожения, раздражение слизистых оболочек.

### **Попадание и распределение в организме**

Основной путь проникновения в организм человека — ингаляционный. Попадает в кровь и быстро из нее исчезает, равномерно распределяется в органах и тканях.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки А. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующий противогаз, защитный костюм типа КИХ-4, КИХ-5, КИХ-5М, Л-1, спецодежда, резиновые перчатки и сапоги. В случае возникновения пожара обязательно использование огнезащитного костюма.

При относительно небольших концентрациях возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека — надеть противогаз, вывести (вынести) из опасной зоны, снять загрязненную одежду. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. При сохранении сознания — обильное щелочное питье. Загрязненные участки кожи и глаза промыть водой или 2 % раствором питьевой соды. Отправить всех пораженных на медицинское обследование, транспортировка лежа.

## **Первоочередные действия в районе аварии**

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН, местные органы власти и МЧС. Эвакуировать людей из зоны возможного распространения токсичных веществ. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Использовать распыленную воду для осаждения газа. Убрать из зоны разлива горючие вещества. Устранить источники открытого огня. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Вывезти поврежденные емкости в безопасное место. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Не допускать попадания токсичных веществ и их растворов в водоемы, канализацию, тоннели и подвалы.

## **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания сбить пламя водой. Действовать как при утечке. Использовать сухой песок, землю, порошки, химические и воздушно-механические пены.

В случае пожара изолировать зону в радиусе не менее 800 м. Убрать из



зоны пожара, если это не представляет опасности, или дать возможность догореть содержимому емкостей. Не приближаться к емкостям. Не прекращать горения содержимого, пока не будет устранена утечка. Тушить распыленной водой, воздушно-механической пеной, порошками, газовыми составами. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пары осаждают тонкораспыленной водой.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе осуществляется колориметрическим методом по образованию окрашенного соединения при нагревании с хинолином. Чувствительность 1мкг в пробе.

Для определения метила хлористого в закрытом помещении используются приборы СИП «ВЕГА-М», на открытых пространствах — СИП «КОРСАР-Х».

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Небольшие количества хлористого метила могут быть нейтрализованы спиртовыми растворами щелочей (Внимание! Осторожно — образуется метанол).

## **2.29. Метилизоцианат**

Метилизоцианат используется в производстве гербицидов (например, карбарила, пропоксилура, карбофурана, альдикарба). Кроме того, изоцианаты применяются как сополимеры при производстве полиуретанов; в производстве искусственного волокна (перлон и др.), при получении пенопластов, для изготовления специальных клеев, лаков и т. п. Хранится и перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## **Формула, молекулярная масса**

$\text{CH}_3\text{N}=\text{C}=\text{O}$ ,  $M = 57,052$  г/моль.

## **Основные физические и химические свойства**

Жидкость с сильным резким запахом.  $T_{пл} = 318$  °K (–45 °C),  $T_{кип} = 312,1—313,1$  °K (39,1—40,1 °C), плотность ( $\rho_{20}^{ж}$ ) при 20 °C равна 0,958, показатель преломления 1,3697 (20 °C), давление пара  $513 \cdot 10^2$  Па (при 20 °C),  $\Delta H_{исп} = 500$  кДж/кг

(при 38 °С),  $C_p^0 = 2,01$  кДж/кг (при 20 °С). Относительная плотность паров по воздуху равна 1,96.

Метилизоцианат является простейшим представителем алифатических изоцианатов и обладает всеми характерными для данного класса веществ свойствами. В промышленности его получают парофазным фосгенированием гидрохлорида метиламина.

Реакционноспособен. Растворим в органических растворителях, реагирует с водой и спиртами. Гидролизруется водой и щелочами с образованием мочевины и первичных аминов. Реагирует с амидо- аминогруппами белков. С кислотами образует ангидриды. Легко полимеризуется в эфиры изоциануровой кислоты. С реактивами Гриньяра образует амиды.

### **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 1/1.

$ПДК_{рз} = 0,05$  мг/м<sup>3</sup>, ориентировочный уровень безопасного воздействия в атмосферном воздухе населенных мест (ОБУВ) 0,003 мг/м<sup>3</sup>.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при всех температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

$T_{всп} = -7$  °С.  $T_{воспла} = 517$  °С. Концентрационный предел распространения пламени от 5,30 до 26,0 (объемная доля, %) или от 123 до 605 мг/л.

### **Опасность для человека Общий характер действия**

Ядовит при вдыхании паров и действии через кожу; лакриматор. Раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. Характер поражающего действия во многом схож с таковым, наблюдающимся при поражении другими цианидами и изоцианидами. Может вызывать отек легких.

Изоцианаты вызывают развитие сенсибилизации (повышенная чувствительность к чужеродным веществам); возможно, вмешиваются в ряд обменных процессов; раздражают кожные покровы. У некоторых лиц может развиться повышенная чувствительность к токсикантам, с наличием большой вероятности перехода в бронхиальную астму.

**Острые отравления** (на основе вещества Толуилендиизоцианата  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4(\text{NCO})_2$  входящего в группу Изоцианатов)

**Для животных.** Вдыхание вызывает раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, кашель, слезотечение, затруднение дыхания, рвоту, вялость, потерю аппетита. У убитых и погибших животных — поражение слизистой верхних дыхательных путей, бронхиты, полнокровие, бронхопневмонии; отек легких. При введении в желудок — повреждение слизистой желудка и кишечника. Абсолютная смертельная концентрация при экспозиции 2 ч для белых крыс 0,4—0,77 мг/л. По другим данным такая концентрация переносится в течение 6 ч, а смерть при столь же длительном воздействии вызывает только концентрация 4,3 мг/л (расчетные данные). Половина крыс погибала после повторного вдыхания 0,065 мг/л.

**У кроликов** однократное 2-часовое вдыхание 0,07—0,12 мг/л вызывало лишь преходящее раздражение слизистых оболочек, вялость; при 40-минутном вдыхании 0,005 мг/л — небольшие колебания скорости развития рефлекторного мышечного напряжения. Обладает кумулятивным действием и вызывает развитие повышенной чувствительности животных.

Часть крыс погибала от однократного вдыхания концентрации 0,7 мг/л и при такой же экспозиции, животные погибали после 14—18 вдыханий 0,012—0,015 мг/л. Крысы переносили 3-кратное вдыхание паров, но половина их погибала затем после однократного вдыхания той же концентрации спустя 16 дней. Некоторые считают, что толуилендиизоцианат не является аллергеном, но при вдыхании паров или аэрозоля у *морских свинок* слизистая дыхательных путей очень быстро поражается, в силу чего возникающие воспалительные и грануломатозные изменения способствуют закупорке дыхательных путей, и, возможно, вместе с некоторым бронхоспазмом вызывают астмоидную одышку, а затем глубокие изменения в легких даже в отдаленные сроки. Пары вызывают более диффузные поражения, а аэрозоли — очаговые.

**Действие на кожу** (на основе вещества Толуилендиизоцианата  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4(\text{NCO})_2$ , входящего в группу Изоцианатов)

Нанесение *на кожу морских свинок* 10 % раствора вещества в диметилфталате вызывало раздражение кожи и развитие сенсибилизации. При наложении на кожу кроликам чистого вещества из расчета дозы 16 г/кг — глубокие повреждения кожи, приводившие к гибели, хотя и без уловимого изменения внутренних органов. Одна капля вещества, введенная в конъюнктивный мешок глаза кролика, вызывала немедленно воспаление со слезотечением.

Кожные поражения отмечались у работников лабораторий и у рабочих соответствующих цехов, в ряде случаев с развитием сенсибилизации. Кожные

тесты с некоторыми полиуретанами, содержащими вещество, не дали положительных результатов.

## **Поступление и распределение в организме**

Данных не обнаружено. Исходя из аналогии по результатам исследования воздействия цианидов и изоцианидов, можно предположить, что максимальное содержание циан ионов, вне зависимости от пути поступления, может быть обнаружено в головном мозгу, миокарде и мышечных тканях, а также в печени.

**Средства индивидуальной защиты человека** (на основе вещества Толуилендиизоцианата  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$ , входящего в группу Изоцианатов)

Целесообразно использовать комплекс средств индивидуальной защиты в зависимости от удаления от района аварии (изолирующий или фильтрующий противогаз марки В, фильтрующий противогаз типа БКФ. Разработана специальная шихта для противогаза с поглотителем В и АГ-4. При высоких концентрациях — шланговый противогаз с подачей воздуха (ПШ-2 и др.), защитный костюм, резиновые сапоги, перчатки, нагрудник, фартук, защитные очки, самоспасатели).

Для защиты органов дыхания следует пользоваться изолирующими или фильтрующими средствами защиты, строго соблюдая правила их эксплуатации. При ощущении запаха они подлежат немедленной замене.

С целью защиты глаз использовать защитные очки, а кожи рук — перчатки. Перчатки должны отвечать требованиям, предъявляемым к конкретным условиям работы (резиновые, полихлорвиниловые и т. п.). Работающим с изоцианидами запрещается принимать пищу и хранить личные вещи в зоне аварии, в том числе и в производственных помещениях. Обязательно мытье рук перед принятием пищи и курением.

При вдыхании пыли, содержащей вещество, респираторы типа Ф-45-К и др. При наличии тумана — респираторы с фильтрами для защиты от распыляемых красок (фильтры могут смачиваться водой, спиртом, глицерином).

Защитные очки и перчатки из натурального каучука, капрона, нейлона; нарукавники.

Спецодежда из бумажной ткани. Рекомендуется спецодежда белого цвета, сменяемая по мере загрязнения, шерстяные тонкие перчатки, поверх которых тонкие резиновые.

Силиконовые защитные мази; мытье рук поверхностно активными веществами в смеси со спиртом. Ожиряющие смазки после каждого мытья и после работы.

При опасности больших концентраций или контакта с жидким веществом

— прорезиненная одежда. Немедленное смывание вещества, попавшего на кожу, водой или спиртом (рекомендуют также бутилацетат) и смена одежды.

При попадании вещества в глаза — обильное промывание водой, вымывание растительным маслом.

Не допускать уборщиков к уборке вещества или полиуретановых смол на его основе, уборку должны производить сами работающие.

**Меры первой доврачебной помощи** (на основе вещества Толуилендиизоцианата  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$  входящего в группу Изоцианатов)

Вынести (вывести) пострадавшего на свежий воздух. Покой, тепло, чистая одежда. При попадании вещества на кожу немедленно освободить от загрязненной одежды, обмыть теплой водой и мылом. При попадании внутрь обильное питье, вызвать рвоту. При попадании в глаза промыть их теплой водой и раствором питьевой соды. Всех пораженных отправить на медицинское обследование.

**Первоочередные действия в районе аварии** (на основе вещества Толуилендиизоцианата  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$ , входящего в группу Изоцианатов)

### **Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400—500 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

#### ***Для работающих.***

Ознакомление рабочих с опасностью паров, тумана и пыли вещества. Проведение всех операций в герметизированной аппаратуре; по возможности не нагревать вещество выше 25 °С. Для освобождения аппаратуры от вещества применять водяной пар, быстро подвергающий вещество гидролизу; продувать аппаратуру до открывания. При опасности воздействия повышенных концентраций работа только в фильтрующем или шланговом противогазе; такая же защита при уборке аппаратуры. Пролитый или просыпанный продукт смывать при уборке горячей водой, щелочным раствором, изопропиловым спиртом,

соблюдая меры индивидуальной защиты. Уборочный материал и сам продукт не сжигать (выделяется белый ядовитый дым вещества); лучше закапывать. Вентиляция местная и общая от мест возможного выделения вещества и всех помещений, в том числе и мест хранения вещества, содержащих его продуктов, полуфабрикатов и т. д. применение, по возможности, в известной степени заполимеризованного вещества.

Маркировка тары с веществом и содержащими его лаками, клеями и т. п. надписями «Осторожно»; «Вдыхание паров опасно» и т. д. Предварительные и периодические медицинские осмотры. Противопоказания к приему на работу: аллергические состояния, бронхиальная астма; заболевание дыхательных путей; сердечно-сосудистые заболевания; заболевание глаз, любые поражения кожи; все заболевания, препятствующие ношению противогазов, респираторов.

### **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу, небольшие количества пролитой синильной кислоты быстро испаряются. Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне, устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную, специальную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать ее в свободную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательные службы. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и гражданской обороны. Эвакуировать людей из опасной зоны распространения паров. Установить контроль за движением зараженного воздуха. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. В случае заражения воды сообщить ЦСЭН.

### **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, кошму, покрывало, другие подручные средства, пользоваться огнетушителями марки ОП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Тушить огонь с максимально возможного расстояния. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механическими и химическими пенами с максимального расстояния. Организовать эвакуацию людей из зоны распространения паров вещества и продуктов горения.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Калориметрический метод основан на сочетании диизоцианатов с ароматическими аминами, приводящем к образованию производных мочевины. При

воздействии нитрита натрия образуется раствор, окрашенный в желтый цвет (одновременное определение гексаметилендиизоцианата и толуилendiизоцианата).

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Промытые поверхности техники и территории (отдельные очаги) обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды).

В качестве дегазаторов (нейтрализаторов) возможно использование щелочных растворов, так как он хорошо гидролизуетс водой и щелочами с образованием мочевины и первичных аминов.

## **2.30. Нитрил акриловой кислоты**

Нитрил акриловой кислоты (акрилонитрил, НАК) широко используется для получения синтетических волокон (орлон, витон, нитрон, дайне, кашмилон и др.); специальных бутадиеновых каучуков, различных пластмасс, эфиров акриловой кислоты, пластификаторов и других продуктов. Хранится и перевозится в жидком состоянии. Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах, тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$C_3H_3N$ ,  $M = 53.064$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветная прозрачная жидкость со слабым неприятным специфическим запахом:  $T_{пл} = 189,5$  °C ( $-83,5$  °C),  $T_{кип} = 350,5$  °K ( $77,5$  °C), плотность  $0,806$  г/см<sup>3</sup> ( $20$  °C), показатель преломления  $1,3911$  ( $20$  °C), упругость пара  $120$  мбар ( $50,01$  мм рт. ст), летучесть  $249$  мг/л ( $20$  °C), относительная плотность пара  $1,83$ .

В воде растворим умеренно ( $7$  % при  $20$  °C), с водой образует азеотроп ( $87,5$  % НАК,  $T_{кип} = 70,6$  °C), хорошо в спирте, эфире.

Нестабилен, (требует стабилизации), медленно гидролизруется водой с образованием амида акриловой кислоты; при полном гидролизе образует акриловую кислоту. Присоединяет галоинодоводороды, синильную кислоту, спирты, фенолы, сероводород, меркаптаны, оксимы, аммиак, амины, бисульфиты щелочных металлов. Легко полимеризуется в полиакрилонитрил, сополимеризуется с бутадиеном и его производными, винилхлоридом, метилметакрилатом, стиролом.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/1.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,003 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{вв}} = 2 \text{ мг/л}$ .  $\text{LD}_{100} = 150 \text{ мг/кг}$ .  $\text{LC}_{100} = 400 \text{ мг/м}^3$  (2 часовая экспозиция). Канцероген. Значение STEL в  $\text{мг/м}^3$  для разных стран (по RTECS: AT5250000, CAS 107-13-1: Швейцария — 13 (возможна абсорбция через кожу, канцероген); Франция — 32,6 (канцероген); Венгрия — 0,5 (возможна абсорбция через кожу, канцероген); Россия — 1,5 (возможна абсорбция через кожу); Нидерланды — 21,7 (возможна абсорбция через кожу); Финляндия — 8,7 (возможна абсорбция через кожу, канцероген).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков образуются взрывоопасные смеси. Горит с образованием токсичных газов (циана, оксидов азота). Над поверхностью разлитой жидкости имеет место горючая концентрация паров при температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

Температура вспышки  $T_{\text{всп}} = 0^\circ \text{C}$ , Температура самовоспламенения  $T_{\text{самовоспл}} = 481^\circ \text{C}$ . Пределы взрываемости в воздухе (КПВ) 3,05—17 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, ядовит при приеме внутрь, возможен смертельный исход. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи. Соприкосновение с жидкостью вызывает ожоги кожи и глаз. Действует через неповрежденную кожу.

Действие связано с отщеплением синильной кислоты (циан-иона), которая угнетает цитохромоксидазу, вызывает паралич дыхательных и сосудодвигательных нервов, переходит в роданиды. В неизменном виде блокирует меркаптано-группы белковых систем.



## **Острое отравление**

Запах ощущается при концентрации 0,008—0,04 мг/л, но к нему быстро наступает привыкание.

При концентрациях 0,3—0,5 мг/л (в течение 10 минут) — вызывает жжение слизистых верхних дыхательных путей и слезотечение. При концентрациях 0,035—0,22 мг/л (20—45 мин) — тупая головная боль, стеснение в груди, возбуждение и чувство страха, кожный зуд.

Симптомы острого отравления: головная боль, слабость, тошнота, рвота, головокружение, одышка, потливость, понос.

В тяжелых случаях — сильная одышка, судороги, цианоз, тахикардия, понижение температуры тела, потеря сознания.

### **Действие на кожу**

При очень кратком контакте и быстром удалении небольших количеств акрилонитрила с кожи заметных последствий не отмечается.

При длительном контакте — интенсивная краснота, жжение, в дальнейшем ожоги.

После 20—25-минутного воздействия паров (концентрация 0,3—0,5 мг/л) — сильный зуд кожи не только на открытых, но и на закрытых частях тела.

При кожной резорбции больших доз возможен смертельный исход.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2, маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. При возгорании – огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующие промышленные противогазы с патронами А, М, при наличии паров синильной кислоты — марки В и специальная защитная одежда: резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник.

Для защиты населения и их экстренной эвакуации (при малых концентрациях) возможно использование аварийных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм человека (надеть противогаз) и вывести (вынести) пострадавшего из зоны химического заражения.

Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Мгновенно дышать амилнитритом на ватке в течение 15—30 секунд, повторять каждые 2—3 минуты. При попадании внутрь обильное питье воды или раствора перманганата калия (1 г на 1 л воды), вызвать рвоту. При попадании в глаза промыть их теплой водой и раствором питьевой соды. При попадании на кожу удалить ватным тампоном, смоченным в этиловом спирте и промыть пораженное место водой с мылом. При ожогах наложить асептическую повязку. Всех пораженных отправить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медобследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и работы в опасной зоне. Эвакуировать людей из зоны возможного заражения. Устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке оградить земляным валом, разлившуюся жидкость перекачать в исправную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. Произвести нейтрализацию и обезвреживание остатков вещества и загрязненных участков, транспортных средств, почвы, оборудования.

## **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, кошму, покрывало, другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, пенами и порошками. Эвакуировать людей из зоны распространения токсичных продуктов, образующихся при испарении и горении.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на разложении акрилонитрила в щелочной среде (при нагревании) с выделением аммиака и последующего его определения.

Чувствительность 1,5 мкг в анализируемом объеме. Определение в воде — после азеотропной дистилляции и проведением реакции с тиодигликолевой кислотой. Чувствительность 1 мг/л.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Промытые поверхности техники и территории (отдельные очаги) обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Отдельные очаги территории обработать раствором, содержащим два объема 10 % раствора сульфата железа и один объем 10 % раствора гашеной извести.

## **2.31. Окись углерода**

Окись углерода (оксид углерода, угарный газ) применяется как одно из исходных соединений, лежащих в основе современной промышленности органического синтеза. Используется для восстановления металлов из их оксидов, для получения карбониллов металлов, карбонилхлорида, карбонилсульфида, ароматических альдегидов, формамида, муравьиной кислоты, гексагидроксibenзола, хлорида алюминия, метилового спирта, а также в реакциях карбонилирования (в которых СО взаимодействует с ненасыщенными органическими соединениями) и гидроформилирования. Из смеси СО и Н<sub>2</sub>, можно получать синтетический бензин, синтол (смесь карбоновых кислот, спиртов, альдегидов, кетонов и углеводов). Как исходный продукт для синтезов, требующих совместного присутствия СО и Н<sub>2</sub> применяют водяной газ. Для синтеза муравьиной кислоты применяют воздушный газ. В составе генераторных газов СО используется как топливо. Хранится и перевозится в сжатом и сжиженном состоянии. В аварийных ситуациях имеет тенденцию скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

CO,  $M = 28,01$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Оксид углерода — газ без запаха и цвета, плотность 1 л газа при 0 °C и 760 мм рт. ст. 1,25001 г,  $T_{кип} = 81,7$  °K (–191,3 °C),  $T_{пл} = 68,1$  °K (–204,9 °C). Относительная плотность по воздуху 0,967. При обыкновенной температуре не сжижается.

Оксид углерода малорастворим в воде (2,3 объема в 100 объемах воды при 20 °C); лучше растворим в спирте (20,4 объема в 100 частях спирта при 25 °C). Оксид углерода сравнительно хорошо растворим, особенно под давлением, в растворах дихлорметана, гидроксиаммония, в соляной кислоте. При низкой температуре оксид углерода достаточно инертен; при высоких температурах и в присутствии катализаторов легко вступает в различные реакции, в особенности в реакции присоединения: образует карбонилы металлов при взаимодействии с железом, никелем; реагирует с гидроксидами щелочных металлов, образуя соли муравьиной кислоты, хлором — фосген, серой — серооксид углерода, аммиаком — амидмуравьиной кислоты, ацетиленом — акриловую кислоту, предельными углеводородами — альдегиды, тетрагидрофураном — адипиновую кислоту, этиленовыми углеводородами — спирты. Восстанавливается водородом, образуя различные продукты: метиловый спирт, метан, бензин (синтин), синтол, альдегиды. Обладает восстановительными свойствами: из оксидов металлов при нагревании в атмосфере оксид углерода при 300—1500 °C получают кобальт, медь, железо, свинец, марганец, молибден, никель, серебро, олово. При нагревании угарного газа с калием (80 °C) образуется калиевая соль гексаоксидбензола.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 4/4. ПДК<sub>рз</sub> = 20 мг/м<sup>3</sup> (в течение рабочего дня), 50 мг/м<sup>3</sup> (в течение 60 мин\*), 100 мг/м<sup>3</sup> (в течение 30 мин\*), 200 мг/м<sup>3</sup> (в течение 15 мин\*). ПДК<sub>мр</sub> = 5,0 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> = 3,0 мг/м<sup>3</sup>. Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации, мг/м<sup>3</sup>: легкая головная боль, нарушение работоспособности 220—300 (в течение 1—6 часов); явные признаки отравления, тошнота, головная боль, сердцебиение 340—660 (в течение 1—5 часов); сильная головная боль, слабость, головокружение, туман перед глазами, тошнота, рвота, учащение пульса 800—1150

\* Повторные работы в условиях повышенного содержания CO в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее 2 часов.

(в течение 3—4 часов); потеря сознания, коллапс, может наступить смерть 1800—2300 (в течение 1—1,5 часов); слабый пульс, замедление и остановка дыхания, смерть 3400—5700 (в течение 20—30 минут). В атмосфере высоких концентраций окиси углерода возможна апоплексическая форма отравления, отличающаяся молниеносным характером течения.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Почти не поглощается активным углем, горит синим пламенем с образованием  $\text{CO}_2$  и выделением тепла. Легко воспламеняется от искр и пламени. Газ образует с воздухом взрывоопасные смеси. Смесь двух объемов СО и одного объема кислорода взрывается при зажигании. Существует опасность взрыва газа на воздухе, помещениях, в порожних емкостях. Емкости могут взрываться при нагревании.

$$T_{\text{всп}} < 191^\circ\text{C}. T_{\text{самовоспл}} = 605^\circ\text{C}. \text{КПВ} = 12,5\text{—}74,2\%.$$

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Оксись углерода способна оказывать непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода. СО соединяется с железосодержащими биохимическими системами тканей — не только с гемоглобином, но и с миоглобином. Он ингибирует активность гемоглобина, миоглобина и некоторых дыхательных ферментов — цитохромов, взаимодействует с восстановленной формой пероксидазы, каталазой, тирозиназой и сукцинатдегидрогеназой в печени, сердце и в мозге.

Хроническое отравление СО может развиваться без аноксемии. СО влияет на углеводный обмен, усиливая распад гликогена в печени, нарушая утилизацию глюкозы, повышая уровень сахара в крови и в ликворе и вызывая появление сахара в моче.

При остром отравлении СО повышается общее содержание катехоламинов в ткани мозга, молочной кислоты в крови крыс, развивается молочнокислый ацидоз, возрастает активность гликолитических ферментов в эритроцитах. СО нарушает фосфорный обмен, сильно возбуждает каротидные хеморецепторы; нарушение азотистого обмена вызывает азотемию, изменение содержания белков плазмы, снижение уровня витамина  $\text{B}_6$  и активности ацетилхолинэстеразы крови; угнетение активности липазы и нарушение липоидного обмена сопровождается повышением содержания липидов в плазме и способствует усиленному отложению холестерина в стенках сосудов.

Снижает порог фибрилляции желудочков сердца, оказывает кардиодепрессивное действие, повышает свертываемость крови и проницаемость стенок

сосудов, увеличивает выделение эритропоэтина почками, стимулирует эритропоэз.

Особенно чувствительны молодые люди и беременные женщины. Тяжело переносят отравление алкоголики, курящие и лица с заболеваниями системы кровообращения.

Возможны только ингаляционные отравления.

## **Острые отравления**

Легкие отравления протекают без потери сознания или с кратковременным обмороком, могут сопровождаться сонливостью, тошнотой, иногда рвотой.

Отравления средней тяжести характеризуются более или менее длительной потерей сознания; после выхода из него сохраняется общая слабость, могут быть провалы памяти, двигательные расстройства, судороги.

При тяжелых отравлениях потеря сознания длится более 2 часов, развиваются клонические и тонические судороги, непроизвольное мочеиспускание и дефекация.

При вдыхании не слишком больших концентраций (до 1000 мг/м<sup>3</sup>) — тяжесть и ощущение сдавливания головы, сильная боль во лбу и висках, головокружение, шум в ушах, покраснение и жжение кожи лица, дрожь, чувство слабости и страха, жажда, учащение пульса, пульсация височных артерий, ощущение недостатка воздуха, тошнота, рвота. В дальнейшем, при сохранении сознания — оцепенелость, слабость и безучастность (человек не может сам выйти из опасной зоны); затем нарастают сонливость и оцепенение или же спутанность сознания и опьянение; может повышаться температура до 38—40 °С. В типичных случаях пораженный теряет сознание. Кома длится часто 1—2 дня. Одышка может длиться часами и даже сутками и заканчивается смертью.

Последствиями острого отравления могут быть: продолжительные головные боли и головокружение. В тяжелых случаях — повторяющиеся обмороки, энцефалопатии, глубокий ступор и кома. Иногда нарушение функции кишечника и мочевого пузыря. Наблюдаются ухудшение зрения, остроты слуха, нарушение функций вестибулярного аппарата, трофические расстройства кожи, волос, ногтей, поражение органов дыхания, мышц, суставов и другие нарушения.

## **Действие на кожу**

Действие на кожу не отмечено.

## **Поступление и распределение в организме**

Кроме поступления ингаляционным путем СО образуется в организме человека как продукт катаболизма гемма и перекисления липидов. Основной

путь поступления — ингаляционный. Поступление СО из легких в кровь обусловлено концентрацией СО во вдыхаемом воздухе и длительностью ингаляции, диффузионной способностью легких, легочным кровообращением, содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе, интенсивностью легочной вентиляции.

В организме СО связывается с ионом  $\text{Fe}^{2+}$  гемоглобина. При остром отравлении около 13 % СО соединяется в скелетных мышцах и миокарде с миоглобином, образуя  $\text{COMb}$ ; часть СО (при хроническом отравлении до 25—30 %) связывается с негемоглобиновым железом, содержание которого в плазме возрастает при повторных подострых и хронических отравлениях. СО обнаруживается даже в ткани печени, почек, мозга, в спинномозговой жидкости. От 0,1 % до 3,3 % общего количества СО, поступающего в организм человека, окисляется до  $\text{CO}_2$ . Этот процесс катализируется цитохромоксидазой, активность которой, в свою очередь, ингибируется СО.

Выделение СО происходит главным образом через дыхательные пути: 60—70 % выделяется человеком после острого отравления в течение первого часа, в дальнейшем выделение продолжается 3—4 часа. При хроническом отравлении содержание СО в крови остается иногда повышенным длительное время, и выделение из организма в этих случаях растянуто. Незначительна экскреция через желудочно-кишечный тракт и почки (моча содержит комплексное соединение СО с железом).

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При выполнении работ, сопровождающихся выделением окиси углерода в концентрациях, превышающих допустимый уровень, следует пользоваться фильтрующим противогазом марки СО или марки М. Время защитного действия при концентрации СО в воздухе  $6,2 \text{ г/м}^3$  соответственно 150 и 90 минут. Для экстренной эвакуации возможно использование фильтрующих и изолирующих самоспасателей.

Применение этих фильтрующих противогазов и самоспасателей допускается при наличии в воздухе 18 % кислорода и не более 0,5 % СО. При более высоких концентрациях необходимо использовать только изолирующие противогазы.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Пострадавшего как можно скорее вынести из зоны химического заражения в лежачем положении (даже если он еще в состоянии передвигаться сам). Если этого сделать быстро нельзя, прекратить дальнейшее поступление СО в организм пострадавшего (надеть средство защиты органов дыхания — вспомогательный кислородный респиратор и т. п.). Ввести антидот (ацизол). Ос-

вободить от стесняющей дыхание одежды. Придать телу удобное положение. Покой. Остерегаться охлаждения. Согревание. (Нужна осторожность при применении грелок: у пораженных имеется склонность к ожогам, кровоподтекам, трофическим поражениям.) Возможно более раннее и длительное вдыхание кислорода. Искусственное дыхание по показаниям.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне. Устранить источники огня и искр. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Не прикасаться к пролитому веществу. Использовать распыленную воду для осаждения газа.

Вывезти поврежденные емкости (баллоны) в безопасное место.

### **При возгорании и пожаре**

При возгорании — сбить пламя водой. Действовать как при утечке.

При пожаре по возможности убрать емкости (баллоны) из зоны пожара, если это не представляет опасности. При горении — дать возможность догореть. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Пламя тушить тонкораспыленной водой, воздушно — механической пеной с максимального расстояния.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе. Определение колориметрическим методом.

Хроматографическое определение, основанное на применении газо-абсорбционной и газожидкостной хроматографии на приборе с аргонно-ионизационным детектором или на приборе с катарометром и пламенно-ионизационным детектором с дифференциальной системой газоснабжения. Может



быть определен: газоанализатором «Паладий-3» в диапазоне 0,5—500 мг/м<sup>3</sup>; универсальным газоанализатором «УГ-2» в диапазоне 5—120 мг/м<sup>3</sup>; индикаторной трубкой «ГХПВ-2» в диапазоне 0,5—500 мг/м<sup>3</sup>.

Качественное определение основано на сильной восстановительной способности окиси углерода. Исследуемый газ встряхивают с раствором хлористой (одновалентной) меди в аммиаке и затем с раствором хлорида палладия. При наличии окиси углерода образуется черный осадок металлического палладия.

Возможно применение индикаторной бумажки, пропитанной хлористым палладием.

Рекомендован реактив на окись углерода — гуламит, представляющий собой пензу, пропитанную раствором пентоксидадинода в дымящей серной кислоте; при наличии окиси углерода реактив меняет окраску (индикаторная трубка с тремя черными кольцами).

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для рассеивания (изоляции) газов использовать распыленную воду. Специальной обработки не требуется. Возможно проведение частичной санитарной обработки открытых участков кожи и слизистых оболочек или помывка пораженных после оказания им неотложной помощи.

## **2.32. Окись этилена**

Окись этилена (этиленоксид, эпоксиэтан, оксидан) является одним из важнейших продуктов основного органического синтеза. Мощности по производству окиси этилена в мире составляют свыше 14 млн тонн в год. Окись этилена широко используется в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности для производства гидротормозных жидкостей, поверхностно-активных веществ, этиленгликолей, антифризов, растворителей, пластификаторов, мономеров для синтетических волокон, полиэфирных смол и пенопластов. Окись этилена может быть использована в качестве стерилизующего средства в медицине, для производства полиэтиленоксида, деэмульгаторов нефти, фумигантов, полиэтилентерефталата и других веществ.

Окись этилена хранится в сжатом или сжиженном состоянии, транспортируется в специальных теплоизолированных железнодорожных цистернах под избыточным давлением азота 2,8—3,5 кгс/см<sup>2</sup>, или в стальных баллонах вместимостью 150, 200 дм<sup>3</sup>.

Газ тяжелее воздуха, скапливается в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$C_2H_4O$ ,  $M = 44,054$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная, легкоподвижная жидкость, в обычных условиях газ с эфирным запахом, напоминающим запах картофельной ботвы.  $T_{пл} = 161,3$  °K (–111,7 °C),  $T_{кип} = 283,5$  °K (10,5 °C), плотность сжиженного 0,899 (0 °C), показатель преломления 1,3640 (7 °C), упругость пара 1440 мбар (1080,1 мм рт. ст.), относительная плотность пара 1,52.

Оксид этилена хорошо растворим в воде, спиртах, эфире, углеводородах, хлороформе, четыреххлористом углероде, диоксане, ацетоне и др. растворителях.

Высокорекреационное соединение. Для окисления этилена характерны реакции присоединения, сопровождающиеся размыканием цикла, однако многие реакции протекают при участии катализаторов.

Гидролизуются при нагревании в автоклаве выше 100 °C, в присутствии серной или фосфорной кислот при 50—90 °C, образуя этиленгликоль. Присоединяет спирты, аммиак, амины, галогенводородные кислоты, синильную кислоту. С органическими кислотами и их ангидридами дает сложные моно — и диэфиры этиленгликоля.

В присутствии хлористого олова или трехфтористого бора конденсируется с альдегидами и кетонами в циклические ацетали и кетали.

Присоединяется к эфирам аминокислот, натрий-налоновому или натрий-ацетоуксусному эфиру, образуя лактоны. Конденсируется с амидами и имидами кислот, с мочевиной. Реагирует с магнием органическими соединениями. Вступает в реакции Фриделя-Крафтса при взаимодействии с бензолом и толуолом.

Реагирует с сероводородом над оксидом алюминия (350—450 °C), образуя тиофен.

Восстанавливается амальгамой до этилового спирта. Легко полимеризуется и димеризуется. С ацетиленом в присутствии амида натрия образует 3-бутинол.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/1.  $ПДК_{рз} = 1$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мр} = 0,3$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 0,03$  мг/м<sup>3</sup>. Порог восприятия запаха от 1,5 до 1600 мг/м<sup>3</sup>. Раздражение слизистой глаз 1 мг/м<sup>3</sup> (человек).

Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: по-

роговая степень поражения 30 мг/м<sup>3</sup>; средняя степень поражения 70 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 800 мг/м<sup>3</sup>. Значение STEL в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: KX2450000, CAS 75-21-8): Швейцария — 9,0 (возможна абсорбция через кожу, канцероген); Франция — 20,0 (канцероген); Венгрия — 1,0 (канцероген).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Существует опасность взрыва газа на воздухе и в помещениях. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси.

$$T_{\text{всп}} = 17,8^{\circ}\text{C}. T_{\text{самовоспл}} = 429^{\circ}\text{C}. \text{КПВ} = 2,6\text{—}100 \text{ \%}.$$

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании. Ядовит при приеме внутрь. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи. Соприкосновение с жидким продуктом вызывает ожоги кожи и глаз. При утечке загрязняет водоемы.

Наркотик с сильной специфической ядовитостью, обладает сенсibiliзирующим действием.

## **Острые отравления**

После вдыхания паров окиси этилена в течение 1 минуты — легкое сердцебиение, подергивание мышц, покраснение лица, позже — головные боли, нистагм, понижение слуха и ацидоз.

Нахождение в течение 10 минут в атмосфере, содержащей окись этилена, вызывает сильную рвоту, головокружение, сладкий привкус во рту, нарушения сердечной деятельности, иногда потерю сознания.

При остром отравлении основные жалобы на внезапную пульсирующую головную боль, головокружение, неуверенность в ходьбе, затруднение речи, иногда повторную рвоту, расстройство сна, боли в ногах, вялость, скованность. Вялая реакция зрачков на свет, бедная мимика, асимметрия иннервации лицевых мышц, монотонная речь, снижение или отсутствие коленных и ахилловых рефлексов, иногда патологические рефлексы. Иногда: акроцианоз, потливость, повышенная мышечная возбудимость; у некоторых больных спазмы сетчатки, увеличение печени.

## **Действие на кожу**

Резко раздражает кожу, хорошо проникает через одежду, перчатки, обувь. Обычно при попадании на кожу после скрытого периода образуются пузыри.

Через 1—5 часов после минутного контакта с кожей 50 % раствора окиси этилена — отек, мелкие пузырьки, которые через 6—12 часов исчезают. Повышение температуры с развитием жжения, красноты, пузырей на фоне отека при работе со смесью окиси этилена и бромистого метила.

## **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм человека — ингаляционный. Данных по распределению вещества в организме человека не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При работе в районе аварии изолирующий противогаз, защитный костюм, специальная защитная одежда. В зоне химического заражения возможно использование фильтрующих промышленных противогазов марок М, БКФ. Самая тщательная защита кожи и глаз. Спецодежда, перчатки и обувь из непромокаемых и, по возможности непроницаемых для окиси этилена тканей. При относительно небольших уровнях концентрации вещества в воздухе возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм человека (надеть противогаз). Вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Удалить продукты, попавшие на кожу, тампоном, смоченным спиртом, затем обильно промыть водой с мылом и смазать ланолином. При попадании в глаза — немедленное обильное и длительное (10—15 мин) промывание проточной водой или 2 % раствором питьевой соды.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. Организовать эвакуацию людей из зоны распространения окиси этилена в опасных концентрациях. В зону

аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне.

Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную специальную емкость с соблюдением мер предосторожности. По возможности вывезти груз в безопасное место.

При интенсивной утечке — дать газу полностью выйти. Проливы окиси этилена обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы, тоннели, подвалы, канализацию.

Вынести поврежденные баллоны в безопасное место и опрокинуть их в емкость с водой.

### **При возгорании и пожаре**

При возгорании сбить пламя водой. Действовать как при утечке.

При пожаре изолировать опасную зону в радиусе 800 м. По возможности убрать окись этилена из зоны пожара, если это не представляет опасности, дать возможность догореть. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Не прекращать горения, пока не устранена утечка. Тушить тонкораспыленной водой и воздушно-механической пеной с максимального расстояния.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на гидратации окиси этилена до тиодигликоля, окисления последнего до формальдегида и последующим калориметрическом определении. Мешают формальдегид, этиленгликоль.

Химический контроль за воздухом осуществляется использованием сигнализатора термохимического «Щит-2» и пневмоакустического эксплозиметра «Трель-1».

### **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для рассеивания (изоляции) газов использовать распыленную воду. Место разлива покрыть инертным материалом, воздушно-механической пеной. Поверхности техники, территории обработать щелочным раствором (известко-

вым молоком, раствором кальцинированной соды). Поврежденные баллоны вынести из опасной зоны и опрокинуть в емкость с водой или слабым раствором щелочи.

Нейтрализация окиси этилена возможна использованием 25 % водного раствора аммиака (на 1 т окиси этилена 2 т водного раствора аммиака).

## 2.33. Олеум

Раствор серного ангидрида в концентрированной серной кислоте (Олеум) используется в производстве минеральных удобрений (суперфосфата, сульфата аммония и др.), различных кислот (соляная, борная, плавиковая и др.), сульфатов, пластических масс, красителей, для осушки газов в машиностроении, для травления металлов в цветной металлургии, для разложения комплексных руд и др.

Олеум высокопроцентный хранят в емкостях из стали или специальной стали, как не футерованных, так и футерованных кислотоупорным кирпичом или кислотоустойчивым материалом. Олеум транспортируется в специальных железнодорожных цистернах с устройством для подогрева.

Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$ ,  $M = 178,14$  г/моль (при соотношении 1:1).

Массовая доля свободного серного ангидрида ( $\text{SO}_3$ ) в улучшенном продукте от 24 до 65 %. При соотношении  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{SO}_3 = 1:1$ , содержание  $\text{SO}_3 \sim 45$  %.

### Основные физические и химические свойства

Олеум — тяжелая дымящая маслянистая жидкость от светло-серого до темно-серого цвета или с коричневым оттенком с плотностью 1,88—2,02 г/см<sup>3</sup>,  $T_{\text{пл}} = 138\text{—}263$  °К (–10—35 °С),  $T_{\text{кип}} = 331\text{—}414$  °К (58—140 °С). При нагреве олеума до температуры кипения выделяется белый дым, температура кипения растет, пока не прекратится выделение триоксида серы. Оставшийся гидрат с содержанием 98,3 % серной кислоты кипит при температуре 338 °С.

Упругость пара триоксида серы при 20 °С около 253 мбар (189,78 мм рт. ст.), а его летучесть составляет 830,98 мг/м<sup>3</sup> при 20 °С (расчетное значение).

Пары триоксида серы в воздухе поглощают влагу и образуют туман, состоящий из серной кислоты. Образующийся при этом аэрозоль серной кислоты и обеспечивает ингаляционные поражения людей.

Растворы олеума в воде — серная кислота — реакционноспособное соединение: корродирует большинство металлов, реагирует с гидроксидами и оксидами металлов, превращая их в соли. Вытесняет практически все другие кислоты из их солей.

Сильный окислитель. При растворении в воде (при попадании воды в емкость) выделяет большое количество тепла и брызг.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 1,0 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$  (по серной кислоте).  $\text{LC}_{50} = 320 \text{ мг/м}^3$  (мыши),  $510 \text{ мг/м}^3$  (крысы).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Негорюч. Воспламеняет органические растворители и масла. Способен взрываться в смеси с органическими веществами. При взаимодействии с металлами образует воспламеняющиеся и токсичные газы. Емкости могут взрываться при нагревании. Обезвоживает дерево, повышая его способность к горению.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при ингаляционном воздействии, попадании на кожу, слизистые и внутрь организма. В случае ингаляции проявляется преимущественно раздражающий эффект. В случае местной аппликации наблюдается выраженный раздражающий и прижигающий эффекты.

## **Острые отравления**

Восприятие запаха и раздражения слизистой наблюдаются при концентрациях  $0,6\text{—}0,85 \text{ мг/м}^3$ . Острое отравление сопровождается: першением в горле, чувством удушья, увеличением частоты и затруднением дыхания, сухим кашлем, раздражением слизистой оболочки глаз, носа, одышка, клочущее дыхание. Нередко развиваются ларингит, трахеит, бронхит. При высоких концентрациях серной кислоты — отек гортани, спазм голосовой щели, отек легких, иногда их химический ожог, рвота, часто наступают явления асфиксии или шок со смертельным исходом. При попадании внутрь — ожог губ, кожи подбородка, слизистой ротовой полости, пищевода, боли в полости рта и пищевода, в желудке, резкие боли за грудиной, мучительная рвота с кровью, охриплость голоса, возможен спазм и отек гортани.

## **Действие на кожу**

Сильное жжение, кислота быстро проникает в глубину тканей, при этом образуется струп, приобретающий затем темно-красный цвет. После отпадения струпа обнаруживаются изъязвленные светло-красные поверхности. Заживление сопровождается образованием каллоидных рубцов буро-фиолетового цвета. Длительность заживления ожогов в среднем составляет 1,5 месяца.

## **Поступление и распределение в организме**

Частицы аэрозоля откладываются в дыхательных путях в соответствии со своими размерами: менее крупные проникают в дистальные отделы респираторного тракта, где в значительной степени фагоцитируются альвеолярными макрофагами, либо транспортируются мукоцилиарным аппаратом в интерстициальную ткань, лимфатическую или кровеносную систему. Выделение происходит главным образом через кишечник и почки.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующие промышленные противогазы с патроном А.

Для защиты населения и их экстренной эвакуации (при малых концентрациях) возможно использование аварийных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного (надеть противогаз) и вывести (вынести) его из зоны заражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Глаза (при широко открытых веках) и кожу промыть 2 % содовым раствором или большим количеством воды в течение 15 минут, затем наложить асептическую повязку. Срочная госпитализация.

После приема кислоты внутрь — обильное питье (вода, молоко с несколькими взбитыми яйцами). Противошоковая терапия, при начинающемся отеке гортани — адреналин 1,0 мл 1:1000 раствора. Срочная госпитализация, кислород во время транспортировки.



## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 100 м и не допускать в нее посторонних. Откорректировать указанный радиус по результатам химической разведки. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Оказать первую помощь пострадавшим, направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии, емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Пролиты оградить земляным валом, засыпать щелочным или инертным материалом (известняк, зола), залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности. Убрать по возможности из зоны аварии горючие материалы и металлические изделия, или защитить от попадания на них вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, канализацию.

Эвакуировать людей из зоны распространения паров вещества. Использовать распыленную воду или известковый раствор для осаждения паров.

### **При возгорании и пожаре**

Олеум не горюч. При пожаре необходимо охлаждать емкости водой с максимально возможного расстояния. Не допускать попадания воды в емкости.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе. Раздельное определение аэрозоля кислоты и оксида серы (IV) основано на поглощении аэрозоля кислоты фильтром АФА-ХА и колориметрии серной кислоты по реакции с иодид-иодатом; диоксид серы поглощается хлоратом калия и определяется нефелометрически.

Фотометрический метод определения тумана серной кислоты и оксида серы (IV) основан на переведении аэрозоля из воздуха в малые объемы воды и фототурбидиметрическом определении этих компонентов в виде взвеси сульфата бария в присутствии этилового спирта и этиленгликоля в конечном объеме 2 см<sup>3</sup>; чувствительность определения серной кислоты 0,5 мкг.

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания (изоляции) газов использовать распыленную воду или известковый раствор. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер предосторожности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды, соприкосновения с материалами, загрязненными нефтепродуктами и маслами. Грунт после нейтрализации перекопать. Поверхности техники, территории обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды).

В качестве нейтрализаторов и дегазаторов используются щелочные реагенты: сода, известь, гидроксиды металлов, аммиачная вода, известняк.

## 2.34. Сероводород

Сероводород (сернистый водород) применяется в химической промышленности, главным образом для получения серной кислоты, элементарной серы и сульфидов. В процессах органического синтеза используется для получения тиофена и меркаптанов. В медицине используется как лечебное средство (бальнеотерапия).

Перевозится и хранится в сжиженном и сжатом состояниях. Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах, тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{H}_2\text{S}$ ,  $M = 34,081$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

При обычных условиях бесцветный газ с характерным резким запахом тухлых яиц. Легко сжижается в бесцветную жидкость.  $T_{пл} = 187,6$  °K (–85,6 °C),  $T_{кип} = 212,8$  °K (–60,38 °C), плотность газа составляет 1,538 г/л (25 °C). Плотность жидкого сероводорода 0,938 г/см<sup>3</sup> (–81 °C).

Упругость пара 17,7 мбар (12751,7 мм. рт. ст.), относительная плотность пара 1,19.

Растворимость газообразного сероводорода в воде невысока и составляет 0,378 % (20 °C), на 1 объем воды растворяется 2,91 объема газа. Растворимость в органических растворителях значительно выше (в спирте 7,42 объема газа на 1 объем спирта при 20 °C).

При обычной температуре сероводород устойчив. Термическая диссоциа-

ция начинается при температуре свыше 400 °С, при температуре 1690 °С полностью разлагается на водород и серу.

Сильный восстановитель. На воздухе постоянно окисляется до серы. На воздухе горит, образуя воду и сернистый газ. В растворах (даже в воде) окисление идет интенсивнее.

Легко окисляется галогенами, восстанавливая их в галогидводородные кислоты. Сильные окислители окисляют его до серной кислоты. Действует на большинство металлов, особенно легко при повышенной температуре и в присутствии влаги, образуя сульфиды. Щелочные металлы образуют гидросульфиды.

Сухой сероводород не реагирует с такими металлами, как ртуть, серебро, медь, но в присутствии воздуха и влаги скорость реакции повышается.

Сероводородная кислота принадлежит к слабым кислотам, реагирует с гидроксидами некоторых металлов, образуя средние и кислые соли, вытесняя угольную кислоту из ее солей, реагирует с аммиаком.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 3/1.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 10 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$ . Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения 30 мг/м<sup>3</sup>; средняя степень поражения 100 мг/м<sup>3</sup>; Тяжелая степень поражения, опасность для жизни — 500 мг/м<sup>3</sup>. Порог ощущения запаха 0,012—0,03 мг/м<sup>3</sup>.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горючий газ. Образует с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости (баллоны) могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образует взрывоопасные смеси. Легко загорается и горит бледно-голубым пламенем.

$T_{\text{самовоспл}} = 270,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , КПВ = 4,3—45,5 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Раздражающий и удушающий газ, вызывает поражение нервной системы, дыхательных путей и глаз. Высокие дозы оказывают действие, сходное с эффектом цианидов, ингибируя цитохромоксидазу, сукцинатдегидрогеназу, нарушая процессы тканевого дыхания; возможно прямое поражение ЦНС с параличом дыхательного центра. Снижает иммунобиологическую реактивность организма, способствует увеличению общей неспецифической заболеваемости, в том числе, катаром верхних дыхательных путей, ангинами, пневмонией,

неврозами и др. Обладает кожно-резорбтивным и эмбриотропным действием. Загрязняет водоемы.

## **Острые отравления**

Под острым отравлением подразумеваются эффекты ингаляционного воздействия (секунды, минуты) в концентрациях около  $1400 \text{ мг/м}^3$ , быстро вызывающего дыхательные расстройства.

Подострое отравление — более длительное (до нескольких часов) воздействия сероводорода в концентрациях  $140\text{—}1400 \text{ мг/м}^3$ . Наиболее выраженной симптоматикой является: поражение глаз, хотя раздражение глаз может наблюдаться через несколько часов и дней.

При остром отравлении в легкой форме наблюдается: раздражение слизистой оболочки глаз, носа, глотки, боль и резь в глазах, слезотечение, светобоязнь, блефароспазм, боль за грудиной, кашель.

Отравления средней тяжести: головная боль, головокружение, неустойчивая походка, тошнота, рвота, коликообразные боли в животе, понос, состояние оглушения или возбуждения, обмороки. Быстро развивается бронхит, бронхопневмония, отек легких, расстройство сердечной деятельности с падением артериального кровяного давления.

Тяжелые поражения — быстрая и глубокая потеря сознания, судороги, угнетение рефлексов, галлюцинации, расстройства сердечной деятельности и дыхания, отек легких. Коматозное состояние может завершиться смертельным исходом или сменяется двигательным возбуждением с последующим глубоким сном.

При воздействии очень высоких концентраций может возникнуть молниеносная форма отравления — приводит к мгновенной смерти от паралича дыхательного центра.

## **Действие на кожу**

Вызывает ожоги кожи, протекающие легко, без островоспалительных процессов, но с образованием струпа.

При контакте со слизистой глаз — явления кератоконъюнктивита (резь в глазах, слезотечение, блефароспазм, на фоне резких болевых ощущений, фотофобия).

## **Поступление и распределение в организме**

Поступает в организм через дыхательные пути, в незначительных количествах может проникать через кожу. В организме сероводород быстро окисля-

ется до сульфатов, которые выводятся с мочой. Через легкие выделяется 7 % поступившего сероводорода.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

В районе аварии — изолирующий противогаз и спецодежда. При возгорании огнезащитный костюм. Фильтрующий противогаз марки КД, защитный костюм, резиновые сапоги, перчатки. Для обеспечения эвакуации населения возможно использование самоспасателей. Смена противогазов осуществляется при появлении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм человека (надеть противогаз) и вывести (вынести) пострадавшего из зоны заражения. Пострадавших, находящихся без сознания, в случае рвоты необходимо уложить на бок в безопасной позе. Снять зараженную одежду, кожные покровы промыть большим количеством воды с мылом. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Глаза и кожу промыть 2 % раствором пищевой соды или длительное промывание (не менее 15 мин) водой. Кислород, искусственное дыхание (по показаниям).

Теплое молоко с содой. Поместить в темном помещении. На глаза примочки 3 % раствора борной кислоты.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. В случае интенсивной утечки дать газу полностью выйти. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить работу в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности. По возможности отвезти груз в безопасное место. При интенсивной утечке для осаждения газа использовать распыленную воду. Не допускать попадания вещества в тоннели, подвалы, канализацию. Место разлива жидкого газа обваловать и залить известковым раствором соды или каустика.

## **При возгорании и пожаре**

При возгорании сбить пламя водой, действовать как при утечке.

При пожаре не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости воды с максимального расстояния. Не прекращать горения, пока не будет устранена утечка. Тушить пламя тонкораспыленной водой, пеной, порошками с максимального расстояния. Пары осаждать тонкораспыленной водой.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В воздухе. Фотометрический метод основан на реакции восстановления сероводородом раствора молибдата аммония молибденовой сини; предел обнаружения 1 мкг в анализируемом объеме пробы.

Фотометрический метод основан на образовании метиленовой сини при взаимодействии сероводорода с N, N'-диметил-и-фенилендиамином в кислой среде в присутствии железа (III) и на последующей калориметрии; чувствительность 1,0 мкг в анализируемом объеме.

Метод, основанный на поглощении сероводорода на твердом сорбенте (сульфат магния, импрегнированный ацетатом цинка по его каталитическому действию на иодоазидную реакцию). Чувствительность метода 0,005 мг/м<sup>3</sup>.

Метод определения сероводорода в воздухе, основанный на улавливании его сорбционной трубки с пленкой водно-цериновой суспензии гидрооксида кадмия и последующей реакции образующегося сульфида кадмия с раствором N, N'-диметил-и-фенилендиамина гидрохлорида в присутствии хлорида железа.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газов использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы; промыть большим количеством воды; покрыть воздушно-механической пеной. Промытые поверхности техники и территории обработать слабым щелочным

раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поврежденные баллоны вынести из опасной зоны и опрокинуть в емкость с водой или слабым раствором щелочи.

В качестве нейтрализаторов и дегазаторов использовать щелочные реагенты и растворы на их основе: известковое молоко, сода, гидроксид натрия, аммиачная вода.

## 2.35. Сероуглерод

Сероуглерод (сернистый углерод) применяется в технике в качестве растворителя и экстрагента. Он широко используется в текстильной промышленности при получении вискозы, кроме того, его широко применяют для получения различных химических веществ (ксантогенатов, четыреххлористого углерода, роданидов).

Перевозится и хранится в жидком состоянии. Тяжелее воздуха, скапливается в низких участках поверхности, подвалах, тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{CS}_2$ ,  $M = 76,131 \text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная жидкость с приятным запахом. Под действием света, особенно ультрафиолетового, частично разлагается; продукты разложения придают сероуглероду желтый цвет и отвратительный запах.

$T_{пл} = 161,3 \text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $-112,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{кип} = 319,4 \text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $46,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Плотность  $1,293 \text{ г/см}^3$  ( $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Упругость пара  $400 \text{ мбар}$  ( $300 \text{ мм рт. ст.}$ ), летучесть  $1250,1 \text{ мг/л}$  при  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (расчетная), относительная плотность пара  $2,64$ .

Прекрасный растворитель жиров, смол, масел, каучука; растворяет серу, фосфор, йод, нитрат серебра. С эфиром, спиртом, хлороформом смешивается во всех отношениях. Растворимость в воде крайне мала (в  $100 \text{ г}$  воды растворяется  $0,26 \text{ г}$  сероуглерода при  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $0,19 \text{ г}$  при  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

При обычной температуре вода его не разлагает, разложение начинается при  $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$  с образованием сероокиси углерода, сероводорода, окиси углерода. Взаимодействует с некоторыми сульфидами, образуя соли тиоугольной кислоты, реагирует с аммиаком. Спиртовые растворы щелочей с сероуглеродом образуют ксантогенаты.

Сильные окислители разлагают сероуглерод с выделением серы (гипохлориты, перманганат). При действии галогенов в присутствии катализаторов об-

разует тиофосген или четыреххлористый углерод. Сера при этом превращается в монохлорид.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2 / 2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 1 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,03 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{вв}} = 1 \text{ мг/л}$ .

Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень поражения  $70 \text{ мг/м}^3$ ; средняя степень поражения  $750 \text{ мг/м}^3$ ; тяжелая степень поражения, опасность для жизни —  $15000 \text{ мг/м}^3$ . Порог ощущения запаха  $0,08 \text{ мг/м}^3$ .

### **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняется от искр, пламени и при нагревании. Может взрываться от нагревания и при воспламенении. Вновь воспламеняться после тушения пожара. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков сероуглерода образуются взрывоопасные смеси. Существует опасность взрыва паров на воздухе, в помещении и порожних емкостях.

$T_{\text{всп}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .  $T_{\text{самовоспл.}} = 102 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . КПВ = 1—60 %.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действия**

Политропный яд. Обладает наркотическим действием. Поражает ЦНС, периферическую нервную систему, вызывая функциональные нарушения по типу неврастения или церебрастения и органические расстройства по типу энцефалополиневрита. Вызывает нарушения сердечно-сосудистой системы с непосредственным воздействием на сердце и экстракардиальными ангиодистоническими расстройствами. Поражает желудочно-кишечный тракт, вызывая хронические гастриты, язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, токсические гепатиты с нарушениями белковообразовательной, детоксикационной и пигментной функции печени.

### **Острые отравления**

При тяжелом поражении — явление наркоза. После нескольких минут вдыхания сероуглерода в концентрациях выше  $10 \text{ мг/л}$  человек теряет сознание.



Если пострадавший не удален из опасной зоны, развивается кома, сопровождаемая угнетением сухожильных, роговичных и зрачковых рефлексов. Кома может закончиться смертью при явлениях прекращения сердечной деятельности. Выход из коматозного состояния не редко сопровождается психомоторным возбуждением, одновременно могут наблюдаться рвота, атаксия.

При средней тяжести отравления — состояние наркоза характеризуется вначале фазой возбуждения. Наблюдается покраснение кожи лица, состояние эйфории, беспричинный смех, головокружение, атаксия, головная боль, тошнота, рвота, иногда судороги, расстройства слуха. В более тяжелых случаях иногда наблюдаются немотивированные поступки и поведение, может развиваться бредовое состояние, галлюцинации. Фаза возбуждения обычно сменяется угнетением, сопровождающимся потливостью, общей заторможенностью и апатией. Возможно стойкое поражение ЦНС.

Легкое отравление — симптомы раздражения верхних дыхательных путей, чувство опьянения, продолжительная головная боль, парестезии, снижение кожной чувствительности.

После приема внутрь возникает приступ озноба, рвота, слизистый понос с примесью крови.

### **Действие на кожу**

При продолжительном контакте с кожей возникают гиперемия, болезненность, могут появляться пузыри, как при термическом ожоге.

### **Поступление и распределение в организме**

Легко проникает в кровь через дыхательные пути и кожу. Часть вещества, не вступившего в реакцию, растворяется в жидкостях организма. Сероуглерод накапливается в печени, мышцах, селезенке, крови, легких, мозге, почках, сердце и быстро исчезает из органов почти полностью.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП – 4М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании — огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: специальный защитный костюм Л-1 или Л-2 с изолирующим противогазом типа ИП-4М. При средних концентрациях фильтрующие промышленные противогазы с патроном А.

Для защиты населения и их экстренной эвакуации (при малых концентрациях) возможно использование аварийных самоспасателей. Смена противогаза при ощущении запаха.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) пораженного на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Глаза и загрязненные участки кожи промыть водой. Покой, тепло, чистая одежда. При попадании в желудок принять активированный уголь. Кислород, искусственное дыхание по показаниям. Всех пораженных направить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 300 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспортных средств и проведение работ в опасной зоне. Удалять источники огня, искр, тепла. Устранить течь, если это не вызывает опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности и условий смешения жидкостей. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать в свободную, исправную емкость. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы. Оповестить об опасности взрыва и отравления местные органы власти. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. В случае загрязнения воды сообщить в ЦСЭН. Небольшие утечки залить известковым молоком, промыть большим количеством воды. Вынести поврежденные упаковки в безопасное место, перелить в запасную емкость.

## **При возгорании и пожаре**

При возгорании использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства.

При пожаре не приближаться к горящим емкостям, дать возможность догореть до конца. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния. Организовать эвакуацию людей из близлежащих зданий с учетом направления движения токсичных продуктов горения.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Метод газожидкостной хроматографии; отбор проб проводят без концентрирования, предел обнаружения 0,002 мкг в анализируемом объеме пробы или 0,4 мг/м<sup>3</sup> (при вводе 5 мл воздуха).

В воде. Колориметрический метод основан на реакции сероуглерода с диэтиламином, а затем с ацетатом меди, образованием диэтил-дитиокарбаната меди, раствор которого может иметь интенсивный желто-коричневый цвет; чувствительность метода 1,0 мг/л.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для рассеивания (изоляции) паров использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации, соблюдая меры пожарной безопасности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть моющими композициями; обработать содержащими «активный хлор» растворами (хлорная известь, ДТСГК). Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды, обработать хлорной известью или ДТСГК, почву перепахать.

## **2.36. Фенол**

Фенол (гидроксibenзол, карболовая кислота) применяют в промышленности для производства фенолформальдегидных смол, пластмасс, капролактама, красителей, пестицидов, алкилфенолов (используются как присадки к бензинам, маслам и основа ПАВ), лекарств, взрывчатых веществ и других продуктов. Фенол применяют как антисептик. Хранится и перевозится в твердом, расплавленном и жидком состоянии (водный раствор).

## Формула, молекулярная масса

$C_6H_5OH$ ,  $M = 94,114$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветные, розовеющие на воздухе кристаллы с характерным запахом. Обычно фенол используют в водном растворе, причем небольшое количество воды служит для «разжижения» большого количества фенола. Его температура плавления  $T_{пл} = 314$  °K (40.9 °C), а температура кипения  $T_{кип} = 455$  °K (181.9 °C). Его плотность при температуре 313 °K (40 °C) равна 1,059. В холодной воде он малорастворим, но уже при 70 °C растворяется в любых отношениях.

Химические свойства фенола обусловлены наличием в его молекуле гидроксильной группы и бензольного ядра, которые взаимно влияют друг на друга. Наличие гидроксильной группы представляет сходство фенола со спиртами. Влияние бензольного ядра на гидроксильную группу обуславливает большую подвижность ее водородного атома. Поэтому фенол, в отличие от спиртов, реагирует со щелочами, т. е. обладает свойствами слабых кислот. Обладая слабокислотными свойствами, при действии щелочей образуются — феноляты. При действии брома образуется трибромфенол, который используют для получения антисептика — ксероформа.

Фенол иногда называют карболовой кислотой. Это объясняется тем, что бензольное ядро оттягивает к себе электроны кислородного атома гидроксильной группы. Чтобы компенсировать это, атом кислорода сильнее притягивает к себе электронную плотность от атома водорода. Вследствие этого ковалентная связь между атомами кислорода и водорода становится более полярной, а атом водорода — более подвижным. Гидроксильная группа, в свою очередь придает атомам водорода большую подвижность в положении 2, 4, 6.

Фенол чистый (*Phenolum purum*, *Acidum carbolicum crystallisatum*). Бесцветные тонкие длинные игольчатые кристаллы или бесцветная кристаллическая масса со своеобразным запахом. На воздухе постепенно розовеет. Растворим в воде (1:20), легко растворим в спирте, эфире, жирных маслах.

Растворы фенола обладают сильной бактерицидной активностью в отношении вегетативных форм микроорганизмов; на споры влияют слабо.

Применяют в виде 3 % или 5 % раствора для дезинфекции предметов домашнего и больничного обихода, инструментов, белья, выделений и т. п. Для дезинфекции помещений применяют мыльно-карболовый раствор. Фенол используют также в целях дезинсекции; применяют фенольно-керосиновые, фенольно-скипидарные и другие смеси.

В фармацевтической практике используют фенол (0,5—0,1 %) для консервирования лекарственных веществ, сывороток, свечей и др.

В медицинской практике фенол назначают иногда при некоторых кожных заболеваниях (сикоз и др.) и при воспалительных заболеваниях среднего уха.

### **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности 2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 1 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр1}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,003 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{вв}} = 0,001 \text{ мг/л}$ . Фенолы (карболовая кислота, лизол, гвая-кол). Смертельная доза карболовой кислоты: 10 г.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Воспламеняется от открытого пламени. Пыль и пары могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нагревании. Емкости могут взрываться при нагревании.

$T_{\text{всп}} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{воспл}} = 595 \text{ }^\circ\text{C}$ , КПВ = 0,3—2,4 %.

### **Опасность для человека Общий характер действия**

Фенол действует на кожу и слизистые оболочки как раздражающее и прижигающее средство, легко через них всасывается и в больших дозах может вызвать токсические явления (головокружение, общая слабость, расстройства дыхания, коллапс). Фенол не следует поэтому применять при распространенных поражениях кожи и слизистых оболочек.

При использовании фенола следует учитывать, что он легко адсорбируется пищевыми продуктами.

### **Острые отравления**

При поражении фенолом наблюдаются диспепсические явления (расстройство пищеварения, тошнота, рвота, отрыжка и т. п.), боли за грудиной и в животе, рвота с примесью крови, жидкий стул.

Для легких отравлений характерны головокружение, оглушенность, головная боль, резкая слабость, цианоз, нарастающая одышка.

При тяжелых отравлениях быстро развивается коматозное состояние, для которого характерно сужение зрачков, нарушение дыхания по типу механической асфиксии (аспирация рвотных масс, западение языка). Преобладают явления наркотического поражения центральной нервной системы. Через 2—3 суток возможно развитие острой почечной недостаточности, особенно при обширных ожогах кожи лизолом или раствором карболовой кислоты. Типична темная моча в результате окисления на воздухе выделяемых с ней продуктов

фенола. Смерть наступает от паралича дыхания и падения сердечно-сосудистой деятельности.

### **Действие на кожу**

Фенол легко всасывается в организм человека через неповрежденную кожу. Может вызвать химический ожог. При пожаре возможны ожоги и травмы.

### **Поступление и распределение в организме**

Поступление в организм человека возможно через органы дыхания и кожные покровы. Очень быстро фенол всасывается даже через неповрежденные участки кожи и уже через несколько минут начинает воздействовать на ткани головного мозга. Данных о распределении фенола в организме человека не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом ИП-4М. При возгорании – дополнительно огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: защитный общевойсковой костюм Л-1 или Л-2 в комплекте с промышленным противогазом с патроном В с аэрозольным фильтром, БКФ. Промышленный противогаз малого габарита ПФМ-1 с универсальным защитным патроном ПЗУ, маслобензостойкие перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для защиты населения при малых концентрациях возможно использование эвакуационных самоспасателей.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества. Вынести (вывести) пострадавшего на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Обеспечить покой, тепло и чистую одежду.

Восстановление нарушенного дыхания — туалет полости рта и др. Осторожное промывание желудка через зонд теплой водой с добавлением 2 столовых ложек активированного угля или жженой магнезии. Солевое слабительное. Жиры в том числе касторовое масло, противопоказаны! При попадании фенола на кожу удалить одежду, соприкасавшуюся с ядом, обмыть кожу оливковым (растительным) маслом.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому или просыпанному веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Проливы и просыпы оградить земляным валом, засыпать инертным материалом, собрать в защищенные от коррозии емкости. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

### **При возгорании и пожаре**

Горюч. Воспламеняется от открытого пламени. Тушить всеми имеющимися подручными средствами. Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами, порошками. Организовать эвакуацию людей из близлежащих зданий с учетом направления движения токсичных продуктов горения.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

В настоящее время в природных и сточных водах используются фотоколориметрические, фотометрические, флуорометрические и хроматографические методы. При этом наиболее широко используются жидкостные и ионные хроматографы («Цветяуза», «Хромос ЖХ-301»).

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для осаждения (рассеивания, изоляции) использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности (просыпи собрать) с соблюдением мер предосторожности. Места разлива изолировать песком, промыть большим количеством воды, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники обработать моющими композициями. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды; почву перепахать.

## 2.37. Формальдегид

Формальдегид (муравьиный альдегид, метаналь) находит широкое применение в химической, металлургической, текстильной, деревообрабатывающей, резиновой, фармацевтической, парфюмерной, бумажной промышленности, в сельском хозяйстве, медицине и фотографии. Он используется в органическом синтезе, в производстве синтетических смол и пластмасс, искусственных волокон, взрывчатых веществ, удобрений, пеногасителей, для синтеза многих лекарственных средств и красителей, для дубления кож. Его используют как дезинфицирующее, антисептическое и дезодорирующее средство, восстановитель, коррозионный ингибитор, латексный коагулянт, консервирующее средство в продуктах питания. Пары тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{CH}_2\text{O}$ ,  $M = 30,026 \text{ г/моль}$ .

### Основные физические и химические свойства

Бесцветный газ с резким раздражающим запахом.  $T_{пл} = 156 \text{ °K}$  ( $-118 \text{ °C}$ ),  $T_{кип} = 254 \text{ °K}$  ( $-19,2 \text{ °C}$ ). Плотность сжиженного формальдегида  $0,9151 \text{ г/см}^3$  ( $-80 \text{ °C}$ ),  $0,8153 \text{ г/см}^3$  ( $-20 \text{ °C}$ ). Относительная плотность пара 1,03. Хорошо растворим в воде (35—40 % раствор в воде — называют формалином), спиртах; умеренно растворим в бензоле, эфире, хлороформе; нерастворим в петролейном эфире.

Весьма склонен к полимеризации при пониженной температуре и наличии полярных примесей, образуя, в зависимости от условий, полиформальдегид, параформ, триоксан, тетраоксиметилен. Реакционноспособен: сильный восстано-



витель (восстанавливает серебро, платину, золото, висмут) из их солей, окисляясь при этом в муравьиную кислоту. Восстанавливается до метанола. Вступает в реакции сополимеризации. Энергично реагирует с водой, спиртами, сероводородом, синильной кислотой, сульфитом натрия, первичными и вторичными аминами, мочевиной. В присутствии извести конденсируется в полиоксальдегиды. Вступает в реакции хлорметилирования. Присоединяется по кратным связям.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/2.  $\text{ПДК}_{\text{РЗ}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{МР}} = 0,035 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{СС}} = 0,03 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{ВВ}} = 0,01 \text{ мг/л}$ .

Зарубежные стандарты. В Болгарии и Венгрии  $\text{ПДК}_{\text{МР}} = 0,035 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{СС}} = 0,012 \text{ мг/м}^3$ ; в Польше соответственно 0,05 и 0,02  $\text{мг/м}^3$ ; в Чехии и Словакии — 0,05 и 0,015  $\text{мг/м}^3$ ; в Германии  $\text{ПДК}_{\text{РЗ}} = 0,6 \text{ мг/м}^3$ ; в Финляндии  $\text{ПДК}_{\text{РЗ}} = 2,5 \text{ мг/м}^3$ .

Возможность поражающего действия в зависимости от концентрации: пороговая степень тяжести поражения — 0,012  $\text{г/м}^3$ ; средняя степень тяжести — 0,025  $\text{г/м}^3$ ; смертельная — 0,310  $\text{г/м}^3$ .

Значение STEL в  $\text{мг/м}^3$  для разных стран (по RTECS: LP8925000, CAS 50-00-0: Швейцария — 1,2; Франция — 3,0; Великобритания — 2,5; Венгрия — 0,6 (канцероген); Австралия — 3,0 (канцероген); Бельгия — 2,5 (канцероген); Нидерланды — 3,0; Финляндия — 1,3 (возможна абсорбция через кожу), Дания — 0,4 (канцероген).

Воздействие формальдегида в течение 6 минут в концентрации 1,25  $\text{мг/м}^3$  вызывает раздражение слизистых глаз, а при повышении концентрации раздражение носит ярко выраженный характер.

Комбинированное действие формальдегида с фенолом, ацетоном, акриловым альдегидом, с озоном и диоксидом азота характеризуется суммацией токсических эффектов. Суммация отмечена и при действии формальдегида с оксидом углерода и гексаном.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Существует опасность взрыва газа на воздухе и в помещениях. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при всех температурах окружающей среды равной температуре вспышки жидкости и выше.

$T_{\text{всп}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .  $T_{\text{самовоспл}} = 430 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . КПВ = 7—73 %.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Опасен при вдыхании, проглатывании, попадании на кожу и слизистые.

Вещество раздражает глаза, кожу и дыхательные пути. Вызывает дегенеративные изменения (процессы) в паренхиматозных органах, сенсibiliзирует кожу, действует на ЦНС, особенно на зрительные бугры, поражает сетчатку глаз, обладает общим токсическим действием. При попадании через органы дыхания может вызвать отек легких.

### **Острые отравления**

Острая интоксикация характеризуется раздражением слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, рвотой, поражением дыхательного тракта и центральной нервной системы. Отмечается разбухание или разрастание слизистой оболочки носовых раковин, закупорка носовых ходов, слезотечение, рези в глазах, першение в горле, в груди, кашель, одышка, удушье. Одновременно нарастает общая слабость, потливость, головная боль; иногда возникает головокружение, чувство страха, шаткая походка, судороги, гиперемия кожи лица, слизистых оболочек зева и носа, носовые кровотечения.

При приеме внутрь возникает резкая боль в горле, повторные рвоты, коматозное состояние.

### **Действие на кожу**

Вызывает заболевание ногтей (размягчение, ломкость, болезненность ногтевого ложа), боли в концах пальцев, пузырьчатые высыпи на коже, крапивница по всему телу, уменьшение потоотделения на соприкасающихся с ним участках тела.

Такие заболевания могут вызвать растворы, содержащие 0,015 % формальдегида.

### **Поступление и распределение в организме**

Быстро и полно впитывается при любом пути поступления в организм. Обнаруживается в костном мозге, печени. Метаболизируется до метилового спирта и муравьиной кислоты.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для аварийных бригад — изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом ИП-4М или дыхательным аппаратом

АСВ-2. При возгорании — огнезащитный костюм. Фильтрующий промышленный противогаз с патроном марки В, спецодежда, защитный общевойсковой костюм марки Л-1 или Л-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутылкаучука, специальная обувь. Для обеспечения эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ яда в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух, обеспечить покой, тепло, чистую одежду. Снять загрязненную одежду. Глаза, кожу и слизистые промыть 2 % раствором соды или большим количеством воды в течение нескольких минут.

Вдыхание водяных паров с добавлением нескольких капель нашатырного спирта в первые минуты, увлажненный кислород. Дать пить молоко, сырые яйца. Пораженных направить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Пролитые отходы оградить земляным валом. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

## При возгорании и пожаре

Использовать химические и воздушно-пенные огнетушители.

Не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе основано на реакции формальдегида с фуксиновой кислотой в кислой среде, с хромотроповой кислотой. Чувствительность метода 0,3 мг/м<sup>3</sup>.

Флуорометрический метод, основанный на реакции формальдегида с ацетилацетоном. Чувствительность 0,1 мкг в пробе.

Может быть идентифицирован по физико-химическим характеристикам его производных:

по формальдимедону —  $T_{пл} = 191\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

по фенилгидразону —  $T_{пл} = 1145\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

по семикарбазону —  $T_{пл} = 169\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для качественного определения формальдегида служит реакция с фенилгидразином и феррицианатом калия — красное окрашивание в щелочной среде; с морфином — розовое окрашивание, переходящее в фиолетовое, чувствительность 1:250000.

Количественно формальдегид определяют иодометрически, окислением перекисью водорода и др. методами.

## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания (изоляции) паров использовать распыленную воду. При пониженных температурах вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнением, собрать и вывезти для утилизации, соблюдая меры пожарной безопасности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть моющими композициями, щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поверхность территории (отдельные очаги) обработать щелочным раствором, выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды. Почву перепахать.

## 2.38. Фосген

В промышленности фосген (хлорангидрид угольной кислоты, карбонил-хлорид, хлорокись углерода) используется при производстве растворителей, пластмасс, синтетических каучуков и волокон, красителей, производных мочевины, фармацевтических препаратов, поликарбонатов и др.

Хранится и транспортируется в жидком (сжиженном) и сжатом состоянии. Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{COCl}_2$ ,  $M = 98,91$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная подвижная, легко испаряющаяся жидкость с удушливым неприятным запахом прелого сена, соломы. При нормальных условиях ( $273,15^\circ\text{K}$ ,  $P = 101325$  Па) его плотность составляет: жидкого ( $\rho_0^{\text{ж}}$ ) —  $2,03$  г/см<sup>3</sup>; в паровой фазе ( $\rho_0^{\text{п}}$ ) —  $4,411 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>.  $T_{\text{пл}} = 145^\circ\text{K}$  ( $-128,15^\circ\text{C}$ ),  $T_{\text{кип}} = 280,8^\circ\text{K}$  ( $7,65^\circ\text{C}$ ).

Плотность паров на воздухе  $3,42$ . Упругость пара  $1,56$  бар при  $20^\circ\text{C}$  ( $1173$  мм рт. ст.), летучесть при  $20^\circ\text{C}$   $4122$  мг/л.

Плохо растворим в воде, в органических растворителях — хорошо (бензол, толуол, ксилол и др.). В химическом отношении реакционноспособен. Вода вступает в реакцию гидролиза с фосгеном, образуя хлористый водород и углекислый газ. Влага воздуха пары фосгена разлагает медленно. Едкие щелочи моментально гидролизуют фосген. С аммиаком легко образует мочевины и хлористый аммоний, а с аминами, в зависимости от условий, — алкил (арил) замещенные мочевины, изоцианаты. Со спиртами образует карбонаты и хлоркарбонаты.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/1.  $\text{ПДК}_{\text{РЗ}} = 0,5$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{\text{СС}} = \text{ПДК}_{\text{МП}} = 0,003$  мг/м<sup>3</sup>.

При длительном воздействии максимально переносимая концентрация  $4,0$  мг/м<sup>3</sup>, опасна для жизни  $5,0$  мг/м<sup>3</sup>. Минимальные концентрации, вызывающие сразу раздражение в зеве (ощущение першения в горле), —  $12,5$  мг/м<sup>3</sup>, раздражение глаз —  $16$  мг/м<sup>3</sup>, кашель —  $19$  мг/м<sup>3</sup>. При 30—60 минутном воздействии опасны для жизни  $50,0$  мг/м<sup>3</sup>, смертельная концентрация  $100,0$  мг/м<sup>3</sup>. Чувствительность по запаху  $4,4$ — $5,0$  мг/м<sup>3</sup>.

Значения STEL для Финляндии — 0,2 мг/м<sup>3</sup> (возможна абсорбция через кожу).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит и не воспламеняется при любых условиях. Смеси паров с воздухом не взрывоопасны. Емкости могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действий**

Фосген опасен только при ингаляции. Пары фосгена вследствие незначительной растворимости в воде проникают в глубокие отделы респираторного аппарата и поражают легочную ткань. Его воздействие приводит к нарушению проницаемости стенок альвеол и кровеносных сосудов, в результате чего жидкая часть крови (плазма) выходит в полость альвеол и развивается отек легких. Наступает кислородное голодание организма, усиливающееся в связи с замедлением кровообращения.

Обладает периодом скрытого действия. Типичный представитель отравляющих веществ удушающего действия. Обладает незначительным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

## **Острые отравления**

Порог обонятельного ощущения — 0,004 мг/л. Однако на обонятельный нерв фосген влияет так, что в дальнейшем обоняние притупляется, и запах перестает ощущаться даже при более высоких концентрациях. Малые концентрации фосгена влияют на вкусовые ощущения.

В случае острой интоксикации организма наблюдается несколько периодов, характеризующихся специфической симптоматикой и течением отравления.

Рефлекторный период контакта с парами фосгена характеризуется: ощущением запаха прелого сена, соломы. Наблюдается незначительная резь в глазах и легкое слезотечение; насморк; неприятный привкус во рту; слюнотечение; отвращение к табаку и табачному дыму; чувство першения в горле; стеснение в груди; сухой кашель; учащенное дыхание; уменьшение частоты биения пульса.

Период скрытого благополучия (скрытый период) характеризуется отсутствием симптомов поражения, продолжительность которого от 2 до 8 часов, иногда до суток.

Период развития токсического отека легких. В конце скрытого периода появляются учащенное поверхностное дыхание, пульс замедлен, наблюдаются боли за грудиной при глубоких вдохах. С течением времени симптомы нарастают, появляется кашель с обильным выделением мокроты, возникают

и усиливаются головные боли, повышается температура тела, наблюдаются расстройство дыхания, синюшность конечностей, а также ушей, носа, губ, кожных покровов; и иногда серо-землистый цвет лица и кожи, сознание затмнено или отсутствует, сердечная недостаточность. В этот период возможен смертельный исход.

Восстановительный период наступает постепенно. При небольших дозах — к 5—7 дню. Полный период выздоровления зависит от дозы и может быть от 1 до 2 месяцев и более. Не исключены вторичные инфекции и остаточные явления, связанные с нарушением дыхания и изменением в работе сердечно-сосудистой системы.

### **Действие на кожу**

Резорбция фосгена через кожу особого значения на развитие токсического отека легких не имеет. Длительный контакт жидкого фосгена с кожей может вызвать химический ожог и местное переохлаждение ткани.

### **Поступление и распределение в организме**

Проникая в глубокие отделы респираторного аппарата (в альвеолы легких), химически взаимодействует с компонентами мембран легочной ткани и тем самым проявляет свои токсические свойства.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующий противогаз марки В. При высоких концентрациях фосгена — изолирующий противогаз. Специальная защитная одежда из плотной гладкой ткани, перчатки, фартук, защитные очки. Для эвакуации населения могут использоваться эвакуационные самоспасатели, обладающие соответствующей защитной мощностью.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ фосгена в легкие пораженного (надеть противогаз) и вывести (вынести) его из зоны поражения. При попадании фосгена в больших количествах на одежду — удалить одежду, промыть пораженные участки 2—5 % раствором бикарбоната натрия, предохранить пострадавшего от переохлаждения. Эвакуировать в лечебное учреждение. Эвакуация должна осуществляться на носилках, машинах, повозках. При этом необходимо: посадить или положить пораженного в удобное положение; дать тепло — укрыть, горячее питье; обеспечить полный покой и облегчить дыхание — расстегнуть ворот, поясные ремни.

При ухудшении состояния и прекращении дыхания категорически запрещается проводить искусственное дыхание механическими способами, допустимо способом «рот в рот».

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Не прикасаться к разлитому веществу. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, перекачать содержимое в исправную специализированную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке дать газу полностью выйти. Для осаждения пара (газа) использовать аммиачную воду или 5 % раствор едкого натрия. Взять под контроль район возможного распространения газа и вывода людей из него. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Не допускать попадания вещества в водоемы. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Место разлива залить известковым молоком, раствором соды, едкого натра или аммиачной водой.

## **При возгорании и пожаре**

Не горит. Не приближаться к емкостям. Надеть полную защитную одежду. Убрать емкости с фосгеном из зоны пожара, если это возможно и не вызывает опасности. В случае опасности не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить пламя всеми имеющимися средствами.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Качественное и количественное определение фосгена в пробах воздуха или пробах продукта можно производить по дифенилмочевине ( $T_{пл} = 235\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) или



диэтоксифенилмочевине ( $T_{пл} = 174\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), которые получаются при взаимодействии фосгена с анилином или *p*-фенетидином.

Качественное определение фосгена в воздухе может быть осуществлено с помощью индикаторной трубки ИТ-45 с тремя зелеными кольцами. При наличии фосгена в воздухе верхний слой наполнителя окрашивается в зелено-синий цвет.

В растворах определение фосгена может быть осуществлено пиридиновым реактивом (0,1 г парааминоацетофенона растворяют в смеси, состоящей из 4 мл пиридина, 2 мл 30 % водного раствора едкого калия и 14 мл дистиллированной воды). Реактив должен быть бесцветным (срок годности в течение суток.). Чувствительность реакции 0,002 мг/мл.

Анализ спиртовых растворов. В пробирку наливают 1 мл испытуемого раствора и 1 мл пиридинового реактива, смесь перемешивают и нагревают на кипящей водяной бане в течение 3—4 минут. После нагревания раствор подкисляют 0,5 мл разбавленной серной кислоты — окрашивание раствора в розовый, оранжевый или малиновый цвет свидетельствует о наличии фосгена.

Анализ эфирных растворов. В пробирку наливают 1 мл испытуемого эфирного раствора и 1 мл пиридинового реактива, смесь перемешивают и нагревают на кипящей водяной бане в течение 3—4 минут. После нагревания к раствору добавляют 0,5 мл спирта, подкисляют 0,5 мл разбавленной (1:1) серной кислоты и после перемешивания добавляют 1—2 мл воды (для разделения слоев) — окрашивание водно-спиртового слоя в розовый, оранжевый или малиновый цвет свидетельствует о наличии фосгена.

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Основным способом дегазации (нейтрализации) является взаимодействие с аммиаком и щелочами.

Дегазация (нейтрализация) паров фосгена протекает весьма медленно, при этом пары приобретают беловатый оттенок. Гидролиз паров ускоряется, если использовать раствор щелочи с добавкой активного угля.

Для дегазации (нейтрализации) 1 т фосгена необходимо 0,7 т аммиака или 1,6 т едкого натра, что соответствует 3 т 25 % аммиачной воды или 16 т 10 % водного раствора едкого натра. Кроме того, для дегазации (нейтрализации) фосгена могут эффективно использоваться отходы щелочных, гипсовых и известковых производств.

## 2.39. Фосфор треххлористый

Фосфор треххлористый широко используется в химической промышленности для синтеза хлорпроизводных углеродов, в производстве пластмасс и синтетических красителей, инсектицидов, фармацевтических препаратов, фосфорорганических соединений и поверхностно-активных веществ. Используется для получения фосфора пятихлористого ( $\text{PCl}_5$ ), хлороксида фосфора ( $\text{POCl}_3$ ), тиохлосфорила ( $\text{PSCl}_3$ ), фосфористой кислоты ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ). Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

Транспортировка фосфора треххлористого осуществляется в контейнерах, железнодорожных цистернах и баллонах. Хранение осуществляется в наземных цилиндрических резервуарах (50—5000 м<sup>3</sup>) при атмосферном давлении и температуре окружающей среды.

### Формула, молекулярная масса

$\text{PCl}_3$ ,  $M = 137,33$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная, дымящая на воздухе негорючая жидкость с резким неприятным запахом. Плотность жидкости 1,557 г/см<sup>3</sup> (при 20 °C).  $T_{\text{кип}} = 75,3$  °C,  $T_{\text{пл}} = -90,34$  °C. Давление паров: 133,32 Па (-52 °C), 1,3332 кПа (-21 °C), 13,332 кПа (21,1 °C), 53,328 кПа (55,9 °C). Пары фосфора треххлористого в 4,8 раза тяжелее воздуха.

По химической природе является хлорангидридом фосфористой кислоты. В случае гидролиза образует кислоты, а при реакции со щелочами образует соли. Вступает в реакции замещения, в том числе и с органическими веществами — спиртами и фенолами. Реагирует с водой, растворяется в эфире, бензоле, хлороформе, сероуглероде, четыреххлористом углероде. Агрегатное состояние в воздухе — пары.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/2. ПДК<sub>рз</sub> = 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Обладает сильным раздражающим действием на дыхательные пути (в 5—10 раз сильнее, чем хлористый водород). У человека тяжелые отравления развиваются при концентрации 0,08—0,15 мг/л. Поражающая концентрация 300 мг/м<sup>3</sup>, пороговая токсодоза 3 мг · мин/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. Емкости могут взрываться при нагревании.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действий**

Относится к веществам удушающего действия. Обладает сильным раздражающим и прижигающим действием, что приводит к развитию токсического отека легких. При действии в высоких концентрациях возможна быстрая смерть от шокового состояния, вызванная химическим ожогом открытых участков кожи, слизистых верхних дыхательных путей и легких.

#### **Острые отравления**

В связи с отношением к веществам удушающего действия при поражении треххлористым фосфором можно выделить четыре периода: период контакта с веществом; скрытый период; период токсического отека легких; период осложнений.

Выраженность проявления и длительность периода определяются концентрацией вещества в окружающей атмосфере и временем пребывания пострадавшего в ней. При действии паров в высоких концентрациях возможна быстрая смерть от шокового состояния, вызванного химическим ожогом открытых участков кожи, слизистых верхних дыхательных путей. Длительность скрытого периода зависит от многих факторов и колеблется в интервале от 1 часа до 1—2 суток. Основные проявления третьего периода — усиление одышки, носящее инспираторный характер, и появление кашля, сопровождающегося отделением пенистой кровавой мокроты, количество которой постепенно увеличивается. У пострадавшего развивается цианоз (синяя гипоксия), а в более тяжелых случаях кожа приобретает пепельный оттенок (серая гипоксия).

Возможна смерть на 8—15 сутки болезни. Наиболее часто ее причинами являются пневмонии и тромбоэмболические осложнения.

#### **Действие на кожу**

При концентрациях 80 —150 мг/м<sup>3</sup> вызывают трудно заживающие ожоги кожи на незащищенных частях тела.

## **Поступление и распределение в организме**

Проникая в глубокие отделы респираторного аппарата (в альвеолы легких), химически взаимодействует с компонентами мембран легочной ткани и тем самым проявляет свои токсические свойства.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях изолирующие противогазы или дыхательные аппараты (ИП-4М, ИП-5, КИП-8, КИП-9, АСВ-2) и средства защиты кожи (костюм Л-1, ОЗК, «КАИС», маслобензостойкие перчатки, специальная обувь). На удалении от источника заражения 400—500 м средства защиты кожи можно не использовать, а для защиты органов дыхания используют фильтрующие противогазы марки А, М, гражданские и детские противогазы ГП-7, ПДФ-2Д, ПДФ-2Ш с дополнительными патронами ДПГ-3, ДПГ-1. Для эвакуации населения могут использоваться эвакуационные изолирующие и фильтрующие самоспасатели, обладающие соответствующей защитной мощностью.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ треххлористого фосфора в легкие пораженного (надеть противогаз) и вывести (вынести) его из зоны поражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. При попадании вещества в желудок пить глотками растительное масло. Запрещается вызывать рвоту. Глаза и кожу промыть большим количеством воды или 2 % раствором соды. При ожоге антисептическая повязка. Эвакуировать в лечебное учреждение. Эвакуация должна осуществляться на носилках, машинах, повозках. При этом необходимо: посадить или положить пораженного в удобное положение; дать тепло — укрыть, горячее питье; обеспечить полный покой и облегчить дыхание — расстегнуть ворот, поясные ремни. Ингаляции кислорода не проводить.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти, ЦСЭН и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного

газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Не прикасаться к разлитому веществу. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, перекачать содержимое в исправную специализированную емкость с соблюдением мер предосторожности. Для осаждения пара (газа) использовать распыленную воду. Взять под контроль район возможного распространения газа и вывода людей из него. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Убрать по возможности из зоны аварии металлические изделия или защитить их от попадания вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Место пролива засыпать инертным материалом и залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит. Не приближаться к емкостям. Надеть полную защитную одежду. Убрать емкости с фосгеном из зоны пожара, если это возможно и не вызывает опасности. В случае опасности не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить пламя всеми имеющимися средствами.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение паров треххлористого фосфора в атмосфере основано на индикации продуктов гидролиза фосфорной кислоты и хлористого водорода.

В воздухе промышленной зоны используются газоанализаторы УГ-2 (в диапазоне измерений от 0 до 100 мг/м<sup>3</sup>), ГПХВ-2 (в диапазоне измерений от 5 до 500 мг/м<sup>3</sup>), ОКА-Т, ИГС-98, универсальным прибором газового контроля УПГК СИ «Лимб» (в диапазоне измерений от 5 до 150 мг/м<sup>3</sup>). За пределами промышленной зоны используется прибор СИП «Корсар-Х».

В закрытых помещениях для определения наличия вещества используется прибор СИП «Вега-М».

### **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Нейтрализация треххлористого фосфора возможна водой с нормой расхода 8 т воды на 1 т вещества.

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров используется распыленная вода. Место разлива ограждают земляным валом.

Для утилизации загрязненного грунта он срезается на глубину загрязнения и вывозится в места утилизации. Места срезов засыпаются свежим слоем грунта. Места проливов засыпаются порошками, содержащими щелочной элемент (известняк, доломит, сода).

## 2.40. Фосфора хлорокись

Фосфора хлорокись (оксидтрихлорид фосфора, фосфорилхлорид) используется для синтеза эфиров фосфорной кислоты, в производстве инсектицидов, экстрагентов, ионообменных смол, негорючих гидравлических жидкостей, в фармацевтической промышленности, в производстве синтетических красителей и пластмасс.

Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

Транспортировка фосфора хлорокиси осуществляется в контейнерах и баллонах. Хранение обычно осуществляется в баллонах (0.005—0.08 м<sup>3</sup>) при атмосферном давлении и температуре окружающей среды.

### Формула, молекулярная масса

$\text{POCl}_3$ ,  $M = 153,33$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная, дымящая на воздухе негорючая жидкость с резким неприятным запахом. Плотность жидкости 1,557 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С).  $T_{\text{кип}} = 75,3$  °С,  $T_{\text{пл}} = -90,34$  °С. Давление паров: 133,32 Па (–52 °С), 1,3332 кПа (–21 °С), 13,332 кПа (21,1 °С), 53,328 кПа (55,9 °С). Пары фосфора треххлористого в 4,8 раза тяжелее воздуха.

Хорошо растворяется в бензоле, хлороформе, сероуглероде и четыреххлористом углероде. Во влажном воздухе дымит. Реагирует с водой, образуя фосфорную кислоту и хлористый водород. Реагирует со щелочами.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности — 2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,05$  мг/м<sup>3</sup>. Оказывает сильное раздражающее действие на кожу, слизистые глаз, верхних дыхательных путей и легких, обладает мутагенной активностью и вызывает значительные изменения костной ткани. У человека тяжелые отравления развиваются при концентрации 70 мг/м<sup>3</sup>. Поражающая концентрация 60 мг/м<sup>3</sup>, пороговая токсодоза 0.06 мг · мин/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. Емкости могут взрываться при нагревании.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действий**

Относится к веществам удушающего действия. Обладает сильным раздражающим и прижигающим действием, что приводит к развитию токсического отека легких. При действии в высоких концентрациях возможна быстрая смерть от шокового состояния, вызванная химическим ожогом открытых участков кожи, слизистых верхних дыхательных путей и легких.

#### **Острые отравления**

У человека острые отравления наблюдались при концентрации 70 мг/м<sup>3</sup>. Возможен скрытый период действия. В случае острых отравлений наблюдаются: ожог кожи на незащищенных частях тела, бронхит с пенистой иногда кровянистой мокротой, сердечные расстройства, резкое малокровие, увеличение печени, белок в моче, расширение границ легких, шок и смерть в результате нарушения кровообращения.

#### **Действие на кожу**

В случае высоких концентраций или попадания на кожу вызывает трудно заживающие ожоги кожи на незащищенных частях тела.

#### **Поступление и распределение в организме**

Проникая в глубокие отделы респираторного аппарата (в альвеолы легких) химически взаимодействует с компонентами мембран легочной ткани и тем самым проявляет свои токсические свойства.

#### **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях изолирующие противогазы или дыхательные аппараты (ИП-4М, ИП-5, КИП-8, КИП-9, АСВ-2) и средства защиты кожи (костюм Л-1, ОЗК, «КАИС», маслобензостойкие перчатки, специальная обувь). На удалении от источника заражения 400—500 м средства защиты кожи можно не использовать, а для защиты органов дыхания используют фильтрующие противогазы марки А, М, гражданские и детские противогазы ГП-7, ДФ-2Д, ПДФ-2Ш с дополнительными патронами ДПП-3, ДПП-1. Для эвакуа-

ции населения могут использоваться эвакуационные изолирующие и фильтрующие самоспасатели, обладающие соответствующей защитной мощностью.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ оксихлорида фосфора в легкие пораженного (надеть противогаз) и вывести (вынести) его из зоны поражения. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. При попадании вещества в желудок пить глотками растительное масло. Запрещается вызывать рвоту. Глаза и кожу промыть большим количеством воды или 2 % раствором соды. При ожоге антисептическая повязка. Эвакуировать в лечебное учреждение. Эвакуация должна осуществляться на носилках, машинах, повозках. При этом необходимо: посадить или положить пораженного в удобное положение; дать тепло — укрыть, горячее питье; обеспечить полный покой и облегчить дыхание — расстегнуть ворот, поясные ремни. Ингаляции кислорода не проводить.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти, ЦСЭН и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Не прикасаться к разлитому веществу. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, перекачать содержимое в исправную специализированную емкость с соблюдением мер предосторожности. Для осаждения пара (газа) использовать распыленную воду. Взять под контроль район возможного распространения газа и вывода людей из него. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Убрать по возможности из зоны аварии металлические изделия или защитить их от попадания вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН. Место пролива засыпать инертным материалом и залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности.



## **При возгорании и пожаре**

Не горит. Не приближаться к емкостям. Надеть полную защитную одежду. Убрать емкости с фосгеном из зоны пожара, если это возможно и не вызывает опасности. В случае опасности не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить пламя всеми имеющимися средствами.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение паров оксихлорида фосфора в атмосфере основано на индикации продуктов гидролиза фосфорной кислоты и хлористого водорода.

В воздухе промышленной зоны используются газоанализаторы УГ-2 (в диапазоне измерений от 0 до 100 мг/м<sup>3</sup>), ГПХВ-2 (в диапазоне измерений от 5 до 500 мг/м<sup>3</sup>), ОКА-Т, ИГС-98, универсальным прибором газового контроля УПГК СИ «Лимб» (в диапазоне измерений от 5 до 150 мг/м<sup>3</sup>). За пределами промышленной зоны используется прибор СИП «Корсар-Х».

В закрытых помещениях для определения наличия вещества используется прибор СИП «Вега-М».

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Нейтрализация треххлористого фосфора возможна водой с нормой расхода 9 т воды на 1 т вещества.

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров используется распыленная вода. Место разлива ограждают земляным валом.

Для утилизации загрязненного грунта он срезается на глубину загрязнения и вывозится в места утилизации. Места срезов засыпаются свежим слоем грунта. Места проливов засыпаются порошками, содержащими щелочной элемент (известняк, доломит, сода).

## **2.41. Фтор**

Соединения фтора и сам фтор применяются в качестве окислителя в жидких ракетных топливах. Кроме того, он используется для получения: гексафторида урана, применяемого для разделения изотопов урана для ядерной промышленности; шестифтористой серы применяемого в электротехнической промышленности в качестве газообразного изолятора; фторидов высших металлов; фреонов; тефлонов (химически инертных материалов); гексафтороалюмината натрия, применяемого для последующего получения алюминия электролизом.

Широкое применение соединения фтора и самого фтора осуществляется в медицине (кровезаменители, лекарства и т. п.).

Пары тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

Фтор хранится в газообразном состоянии (под давлением) и в жидком виде (при охлаждении жидким азотом) в аппаратах из никеля и сплавов на его основе (монель—металл), из меди, алюминия и его сплавов, латуни и нержавеющей сплавов.

## **Формула, молекулярная масса**

$F_2$ ,  $M = 37,997$  г/моль.

## **Основные физические и химические свойства**

Галоген. Светло-желтый газ с резким характерным запахом, напоминающим запах смеси хлора и озона. Сжиженный фтор имеет желтый цвет. Плотность  $1,693$  г/см<sup>3</sup> (при  $20$  °C).  $T_{кип} = 85,01$  °C ( $-188,14$  °C),  $T_{пл} = 53,53$  °K ( $-219,62$  °C). Обладает очень высокой реакционной способностью. Реагирует практически со всеми элементами, в том числе с азотом и кислородом (в электрическом разряде) и тяжелыми благородными газами. Контакт фтора с водородом приводит к воспламенению и взрыву даже при очень низких температурах (до  $-252$  °C). В атмосфере фтора горят даже вода и платина. При контакте с фтором древесный уголь, щелочные и щелочноземельные металлы воспламеняются. Большинство порошкообразных металлов, а также кремний, фосфор, сера и другие элементы воспламеняются при температуре  $20—30$  °C.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

$ПДК_{рз} = 0,15$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мп} = 0,02$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 0,005$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{вв} = 1,5$  мг/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. При соприкосновении с органическими соединениями воспламеняет их. Емкости (баллоны) могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действий**

Проникает через защитные барьеры организма и вызывает разнообразные нарушения обмена веществ. Разрушает эмаль зубов, изменяет иммунологическую реактивность организма.

Пары фтора оказывают сильное раздражающее действие на слизистые оболочки и кожу, вызывают ожоги кожи, глаз, верхних дыхательных путей и легких.

### **Острые отравления**

Концентрация  $77 \text{ мг/м}^3$  вызывает сильное раздражение верхних дыхательных путей и оценивается как непереносимая;  $39 \text{ мг/м}^3$  переносится в течение 5 минут,  $23 \text{ мг/м}^3$  — 15 минут,  $16 \text{ мг/м}^3$  — 30 минут,  $7,8 \text{ мг/м}^3$  — 60 минут. Тяжелые отравления наблюдались в результате передозировки фтора в питьевой воде; тошнота, рвота, боли в животе, понос в течение от нескольких часов до 2 дней. По ингаляционным отравлениям данных не обнаружено, но известно, что он разрушает слизистые верхних дыхательных путей, легкие, ЦНС, сердце и другие органы. В тяжелых случаях возможен токсический отек легких.

### **Действие на кожу**

При соприкосновении с кожей пары фтора вызывают зуд и раздражение вплоть до пузырей. Опухание лица, мацерация (разрыхление, размачивание) кожи век, носогубных складок углов рта.

Контакт с чистым фтором вызывает ожог II степени, при концентрации  $150$  —  $300 \text{ мг/м}^3$  раздражение открытых участков кожи, конъюнктивиты и экзема век, воспалительные и дистрофические изменения слизистой оболочки и глазного дна.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм человека ингаляционный. Данных о распределении в организме не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Изолирующие противогазы, кислородные дыхательные аппараты. Спец-одежда из стекловолокна или неопреновой резины, защитные очки из органического стекла.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ фтора в легкие пораженного (надеть противогаз) и вывести (вынести) его из зоны поражения на свежий воздух. Дать увлажненный кислород. При отсутствии дыхания провести искусственное дыхание методом «рот в рот». Слизистые глаз и полости рта промыть 2 % раствором соды (не менее 15 минут). Срочная госпитализация.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти, ЦСЭН и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Удалить из опасной зоны горючие вещества. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, перекачать содержимое в исправную специализированную емкость с соблюдением мер предосторожности. По возможности удалить разгерметизированные упаковки в безопасное место. Для осаждения пара (газа) использовать распыленную воду. Взять под контроль район возможного распространения газа и вывода людей из него. При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН.

## **При возгорании и пожаре**

Не горит. Не приближаться к емкостям. Надеть полную защитную одежду. Убрать емкости с фосгеном из зоны пожара, если это возможно и не вызывает опасности. В случае опасности не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить пламя всеми имеющимися в распоряжении средствами.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе основано на окислении фтором йодистого калия.

Определение фтора в воде основано на измерении концентрации ионов фтора на фоне нитратного буферного раствора с  $\text{pH } 6,0 \pm 0,5$  с использованием фторселективного электрода.

Количественное определение фтора выполняется объемными и весовыми методами. Среди объемных — титрование фторид-иона нитратом тория или циркония с применением различных индикаторов (ализаринсульфоната натрия, ксиленолового оранжевого и др.). Действие мешающих ионов устраняют предварительной отгонкой фтора в виде кислого фторида кремния ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$  — кремнефтористоводородная кислота) из сернокислого или хлорнокислого раствора в присутствии двуокиси кремния.

Используется также титрование хлоридом железа (III) в нейтральном по фенолфталеину полуспиртовом растворе, насыщенном хлоридом натрия, с роданидом аммония в качестве индикатора. Анализ мешают фосфаты, карбонаты, алюминий.

В весовом анализе применяют осаждение фторид иона в виде фторида кальция, фторида лантана и фтор хлор силана.

Для определения фтора в воздухе рабочей зоны используется стационарный двухпороговый сигнализатор «Хоббит-F». Он предназначен для обеспечения безопасных условий труда и может использоваться в противоаварийных системах защиты. Пороги срабатывания сигнализатора 1 и 5 ПДК (0,5 и 2,5 мг/м<sup>3</sup>). Кроме данного прибора в промышленности используются газоанализаторы универсальные стационарные ГАНК-4 (А, С, Р, АР).

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Данных не обнаружено, но исходя из химических свойств, фтор может быть связан в соли при пропускании (обработке) струи газа через растворы щелочных реагентов. В воздухе фтор может обезвреживаться распылением аммиачной воды или аммиаком.

## 2.42. Фосфин

Фосфин (фосфористый водород, гидрид фосфора) не нашел пока достаточного применения в нашей стране. Это обусловлено опасностью проведения работ, с применением самовозгорающегося, взрывоопасного, высокотоксичного газа и недостаточной разработкой способов получения продуктов, синтезируемых на его основе. Составы на основе фосфина в настоящее время

используются в качестве фумигантов для обработки сухогрузной продукции. Кроме того, газовые смеси фосфина с аргоном применяются в производстве полупроводниковых материалов. Хранится и перевозится в сжатом и сжиженном состоянии. Пары фосфина тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{PH}_3$ ,  $M = 34,00$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Фосфин — бесцветный ядовитый газ с неприятным запахом, светится в темноте, легко воспламеняется. Плотность при  $20\text{ }^\circ\text{C}$   $\rho_{20}^x = 1,529$  г/л, относительная плотность пара 1.17. Относительная плотность в сжиженном состоянии 0,8.  $T_{пл} = 139,2\text{ }^\circ\text{K}$  ( $-133,8\text{ }^\circ\text{C}$ ),  $T_{кип} = 185,58\text{ }^\circ\text{K}$  ( $-87,42\text{ }^\circ\text{C}$ ). Давление паров: 13,332 кПа ( $-118\text{ }^\circ\text{C}$ ), 53,328 кПа ( $-98\text{ }^\circ\text{C}$ ), 4186 кПа ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ). Растворимость в воде: 26 мл/100 мл ( $17\text{ }^\circ\text{C}$ ), 27 мл/100 мл ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ). Известен жидкий фосфин, называемый дифосфином  $\text{P}_2\text{H}_4$  с  $T_{кип} = 56\text{ }^\circ\text{C}$ . Фосфины — органические производные фосфороводорода (фосфина).

Технический продукт часто спонтанно воспламеняется при комнатной температуре из-за присутствия других гидридов фосфора (особенно  $\text{P}_2\text{H}_4$ ) в качестве примесей. Не имеет запаха в чистом виде при концентрациях вплоть до 200 ppm, очень токсичного уровня. Технические продукты имеют чесночный запах из-за примесей.

Плохо растворяется в воде, не реагирует с ней. При низких температурах образует с ней твердый клатрат  $8\text{PH}_3 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ . Растворим в бензоле, диэтиловом эфире, сероуглероде.

Фосфиды щелочных и щелочноземельных металлов разлагаются водой и кислотами с образованием фосфина.

Вещество разлагается при разогреве или при сжигании с образованием токсичных паров, в том числе оксидов фосфора. Реагирует бурно с воздухом, кислородом, окислителями, такими как хлор и оксидами азота, нитратами металлов, галогенами, альдегидами и многими другими веществами с опасностью пожара и взрыва. Агрессивно в отношении многих металлов.

Разлагается при нагревании, проявляет слабые основные свойства, сильный восстановитель. На воздухе самовоспламеняется.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 1/1. ПДК<sub>рз</sub> — 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Запах ощущается при концентрации 2—4 мг/м<sup>3</sup>, длительное дыхание при концентрации 10 мг/м<sup>3</sup> приводит к летальному исходу.

При утечке содержимого очень быстро достигается опасная концентрация этого газа в воздухе. TLV (предельная пороговая концентрация — США) (как TWA — среднесменная концентрация, США): 0,3 ppm; 0,42 мг/м<sup>3</sup>;

(как STEL — максимальная разовая концентрация: не более 15 мин, не чаще 4 раз в смену; США): 1 ppm; 1,4 мг/м<sup>3</sup> (ACGIH 1997).

## **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч. Фосфин способен к самовозгоранию при контакте с кислородом воздуха. Может вызвать появление блуждающих огней. Легко воспламеняется от искр и пламени. Может вновь воспламениться после тушения. Емкости могут взрываться при нагревании. В смеси с воздухом образует взрывоопасные смеси, которые могут распространяться на значительные расстояния от места утечки. Необходимо использование закрытых систем вентиляции, взрывобезопасного электрооборудования и освещения.  $T_{\text{воспл}} = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Предел взрываемости от 1,8 объемных процента.

## **Опасность для человека Общий характер действия**

Яд, действующий преимущественно на нервную систему и нарушающий обмен веществ; влияет также на кровеносные сосуды, органы дыхания, печень и почки. Вызывает изменение картины крови. Фосфин опасен при вдыхании, попадании на кожу и в глаза.

Вещество сильно раздражает респираторный тракт. Вдыхание газа может вызвать отек легких. Симптомы отека легких часто проявляются через несколько часов и обостряются при физической нагрузке. Поэтому требуется отдых и медицинское наблюдение. Быстрое испарение жидкости может вызвать обморожение. Вещество может оказывать действие на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему, сердце, желудочно-кишечный тракт, печень и почки, приводя к функциональным нарушениям. Воздействие газа может вызвать потерю сознания или смерть. Эффекты могут быть отсроченными. Показано постоянное медицинское наблюдение.

## **Острые отравления**

В легких случаях боли в области диафрагмы, отдающие в спину, чувство холода, позже бронхит.

В случаях средней тяжести — страх, озноб, рвота, ощущение стеснения в груди, резкое удушье, загрудинные боли, иногда сухой кашель, жгучая боль в затылке, головокружение, шум в ушах, общая слабость, обложенный язык, отсутствие аппетита, жажда.

В тяжелых случаях — оглушение, атаксия, подергивания в конечностях, расширение зрачков. Смерть возможна иногда лишь через несколько дней при явлениях паралича дыхания и сердечной мышцы. При высоких концентрациях она может наступить мгновенно.

### **Действие на кожу**

При контакте с жидкостью — обморожение.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм человека ингаляционный.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Для работы в районе аварии защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом ИП-4М, холодозащитные перчатки. При возгорании — дополнительно огнезащитный костюм. При отсутствии указанных образцов: защитный общевойсковой костюм Л-1 или Л-2 в комплекте с промышленным противогазом с патронами М, БКФ, Е. Промышленный противогаз малого габарита ПФМ-1, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для защиты населения при малых концентрациях возможно использование эвакуационных самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ яда — надеть противогаз. Вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух. Снять загрязненную одежду, обеспечить тепло и покой. Обеспечить полусидячее положение. Искусственное дыхание по показаниям. Глаза вначале промыть большим количеством воды в течение нескольких минут (снять контактные линзы, если это не трудно).

При обморожении: промыть большим количеством воды, НЕ удалять одежду. Всех пораженных отправить на медицинское обследование.



## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200—400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Не прикасаться к пролитому веществу. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Устранить течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

Недостаточно предупреждения о запахе в случае превышения величины предельного воздействия.

### **При утечке и разливе**

Не прикасаться к пролитому веществу, небольшие количества пролитого фосфина очень быстро испаряются. Прекратить движение транспортных средств в опасной зоне, устранить источники огня и искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную, специальную емкость с соблюдением мер предосторожности. Небольшие подтекающие емкости перевернуть местом утечки вверх для устранения утечки газа в жидкой форме.

При интенсивной утечке оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать ее в свободную тару. Использовать распыленную воду для осаждения паров. Вызвать на место аварий пожарную и газоспасательные службы. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и гражданской обороны. Эвакуировать людей из опасной зоны распространения паров. Установить контроль за движением зараженного воздуха. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию. В случае заражения воды сообщить в ЦСЭН.

### **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания тушить порошком, двуокисью углерода.

Чрезвычайно огнеопасно. В огне выделяет раздражающие или токсичные пары (или газы), в том числе фосфор и оксиды фосфора. Реагирует бурно с воздухом, кислородом, окислителями, такими как хлор и оксидами азота, нитратами.

Не приближаться к горящим емкостям, охлаждать их водой с максимального расстояния. Вести борьбу с огнем из-за укрытия. Тушить с максимального расстояния.

Не допускать открытого огня, искр и курения. Не допускать контакта с горячими поверхностями. Перекрыть поступление; если невозможно и нет риска для окрестностей, дать огню прогореть, в других случаях — тушить порошком, двуокисью углерода.

Перекрыть поступление вещества; если невозможно и нет риска для окружающих объектов, дать огню прогореть, в других случаях — тушить порошком, двуокисью углерода.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Для индикации фосфина могут использоваться фотометрический метод или метод газовой хроматографии.

В основе фотометрического метода лежит реакция с перманганатом калия и молибдатом аммония. Определению мешают соединения мышьяка и кремния.

В практике наиболее широкое применение нашли индикаторные трубки ИТ-24 и портативные газосигнализаторы PhD Lite и Toxi Pro для определения паров в опасных концентрациях.

При работе с индикаторной трубкой предел обнаружения фосфина в анализируемой пробе 0,5 мкг. Предел определения в воздухе 0,05 мг/м<sup>3</sup> (при протягивании 5000 куб. см воздуха).

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Место пролива изолировать песком, промыть большим количеством воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать в емкости, залить водой и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Обработанную территорию промыть водой в контрольных целях. Поверхности техники промыть водой.

Данных по нейтрализаторам и дегазаторам не обнаружено.

## **2.43. Четыреххлористый кремний**

Четыреххлористый кремний (тетрахлорид кремния) используется для производства этилсиликатов, кремнийорганических соединений, нитрида кремния, кристаллического кремния, а также высокодисперсного диоксида кремния (аэросила). Хранится и транспортируется в жидком состоянии в герметично закрытых стальных железнодорожных цистернах хлорного типа, автоконтейне-

рах, стальных бочках, автоцистернах, специализированных танкоконтейнерах. Хранится в герметично закрытых цистернах в крытых сухих неотапливаемых складских помещениях или под навесом, исключаяющим воздействие прямых солнечных лучей и влаги. Пары четыреххлористого кремния тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$\text{SiCl}_4$ ,  $M = 169,89$  г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветная, негорючая, термически стойкая жидкость. Обладает резким удушливым запахом. Во влажном воздухе образует туман, состоящий из твердых частиц ( $X \text{ SiO}_2 \times Y \text{ H}_2\text{O}$ ) и хлористого водорода.  $T_{\text{пл}} = 205^\circ \text{K}$  ( $-68^\circ \text{C}$ ),  $T_{\text{кип}} = 330,6^\circ \text{C}$  ( $57,6^\circ \text{C}$ ), плотность 1,483 ( $20^\circ \text{C}$ ), показатель преломления 1,412, упругость пара 260 мбар (195,03 мм рт. ст), летучесть 1813,4 мг/л ( $20^\circ \text{C}$ ), относительная плотность пара 5,88.

Нерастворим в кислотах, органических растворителях; вода и растворы щелочей бурно его разлагают.

В химическом отношении реакционноспособен. Характерны реакции замещения галогена на углеводородные радикалы, осуществляющиеся с образованием кремнийорганических соединений. Бурно разлагается водой с образованием диоксида кремния и хлористого водорода.

### **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 5$  мг/м<sup>3</sup>.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. Пары с воздухом не образуют взрывоопасных смесей. Емкости при нагревании могут взрываться.

### **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Раздражает слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей, кожу. Опасен при вдыхании, действии на кожу, при приеме внутрь.

## **Острые отравления**

Основные симптомы поражения: насморк, заложенность в носу, першение в горле, кашель, резь в глазах, слезотечение, сухость во рту, зуд, покраснение кожи, ожог роговицы глаз, век.

### **Действие на кожу**

Раздражает кожу, вызывает ее покраснение, некроз и изъязвления.

### **Поступление и распределение в организме**

Данных не обнаружено.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Необходима защита органов дыхания, глаз, кожи. При высоких концентрациях необходимо использование изолирующего защитного костюма типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4 М или дыхательным аппаратом АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. В случае их отсутствия — фильтрующий противогаз с патроном марки А в комплекте с защитным костюмом типа Л-1 или Л-2. Резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник, специальная защитная одежда. При возгорании — огнезащитный костюм. Для эвакуации населения возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух снять загрязненную одежду. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи и глаза обильно промыть водой или 2 %-раствором соды. При попадании в желудок — пить глотками растительное масло. Запрещается вызывать рвоту. Обеспечить свободное дыхание. При ожоге наложить асептическую повязку. Отправить пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны.

Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 50—100 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. По возможности устранить течь или перекачать содержимое в исправную сухую, защищенную от коррозии емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Проливы оградить земляным валом, засыпать инертным материалом, залить большим количеством воды с соблюдением мер предосторожности. Убрать по возможности из зоны аварии металлические изделия, или защитить от попадания на них вещества. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию. При интенсивной утечке оградить разлитую жидкость земляным валом, а жидкость перекачать в исправную емкость. Для осаждения паров использовать тонкораспыленную воду.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит. При возникновении пожара охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь водой воздушно-механическими и химическими пенами; использовать любые типы огнетушителей. Не допускать попадания воды в емкости. По возможности вывези опасный груз из зоны пожара.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Данных не обнаружено.

### **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для рассеивания (осаждения, изоляции) паров использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер предосторожности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой в контрольных (провокационных) целях. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, промыть водой и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Проливы засыпать

порошками, содержащими щелочной компонент (известняк, доломит, сода). Поверхности техники промыть большим количеством воды и моющими композициями.

В качестве дегазаторов и нейтрализаторов используются водные растворы, содержащие щелочной компонент (водные растворы щелочей, известковое молоко, известняк, доломит, сода и т. п.).

## 2.44. Четыреххлористый углерод

Четыреххлористый углерод (тетрахлорметан) широко используется в качестве растворителя масел, смол, битумов, лаков, полимеров, резин; как обезжиривающее средство для обработки кож, пушнины; для экстрагирования жиров и алкалоидов, для чистки и обезжиривания одежды в быту и на производстве. В производстве хладагентов и огнегасителей; для фумигации зерна; как пестицид, дератизационное средство (ограниченно). Как антигельминтный препарат, для лечения анкилостомидоза.

Четыреххлористый углерод транспортируют в крытых транспортных средствах автомобильным и водным транспортом в стальных бочках (емкостью 100, 200 или 275 дм<sup>3</sup>) и наливом в железнодорожных цистернах.

Четыреххлористый углерод хранят в упаковке изготовителя в неотапливаемом складском помещении или под навесом, или в герметичных стальных резервуарах.

Пары четыреххлористого углерода тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$\text{CCl}_4$ ,  $M = 153.823$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Бесцветная жидкость со сладковатым ароматическим запахом.  $T_{пл} = 250,1$  °K (–22,9 °C),  $T_{кип} = 349,7$  °K (76,7 °C), плотность 1,584 г/см<sup>3</sup> (25 °C), показатель преломления 1,4601 (20 °C), давление паров: 5,83 кПа (5 °C), 12,1 кПа (19,9 °C), 60,1 кПа (60 °C). Является продуктом искусственного происхождения и в природе естественным путем не образуется.

В обычных условиях четыреххлористый углерод устойчив к действию воздуха, света, концентрированных кислот, в присутствии железа, алюминия разлагается водой на  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCl}$ ; с алкоголями щелочных металлов образует ортоугольные эфиры; с олефинами вступает в реакцию тепломеризации. Атомы

хлора в четыреххлористом углероде могут быть замещены на F (фреоны), Br, I. Практически не растворим в воде, смешивается со многими органическими растворителями, образует азеотропы с водой, метанолом и другими жидкостями; хорошо растворяет жиры, воски, многие природные и синтетические смолы и каучуки.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 4/2.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 20 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 4,0 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,7$ . Временно допустимая концентрация в водоемностях,  $\text{ВДК} = 0,006 \text{ мг/л}$ .

Минимально ощутимая по запаху концентрация для наиболее чувствительных людей  $11,5 \text{ мг/м}^3$ ; минимально действующая концентрация на световую чувствительность глаз  $8 \text{ мг/м}^3$ , максимально недействующая —  $6 \text{ мг/м}^3$ . смертельная концентрация при вдыхании в течение 1 часа  $50000 \text{ мг/м}^3$ .

## **Взрыво- и пожароопасность**

Трудногорюч. При контакте с пламенем образует токсичные газы (фосген, хлористый водород, хлор). Емкости могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Вызывает наркоз. Поражает ЦНС, печень и почки. Обладает местным раздражающим действием. Вызывает мутагенные, канцерогенные, эбриотропные и гонадотропные эффекты. Высококумулятивное соединение.

Органом, наиболее подверженным воздействию четыреххлористого углерода при его вдыхании или потреблении с водой в повышенных концентрациях, является печень. При этом наблюдаются такие явления, как интенсивное накопление жиров и увеличение печени, а в более тяжелых случаях — повреждение или разрушение клеток печени, что может привести к нарушению ее функционирования.

Весьма чувствительным органом к воздействию четыреххлористого углерода являются почки. В результате его воздействия нарушается процесс образования мочи, в результате чего происходит накопление воды в организме (особенно в легких) и повышение концентрации токсичных веществ в крови. Именно отказ почек может явиться главной причиной смертельного исхода.

Даже кратковременное воздействие четыреххлористого углерода в высоких концентрациях способно вызвать нарушения ЦНС. При этом наблюдаются все признаки интоксикации: головная боль, головокружение, сонливость, часто со-

проводимая рвотой. В тяжелых случаях могут развиваться ступор, кома и даже наступить летальный исход.

### **Острые отравления**

При ингаляционных отравлениях средней и тяжелой степени клинические признаки проявляются после скрытого периода, который может составлять 1—2 суток. Развивается недомогание, озноб, повышение температуры тела до 37—39 °С. Позже присоединяются желудочно-кишечные расстройства, тошнота, рвота. Ко 2—5 суткам — токсическая гепатопатия, к 3—7 суткам — нефротоксическое действие. При легких отравлениях — головная боль, головокружение, спутанность сознания, сонливость, тошнота, рвота, раздражение верхних дыхательных путей. При крайне тяжелых отравлениях — потеря сознания и смерть. Отравление может протекать с явлениями возбуждения, с развитием эпилептиформных судорог.

В качестве последствий острого ингаляционного отравления четыреххлористым углеродом могут развиваться язва двенадцатиперстной кишки, некроз поджелудочной железы, анемия, лимфопения, изменения в миокарде, острый психоз. Возможна желтая атрофия печени, ее цирроз. Смертность при острых ингаляционных отравлениях составляет 15—20 %. При внутрижелудочном поступлении смертельная доза 20—40 мл. Минимальная доза, вызывающая поражение печеночных клеток, — 5—10 мл, 30—50 мл вызывают тяжелую и смертельную интоксикацию. Ранний признак интоксикации — острый гастроэнтерит с тошнотой, рвотой желчью, схваткообразными болями в животе, частым жидким стулом. На 2—3 сутки увеличенная и болезненная при пальпации печень, печеночная колика, желтушность склер и кожных покровов. Геморрагический синдром с кровоизлияниями под конъюнктиву, носовые и желудочно-кишечные кровотечения. Токсическая гепатопатия может закончиться острой печеночной недостаточностью. Нарушаются все основные показатели функции почек. Отравление может сопровождаться энцефалопатией и нервно-психическими нарушениями. К последствиям перенесенной интоксикации, которые могут проявляться на протяжении 9 месяцев после отравления, относят, помимо возможных нарушений функций желудочно-кишечного тракта и ЦНС, импотенцию со снижением либидо.

### **Действие на кожу**

Четыреххлористый углерод вызывает дерматиты, экземы, крапивницу. Эритема возникает после 30 минутного контакта кожи рук с четыреххлористым углеродом. В этом случае местные явления проходят через 1—2 часа. Постоянный контакт с кожей четыреххлористого углерода может вызвать полиневрит.



## **Поступление и распределение в организме**

Четыреххлористый углерод поступает в организм через легкие, внутрижелудочном поступлении и через кожу (как в виде жидкости, так и в парообразном состоянии). Особенно активно поступает через обожженную кожу.

При вдыхании четыреххлористого углерода в организм проникает до 30—40 % его количества. При потреблении с водой этот показатель составляет уже 85—91 %. В организме большая часть четыреххлористого углерода временно депонируется в жировых тканях. Однако большая часть четыреххлористого углерода довольно быстро выводится из организма. Эксперименты на животных показали, что 34—75 % выводятся при дыхании, 20—62 % с фекалиями и только незначительная часть с мочой. Процесс полного выведения четыреххлористого углерода из организма (особенно проникшего в жировые ткани) может занять несколько недель. В живом организме четыреххлористый углерод химически практически не изменяется, хотя и может в незначительных количествах образовывать такие соединения как хлороформ, гексахлорэтан и двуокись углерода, которые сами по себе могут оказать негативное влияние на здоровье.

## **Средства индивидуальной защиты человека**

Необходима защита органов дыхания, глаз, кожи. При высоких концентрациях необходимо использование изолирующего защитного костюма типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4 М или дыхательным аппаратом АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. В случае их отсутствия — фильтрующий противогаз с патроном марки А в комплекте с защитным костюмом типа Л-1 или Л-2. Резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник, специальная защитная одежда. При возгорании — огнезащитный костюм. Для эвакуации населения возможно использование самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) пострадавшего на свежий воздух, снять загрязненную одежду. Свежий воздух, покой, тепло, чистая одежда. Загрязненные участки кожи и глаза обильно промыть водой или 2 % раствором соды. При попадании внутрь желудка необходимо его промывание 10—15 л воды. Не давать молоко, масло, жиры. Обеспечить свободное дыхание. При ожоге наложить асептическую повязку. Отправить пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 50 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. По возможности устранить течь или перекачать содержимое в исправную сухую емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Пролиты оградить земляным валом, засыпать инертным материалом, собрать в емкости, герметично закрыть. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию. При интенсивной утечке оградить разлитую жидкость земляным валом, а жидкость перекачать в исправную емкость. Для осаждения паров использовать тонкораспыленную воду.

### **При возгорании и пожаре**

Трудногорюч. При возникновении пожара не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь тонкораспыленной водой, пенами и порошками с максимального расстояния. По возможности вывези опасный груз из зоны пожара.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

### ***В воздухе.***

Определение четыреххлористого углерода возможно методом ГЖХ на приборе с пламенно-ионизационным детектором; чувствительность в анализируемом объеме 0,01 мкг, в воздухе 5 мг/м<sup>3</sup> (при вводе 2,0 мл пробы); ошибка определения  $\pm 8\%$ ; возможно одновременное определение с дихлорэтаном, трихлорэтиленом.

Предложен ГЖХ метод одновременного определения двух галогенуглеводородов в воздухе с пламенно-ионизационной детекцией; чувствительность

65—299 мг/м<sup>3</sup>. Сохраняет значение колориметрическое определение; чувствительность метода 3 мг/м<sup>3</sup>. Аналогичную реакцию дает хлороформ.

Предложен метод фотометрического определения четыреххлористого углерода в воздухе. Определение основано на реакции взаимодействия четыреххлористого углерода с пиридином в щелочной среде. Предел обнаружения в воздухе 10 мг/м<sup>3</sup>.

**В воде** возможно использование метода ГЖХ; чувствительность 0,0003 мг/л.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Данных по возможным нейтрализаторам (дегазаторам) не обнаружено.

Для рассеивания (изоляции) паров использовать распыленную воду. Жидкость откачать из понижений местности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации с соблюдением мер предосторожности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть моющими композициями.

## **2.45. Хлор**

Хлор применяют в химической промышленности для производства хлорорганических веществ, (хлорбензола, дихлорэтана, полихлорвиниловой смолы, четыреххлористого углерода, хлористого этила, хлористого метила, соляной кислоты). В бумажной промышленности — для отбеливания бумаги. В металлургии используют для хлорирующего обжига руд цветных металлов. В коммунальном хозяйстве — для санитарной обработки питьевой воды, обезвреживания сточных вод, обеззараживания отходов. Хранится и транспортируется в сжиженном и сжатом состоянии. Пары тяжелее воздуха. Скапливается в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

Cl<sub>2</sub>, M = 70,906 г/моль.

### **Основные физические и химические свойства**

В обычных условиях зеленовато-желтый газ с резким специфическим запахом. Легко сжижается под давлением при 20 °С в маслянистую желто-зеленую жидкость.  $T_{пл} = 172,2 \text{ }^{\circ}\text{K}$  (–100,98 °С),  $T_{кип} = 238,4 \text{ }^{\circ}\text{K}$  (–34,6 °С). Относительная плотность пара 2,45. Упругость пара при 20 °С 6,8 бар (5100,68 мм рт. ст.).

Летучесть при 20 °С 2955 мг/л. Растворимость в воде (0,7291 г в 100 г воды). Хорошо растворим в четыреххлористом углероде, бромистом этилене и концентрированной соляной кислоте (1 л кислоты плотностью 1,19 растворяет 7,3 г хлора). Плотность в жидком виде 1,4 г/см<sup>3</sup> при 20 °С.

Хлор, растворяясь в воде, образует соляную и хлорноватистую кислоты. При взаимодействии с растворами щелочей образует соли — хлориды и гипохлориды металлов. В химическом отношении активен: присоединяется к ненасыщенным соединениям — оксиду углерода (образует фосген), этилену (образует дихлорэтан). Смесь хлора с водородом горит бесцветным или желто-зеленым пламенем с образованием хлористого водорода. При обычной температуре сухой хлор не реагирует с железом. С перекисью водорода в водном растворе хлор взаимодействует с образованием соляной кислоты и кислорода.

### **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/2.

ПДК<sub>рз</sub> — 1 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>мр</sub> — 0,1 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>сс</sub> — 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

При концентрации 0,01—0,006 мг/л — заметное раздражающее действие.

Концентрация 0,012 мг/л переносится с трудом даже при кратковременном воздействии.

Концентрации 2900 мг/м<sup>3</sup> приводит к гибели в течение 5 минут, 100—200 мг/м<sup>3</sup> — опасны для жизни при 30—60-минутном воздействии.

Порог запаха колеблется в пределах 0,3—3,8 мг/м<sup>3</sup>, порог раздражающего действия — 0,9—8,7 мг/м<sup>3</sup>.

Значение STEL в мг/м<sup>3</sup> для разных стран (по RTECS: FO2100000, CAS 7782-50-5): Швейцария — 3,0; Франция — 3,0; Великобритания — 9,0; Венгрия — 1,0; Россия — 1,0; Швеция — 3,0; Бельгия — 3,0; Финляндия — 3,0; Индия — 9,0; США — 2,9.

### **Взрыво- и пожароопасность**

Хлор не горюч при любых условиях. Емкости с хлором могут взрываться при нагревании. Взаимодействие с металлами при увлажнении может вызвать образование воспламеняющихся (горючих) газов. Хлор поддерживает горение.

### **Опасность для человека Общий характер действия**

Возможен смертельный исход при вдыхании. Хлор оказывает раздражающее и прижигающее действие, вызывая некроз тканей, а затем пер-

вичное токсико-химическое воспаление, к которому в дальнейшем может присоединяться вторичная инфекция. В первую очередь поражает слизистую оболочку верхних дыхательных путей и бронхов. При высоких концентрациях и длительном воздействии поражение распространяется на глубокие отделы дыхательных путей.

Пары действуют сильно раздражающе на слизистую оболочку глаз и кожу. Соприкосновение вызывает ожоги слизистой оболочки дыхательных путей, кожи, глаз.

При утечке загрязняет водоемы.

Основными признаками поражения являются: резкая загрудинная боль, сухой кашель, рвота, нарушение координации, одышка, резь в глазах, слезотечение.

## **Острые отравления**

При отравлении средней тяжести: насморк, чувство сухости и жжения в горле, охриплость голоса, кислый привкус во рту, головная боль, резь в глазах, слезотечение, боль в груди, мучительный кашель, иногда рвота. Резко гипермирована слизистая оболочка носа, обильные серозные выделения из носа, дыхание носом затруднено. Увеличен и гипермирован язычок, отечны дужки миндалин, истинные и ложные голосовые связки. Слизистая оболочка трахей покрыта беловатой мокротой, иногда с прожилками крови, потеря голоса. Дыхание учащено до 30 вдохов в минуту. Выслушиваются обильные сухие свистящие хрипы, нередко влажные хрипы разного калибра. Кровь темна, густа, легко свертывается.

Отравление, перенесенное в первые дни на ногах, может через несколько дней закончиться смертью, если заболевание протекает без осложнений — полное выздоровление наступает на 10—15 день.

При тяжелых отравлениях, наряду с явлениями токсического трахеобронхита, появляются признаки бронхоолита, бронхопневмонии, а иногда токсического отека легких. Общее тяжелое состояние и неприятные ощущения — удушье, кашель, боль в груди могут вызвать своеобразную реакцию: пострадавший мечется, делает попытку бежать, но тотчас падает, движения становятся некоординированными, сознание теряется.

В очень тяжелых случаях отравление сопровождается комой, иногда судорогами. К тяжелым случаям отравления следует отнести и асфиктические формы, обусловленные рефлекторным спазмом мышц голосовых связок. При этом наблюдается затрудненный вдох, сопровождающийся шумом и свистом, резко выраженный цианоз.

К отдаленным последствиям острых отравлений следует отнести хронические катары слизистых оболочек верхних дыхательных путей, хронические рецидивирующие бронхиты и перибронхиты с последующим возникновением

пневмосклероза, амфиземы, бронхо-актатической болезни, легочно-сердечной недостаточности.

### **Действие на кожу**

Газообразный хлор или хлорная вода могут вызывать острый дерматит, иногда переходящий в экзему. Возможны «хлорные угри».

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления — ингаляционный. Точка приложения токсического действия — легкие.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Необходима защита органов дыхания, глаз, кожи. При высоких концентрациях необходимо использование изолирующего защитного костюма типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4 М или дыхательным аппаратом АСВ-2. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. За пределами района аварии возможно использование фильтрующего противогаза с патроном марки А в комплекте с защитным костюмом типа Л-1 или Л-2. Резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник, специальная защитная одежда. При возгорании — огнезащитный костюм. Для эвакуации населения возможно использование самоспасателей.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Немедленно вынести пострадавшего из опасной зоны, освободить от одежды, стесняющей дыхание и способствующей адсорбции яда. Свежий воздух, покой, тепло. Транспортировка может осуществляться только лежа. В случае необходимости дать увлажненный кислород. При отсутствии дыхания сделать искусственное дыхание методом «рот в рот». Слизистые и кожу промыть 2 % раствором гидрокарбоната натрия или 2 % раствором гидросульфата натрия, обильное питье этого раствора или промывание желудка. Обильное полоскание носа. Всех пораженных отправить на медицинское обследование.

### **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны.

Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Вызвать пожарную и газоспасательную службы. Не прикасаться к разлитому веществу. Удалить из зоны разлива горючие вещества. При наличии специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Отвезти неисправные емкости в безопасное место. При интенсивной утечке дать газу полностью выйти, для осаждения газа использовать распыленную воду. Место разлива обваловать и не допускать попадания вещества в водоемы. Место разлива залить водой, известковым молоком, раствором соды или каустика. При повреждении баллонов или контейнеров отвезти емкости в безопасное место, вызвать специалистов.

### **При возгорании и пожаре**

Надеть полную защитную одежду. Не приближаться к емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить всеми подручными средствами. Не допускать попадания воды в емкости с хлором.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

#### ***В воздухе.***

Метод основан на восстановлении хлора мышьяковистой кислотой до соляной кислоты и определении последней с азотнокислым серебром в виде хлорида серебра; чувствительность метода 3 мкг в объеме 5 мл.

Возможно определение, основанное на свойстве хлора в кислой среде обесцвечивать раствор метилового оранжевого индикатора.

Надежным считают метод титрования азотнокислой ртутью с использованием смешанного индикатора (бромфенол синий — дифенилкарбазон). В воздухе производственных помещений ускоренный метод — см. ГОСТ 12.1.014-84 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Методы измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками»; методические указания «Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (М., 1985).

#### ***Газообразный хлор.***

Концентрацию хлора определяют абсорбционным методом — по изме-

нению объема анализируемой пробы при контакте ее с растворами восстановителей (тиосульфат натрия, изороданид калия, йодистый калий, хлористое железо, хлористое олово). Более точным является поглощение хлора ртутью или амальгамой цинка. В остатке газа после поглощения хлора определяют сначала двуокись углерода и кислорода последовательным поглощением растворами едкого калия и пирогаллола или гидросульфита, затем водорода — сжиганием на платиновом или палладиевом катализаторе.

Для анализа применяют аппараты Орса, ВТИ, Бунте и др. Для автоматического определения концентраций хлора используют приборы кондуктометрические или ультрафиолетового поглощения.

Содержание влаги определяется по привесу поглотителей с серной кислотой, пятиокисью фосфора.

### ***Жидкий хлор.***

Анализируют, пропуская пробу паров хлора через поглотитель с раствором восстановителя в приборе, снабженном бюреткой для собирания непоглощаемых примесей («не хлора»). По привесу поглотителя и объему («не хлора») рассчитывают весовые % хлора.

Хлор в воздухе определяют, пропуская пробу через поглотители с раствором йодистого калия и оттитровывая выделившийся йод раствором тиосульфата натрия.

Разработаны методы определения микроконцентраций хлора в воздухе: нефелометрический (поглощение раствором мышьяковистого ангидрида с нефелометрическим определением образовавшегося хлораниона).

Колориметрический метод используется для автоматических газоанализаторов, например, ФКГ 3 и ФЛ 550.

Растворенный *в воде* хлор определяют йодометрически — по количеству йода, выделяющегося при реакции с йодистым калием в слабокислой среде или прямым титрованием хлора раствором метилоранжа колориметрически с отолидином, микрокристаллоскопически — с добавлением полийодида анилина.

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) газа использовать распыленную воду. Место разлива промыть большим количеством воды. Изолировать песком, воздушно-механической пеной. Промытые поверхности техники, территории обработать щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поврежденные емкости (баллоны) вынести из зоны аварии, опрокинуть в емкости с водой, слабым щелочным раствором.

Для дегазации (нейтрализации) 1 тонны хлора требуется до 150 т воды или 10 т 10 % раствора щелочи или кальцинированной соды. Эффективно для дегазации (нейтрализации) можно использовать отходы щелочных, известковых



и гипсовых производств. Нельзя использовать для дегазации (нейтрализации) водные растворы аммиака, т. к. в этом случае может образоваться хлористый азот, который взрывоопасен.

## 2.46. Бромбензол. Хлорбензол

Бромбензол (фенилбромид) используется как катализатор в реакциях органического синтеза, в тонком органическом синтезе, как реактив и растворитель в лабораторной практике.

Хлорбензол (фенилхлорид) используется в производстве фенола, 4,4'-дихлордифенил-трихлорэтана (ДДТ), полупродуктов в синтезе красителей и как растворитель в лабораторной практике.

Пары бромбензола и хлорбензола тяжелее воздуха; скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

Бромбензол  $C_6H_5Br$ ,  $M = 157,02$  г/моль;

Хлорбензол  $C_6H_5Cl$ ,  $M = 112,60$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Представляют собой бесцветные подвижные жидкости со своеобразным запахом.

Таблица 2.11

#### Физические характеристики

Характеристика	Бромбензол	Хлорбензол
$T_{пл}$ , °C	-30,6	-45,58
$T_{кип}$ , °C	156,2	131,687
$P$ , мбар/мм.рт.ст.	4/3	11,7/8,8
$C_{max}^{20}$ , мг/л	25,8*	54,2*
Относ. плот. пара	5,4	3,88

\* Расчетные значения

Оба вещества плохо растворимы в воде (хлорбензол — 0,049 %, бромбензол — 0,045 % (30 °C)). Хлорбензол с водой образует азеотропную смесь  $T_{кип} = 90,2$  °C (бензол 76,6 %, вода 23,4 %).

Хорошо растворимы в спирте, эфире, бензоле, углероде, сероуглероде.

В химическом отношении малореакционно способны. Замещение гало-

гена осуществляется в жестких условиях: на гидроксил (действием щелочи) 300—375 °С, на циан-группу (цианистым калием), сульфогруппу (сульфитом натрия), на остатки жирных кислот (солями жирных кислот) при 200 °С (и более) и только в присутствии катализаторов, на аминокгруппу при 180—200 °С в присутствии солей меди.

В жидком аммиаке реагирует с амидом калия. При нагревании с натрием в эфире образуют дифенил, взаимодействуют с магнием, образуя реактивы Гриньяра.

При обработке концентрированной азотной и серной кислотами образуют нитробром- и нитрохлорбензолы, бром-, хлорбензолсульфокислоты, алкилируются галойдными алкилами в присутствии треххлористого алюминия с образованием бром-, хлорсодержащих жирноароматических углеводородов.

Водные растворы щелочей под давлением 150—250 атмосфер и температурой 300—350 °С гидролизуют их и образуют фенолы.

При соприкосновении с огнем выделяют ядовитые газы.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности: бромбензол — 3 / 4, хлорбензол — 3 / 3.

Значения основных токсикологических характеристик представлены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

#### **Токсикологические характеристики**

Характеристика	Бромбензол	Хлорбензол
ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	3	50
ПДК <sub>мп</sub> , мг/м <sup>3</sup>	-	0,1
ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	-	0,1
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	-	0,02
LD <sub>50</sub> , мг/кг (мышь)	2700	2300 (орально)
LD <sub>50</sub> , мг/кг (крыса)	3200	3300 (орально)
LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> (мышь)	21000	15000 (LC70)
LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> (крыса)	42000	-

Порог восприятия запаха хлорбензола 0,00041—0,0015 мг/л.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Легко воспламеняются от искр и пламени. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары, образующие с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости

могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси. Существует опасность взрыва в помещении. Значения основных характеристик взрыво- и пожароопасности представлены в табл. 2.13.

Таблица 2.13

### Характеристики взрыво- и пожароопасности

Характеристика	Бромбензол	Хлорбензол
$T_{всп}, ^\circ\text{C}$	30	29,4
$T_{самовоспл}, ^\circ\text{C}$	545	590
КПВ, %	24—50	1,35—7,05
$T_{воспл}$	51	-

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Обладают наркотическим действием. Поражают печень, вызывая некроз в центральных долях. Блокируют тиольные группы белковых систем.

Пары опасны при вдыхании. Ядовиты при приеме внутрь. Возможны смертельные исходы. Пары действуют сильно раздражающе на слизистые оболочки и кожу. Поражают роговицу глаз. Действуют через неповрежденную кожу. Могут поражать легочную ткань, вызывая отек легких.

### Острые отравления

При отравлении наблюдается: головокружение, головная боль, сонливость, чувство опьянения, расстройство координации, судороги, боли в желудке, тошнота, рвота, удушье, кашель, слезотечение.

### Распределение в организме

Накапливаются во внутренних органах, особенно в жировой ткани. В организме превращаются в фенолы.

### Средства индивидуальной защиты человека

Фильтрующий противогаз марки А. Защита кожи рук. При высоких концентрациях — изолирующий противогаз. Респиратор — РПГ-67А. Защитный костюм. Резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник. При возгорании использовать огнезащитный костюм. Для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

## **Оказание первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух, загрязненную кожу обмыть водой в течение 15 мин или 2 % раствором соды, удалив загрязненную одежду. Обеспечить тепло и покой. При необходимости кислород. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних. Держаться с наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе 200 м и не допускать посторонних. Уточнить радиус опасной зоны по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Отправить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта в зоне аварии. Устранить источники огня, искр. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. По возможности вывезти емкости в безопасное место. При интенсивной утечке оградить земляным валом, разлившуюся жидкость перекачать в свободную емкость.

Не допускать попадания вещества в подвалы, тоннели, канализацию. Небольшие утечки засыпать песком, землей или другим негорючим материалом, загрязненные места промыть водой.

## **При возгорании и пожаре**

Использовать сухой песок, землю, кошму, покрывало и другие подручные средства. Пользоваться огнетушителями марок ОП, ОУ.

В зону аварии входить в защитной одежде и дыхательном аппарате. Не приближаться к горящим емкостям. Убрать емкости из зоны пожара, если это не представляет опасности. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь с максимального расстояния тонкораспыленной водой, воздушно-механической или химической пенами.

## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Определение в воздухе возможно групповым методом на галойдные алкилы. Основано на образовании дианилида глутаконового альдегида при действии продуктов нитрования бром-хлорбензола с пиридином и анилином. Чувствительность 0,25 мкг в 0,1 мл исходного раствора. Может быть использован пиридиновый реактив.

Кроме того, оба вещества могут быть идентифицированы по физико-химическим характеристикам производных: по продуктам нитрования хлорбензола  $T_{пл} = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$  и бромбензола  $T_{пл} = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также  $\alpha$ -нафталиду  $T_{пл} = 161\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Нейтрализаторы и дегазаторы

*Для рассеивания (изоляции)* паров использовать распыленную воду. Вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывести для утилизации. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть водой, обработать моющими композициями, обработать концентрированным раствором пероксида водорода. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в поверхностные воды, обработать концентрированным раствором пероксида водорода. Почву перепахать.

В качестве нейтрализаторов и дегазаторов дополнительно можно использовать щелочные растворы на основе органических растворителей (спирт, целазоль и др.). Однако необходимо помнить, что в этих случаях образуются токсичные вещества — фенолы и их производные.

## 2.47. Хлорпикрин

Хлорпикрин (трихлорнитрометан, нитротрихлорметан, нитрохлороформ) используется в качестве учебного ОВ при проверке индивидуальных средств защиты органов дыхания. Широко используется в качестве инсектицида, акарицида и фумиганта. Является ценным инсектицидом и фунгицидом и применяется для обработки зернохранилищ.

В холодное время года возможно скопление паров в низких участках местности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$\text{CO}_2\text{NCl}_3$ ,  $M = 164,39$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная, прозрачная жидкость со своеобразным, резким запахом, напоминающим запах картофельной ботвы. При хранении жидкость приобретает желто-зеленый цвет.  $T_{пл} = 209$  °К (–64 °С),  $T_{кип} = 385,3$  °К (112,3 °С), плотность 1,6539 (20 °С), показатель преломления 1,46075 (20 °С), упругость пара 27 мбар (20,3 мм рт. ст.), летучесть 182,2 мг/л (20 °С), относительная плотность пара 5,69.

Практически нерастворим в воде, перегоняется с водяным паром. Хорошо растворим в органических растворителях. Сорбируется пористыми материалами.

В химическом отношении инертен. Практически не гидролизуетс водой и водными растворами щелочей. Спиртовые растворы щелочей и водно-спиртовые растворы сульфида натрия быстро разрушают хлорпикрин. С алкоголем натрия образует ортоугольный эфир, нитрат натрия и хлорид натрия; с аммиаком образует гуанидин. Восстанавливается водородом в момент выделения до метиламина; с бромидом калия образует трибромнитрометан, с иодидом калия — тетраиодметан. Окисляет меркаптаны до дисульфидов. Начинает разлагаться на фосген и хлористый нитрил уже при 65 °С.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 2/1.  $\text{ПДК}_{рз} = 0,7$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{мр} = 0,01$  мг/м<sup>3</sup>,  $\text{ПДК}_{сс} = 0,007$  мг/м<sup>3</sup>. Порог восприятия запаха 0,6 мг/м<sup>3</sup>. Порог раздражающего действия 2 мг/м<sup>3</sup>.  $\text{LC}_{т_{50}} = 20\text{—}24$  мг·мин/л.  $\text{LC}_{50} = 0,167\text{—}0,200$  мг/л при двухчасовой экспозиции.

## Взрыво- и пожароопасность

Не горит. С воздухом не образует взрывоопасных смесей. Пожаробезопасен, но при нагревании, разлагаясь, образует ядовитые газы (фосген).

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Пары хлорпикрина сильно раздражают слизистые глаз (сильнейший лакриматор), верхние дыхательные пути, поражает легочную ткань, раздражает

капилляры, возможен токсический отек легких. Опасен при вдыхании, попадании на кожу и слизистые, внутрь. Обладает общетоксическим действием.

### **Острые отравления**

Ощущение специфического запаха, слезотечение, раздражение верхних дыхательных путей, кашель, иногда с кровавой мокротой, тошнота, рвота, боли в животе, понос, головная боль; мышечная слабость; часто слабый и неправильный пульс. Смерть наступает от отека легких, чувствительность к хлорпикрину постепенно повышается, а при вдыхании малейших его следов внезапно, преимущественно ночью, появляется стеснение в груди, ощущение удушья.

### **Действие на кожу**

Пары хлорпикрина раздражают, а жидкий хлорпикрин причиняет тяжелые поражения кожи.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм человека ингаляционный. Объектом резорбтивного действия являются нервные клетки и кисточные элементы сосудистой системы. Яд, проникая внутрь клетки подобно другим нитросоединениям, восстанавливается с образованием весьма ядовитого вещества — гидроксиламина.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Фильтрующие промышленные противогазы марки А, А8, В, В8, М, БКФ, ГП-7. При высоких концентрациях — изолирующие противогазы и дыхательные кислородные приборы, защитные герметичные очки. Защита кожи лица и рук, защитные очки, резиновые сапоги и перчатки. При возгорании вещества — огнезащитный костюм. Защитная спецодежда из плохо проницаемой или непроницаемой ткани.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсичного вещества в организм пораженного ( надеть противогаз), вывести (вынести) пораженного из зоны поражения. Смена одежды. Загрязненные участки тела обмыть водой с мылом. Полный покой, тепло, питье горячего чая, кофе. Глаза, рот, нос, прополоскать водой или раствором хлорида натрия, 3 % раствором борной кислоты, или 2—3 % раствором соды. Всех пораженных отправить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Не прикасаться к разлитому веществу. Устранить течь, если это не вызывает опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. По возможности вывезти опасный груз в безопасное место. Выслать на место аварии газоспасательную службу. Оповестить об опасности отравления местные органы власти и штаб ГО. Эвакуировать людей из зоны опасного распространения ядовитых паров. Не допускать попадания ядовитых паров в подвалы, тоннели, канализацию.

Не допускать попадания веществ в водоемы. При интенсивной утечке оградить разлитую жидкость земляным валом, по возможности перекачать в исправную емкость.

### **При возгорании и пожаре**

Не горит. При возникновении пожара необходимо надеть полную защитную одежду. По возможности убрать из зоны пожара опасный груз. Не приближаться к нагретым емкостям. Охлаждать емкости холодной водой. Тушить огонь всеми имеющимися средствами: водой, воздушно-механическими и химическими пенами, использовать любые виды огнетушителей.

### **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на разложении хлорпикрина и определении хлоридов калориметрическим и нефелометрическим методами.

Обнаружение хлорпикрина в растворах основано на разложении его этилатом натрия до азотистой кислоты, которая обнаруживается с помощью сульфанолевой кислоты и  $\alpha$ -нафтиламина. Образование азокрасителя красного цвета — положительная реакция на присутствие хлорпикрина в пробе.



Для количественного определения хлорпикрина используют реакцию его восстановления иодидом калия с последующим определением выделившегося йода.

### **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Небольшие утечки засыпать песком, землей, залить водноспиртовым раствором сульфида натрия или растворами гидроксида натрия на основе органических растворителей (спиртовые растворы, а также растворы целозольватов натрия в целлозольве).

Это связано с тем, что хлорпикрин может быть обезврежен: спиртовыми растворами щелочей, водно-спиртовыми растворами сульфида натрия, алкоголями, целозольватами щелочных металлов в органическом (безводном) растворителе.

## **2.48. Хлорциан**

Хлорциан (хлорангидрид циановой кислоты, циан хлористый) используется в синтезе нитрильного каучука, синтетического волокна и органического стекла. Является промежуточным продуктом синтеза красителей триазинового ряда, некоторых фунгицидов, гербицидов, инсектицидов и лекарственных веществ.

Пары хлорциана тяжелее воздуха, поэтому могут скапливаться в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### **Формула, молекулярная масса**

$\text{ClCN}$ ,  $M = 61,48 \text{ г/моль}$ .

### **Основные физические и химические свойства**

Бесцветная жидкость, в обычных условиях газ с резким запахом, напоминающим запах хлористого водорода. При нормальных условиях его плотность составляет  $\rho_0^{\text{жс}} = 1,222 \text{ г/см}^3$ , относительная плотность пара 2,1,  $T_{\text{пл}} = 269,5 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $-6,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ),  $T_{\text{крит}} = 285,8 \text{ }^\circ\text{K}$  ( $12,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Упругость пара 1,3355 бар при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (1002 мм рт. ст.), максимальная летучесть 3300 мг/л ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

В химическом отношении реакционноспособен, во многих случаях ведет себя как псевдогалоген. Хлорциан ограниченно растворим в воде. Хорошо растворим в некоторых органических растворителях (бензин, эфир, жирные спирты).

В воде хлорциан медленно гидролизруется до соляной и циановой кислот. Растворы щелочей его разлагают достаточно быстро. С аммиаком образует цианамиды с первичными и вторичными аминами — замещенные цианамиды; со спиртами образует имидоэфиры. Под влиянием галогеноводородных кислот полимеризуется до цианурхлорида. Легко реагирует с восстановителями, образуя синильную кислоту.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 2/1. Пороговая концентрация (раздражение слизистых глаз) 0,0025 мг/л. Непереносимая концентрация 0,05—0,06 мг/л. Среднесмертельная доза 3—4 мг·мин/л. Смертельная концентрация при двухчасовой экспозиции — 0,044 мг/л. ПДК<sub>рз</sub> = 0,7 мг/м<sup>3</sup>.

## **Взрыво- и пожароопасность**

Не горит. С воздухом не образует взрывоопасных смесей. Емкости могут взрываться при нагревании.

## **Опасность для человека Общий характер действия**

При вдыхании паров хлорциана возможны смертельные исходы. Раздражает слизистые глаз и верхних дыхательных путей. При поступлении в организм через легкие в малых концентрациях — способен поражать легкие, вызывая их токсический отек. В больших концентрациях и дозах — типичное ОВ общедовитого действия, угнетающее клеточное дыхание.

## **Острые отравления**

При контакте с парами хлорциана ощущается его запах (не специфичен), резь в глазах, слезотечение и раздражение носоглотки.

При остром отравлении страдают в первую очередь дыхательный и сосудодвигательный центры (в начале углубление дыхания и повышение кровяного давления, затем паралич дыхания и резкое падение кровяного давления). В первый момент отравления решающим является кислородное голодание тканей. В дальнейшем могут происходить дегенеративные изменения, развивающиеся в центральной нервной системе.

При высоких концентрациях почти мгновенная потеря сознания: наступает паралич дыхания, а вскоре паралич сердца.

При меньших концентрациях наблюдается несколько стадий.

**Начальная стадия:** ощущение царапания в горле, горький вкус во рту, слюнотечение, онемение рта и зева, покраснение конъюнктивы, мышечная слабость, пошатывание, затруднение речи, головокружение, острая головная боль, тошнота, рвота, позывы к дефекации; дыхание заметно учащено, сердцебиение. При выходе на свежий воздух в этой стадии все симптомы быстро исчезают.

**Стадия одышки:** постепенно усиливающаяся общая слабость, боли и чувство стеснения в области сердца, редкое и глубокое дыхание, замедление пульса; сильная одышка; иногда отдельные короткие вздохи, сопровождающиеся длительными выдохами, тошнота, рвота. Расширение зрачков, экзофтальм.

**Стадия судорог:** чувство тоски, усиливающаяся одышка, потеря сознания, сильные судороги (чаще тетанические). Судорожное сведение жевательной мускулатуры с прикусом языка.

**Стадия паралича или асфиксии:** полная потеря чувствительности и рефлексов, непроизвольное мочеиспускание и дефекация, уреженное поверхностное дыхание, смерть.

Последствиями острого отравления могут быть учащение пульса, психическая и физическая повышенная утомляемость, психоневрологические нарушения с экстрапирамидным синдромом, ослабление памяти. Полиневриты. Привыкания не происходит, скорее наблюдается повышение чувствительности.

Индивидуальные различия весьма значительны.

### **Действие на кожу**

При длительном контакте паров или жидкого хлорциана с кожей проявляется незначительное раздражающее действие, зуд, образование пузырьков, напоминающих ожоговые. При попадании в глаза — локальное раздражение.

### **Поступление и распределение в организме**

Основной путь поступления в организм — ингаляционный. Место воздействия — клетки тканей. При любом поступлении в организм он восстанавливается до синильной кислоты. Цианионы обнаружены в головном мозге, миокарде, и мышечных тканях, а также в печени. Содержание циан-ионов в цельной крови выше, чем в сыворотке.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

При высоких концентрациях — изолирующий противогаз. Защитный костюм. Резиновые сапоги, перчатки, шлем, нагрудник, фартук.

При незначительных концентрациях — противогаз марки В, для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ токсического вещества в организм человека (надеть противогаз). Вывести (вынести) на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Обеспечить тепло, покой, дать кислород и амилнитрит. При остановке дыхания — длительное искусственное дыхание. Обработать глаза 3—5 % раствором гидрокарбоната натрия или 3 % борной кислотой; использовать щелочные глазные мази. Кожу промыть 5—10 % раствором гидрокарбоната натрия. Отправить всех пораженных на медицинское обследование.

Анидот-цистеин, ацетилцистеин.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Пролитое вещество быстро испаряется. Не прикасаться к пролитому веществу. Прекратить движение транспорта через зону аварии и распространения паров. Устранить источники огня, остановить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную специальную емкость с соблюдением мер предосторожности. При интенсивной утечке — оградить земляным валом разлившуюся жидкость, перекачать в автомобильные или железнодорожные специализированные цистерны. Для осаждения паров использовать распыленную воду, аммиачную воду или 5 % раствор гидроксида натрия.

Не допускать попадания ядовитого вещества в водоемы, подвалы, тоннели, канализацию.

## **При возгорании и пожаре**

Хлорциан не горит, однако в емкостях при нагревании возникает давление, емкости могут взорваться. В случае возникновения пожара необходимо изоли-

ровать опасную зону в радиусе 800 м. По возможности убрать из зоны пожара все емкости с хлорцианом, если это не представляет опасности. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить огонь всеми возможными средствами: водой, воздушно-механической или химической пеной.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Пары хлорциана в воздухе, а также жидкий хлорциан могут быть обнаружены (качественно) по фильтровальной бумажке, пропитанной раствором медного купороса и фенолфталеина (высушенная). Окрашивается в розовый цвет, чувствительность 0,001 мг/л.

Просасыванием воздуха через индикаторную трубку с тремя зелеными кольцами. При наличии хлорциана в воздухе нижний наполнитель трубки окрашивается в розовый цвет, чувствительность трубки 0,008 мг/л.

В растворах хлорциан может быть обнаружен с помощью реактива на галойдциан (0,2 мл ацетоуксусного эфира растворяют в смеси, состоящей из 8 мл пиридина и 2 мл дистиллированной воды).

При ведении анализа — в пробирку вносят 1 мл испытуемого спиртового, эфирного (бензинового) или водного раствора, 0,5 мл реактива на галойдциан и смесь перемешивают. Окрашивание раствора в розовый или малиновый цвет свидетельствует о наличии хлорциана в пробе.

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Небольшие утечки залить 20 % раствором едкого натра. Провести нейтрализацию и обезвреживание остатков вещества и загрязненного участка местности, транспортных средств.

Для нейтрализации хлорциана возможно использование гидроокисей металлов (растворы едкого натра), при этом образуются неядовитые ционаты; растворы аммиака образуют цианамид.

## **2.49. Циклогексан**

Циклогексан (гексаметилен, гексагидробензол) является хорошим растворителем каучука, восков, битумов. Используется как сырье для получения циклогексанола и циклогексанона, нитроциклогексана, циклогексаноксима — полупродуктов в производстве капролактама, а также адипиновой кислоты; последние два продукта используют для получения полиамидов. Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$C_6H_{12}$ ,  $M = 84.162$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная жидкость с запахом, напоминающем бензол; с плотностью 0,7786 г/см<sup>3</sup> (при 20 °С).  $T_{пл} = 279,7$  °К (6,55 °С),  $T_{кип} = 353,9$  °К (80,7 °С). Давление паров 4,93 кПа (5,5 °С), 20 кПа (35 °С), 72,5 кПа (70 °С), показатель преломления 1,4266 (20 °С). Относительная плотность пара 2,9, смеси пар — воздух 1,2 (20 °С).

Не растворим в воде, смешивается с эфиром, ацетоном, бензолом. Вступает в реакции окисления и нитрозования. Способен к реакциям радикального замещения. Циклогексан не гидрируется.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 4/4.  $ПДК_{рз} = 80$  мг/м<sup>3</sup>.  $ПДК_{мр} = 1,44$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 1,4$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{вв} = 0,1$  мг/л.

В 1 % концентрации (38000 мг/м<sup>3</sup>) люди переносят пары циклогексана в течение 7—62 мин.

## Взрыво- и пожароопасность

Горюч. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температуре окружающей среды, равной температуре вспышки жидкости и выше.

Температура вспышки,  $T_{всп} = -18$  °С; Температура самовоспламенения,  $T_{самовоспл} = 260$  °С. Пределы взрываемости, объем % в воздухе, КПВ = 1,3—8,4.

## Опасность для человека

### Общий характер действия

Вызывает наркоз.

## **Острые отравления**

При кратковременном воздействии вещество и пар в высокой концентрации раздражает глаза и дыхательные пути. Проглатывание жидкости может вызвать аспирацию в легких с риском возникновения химического воспаления легких. При длительном воздействии высоких концентраций может наступить потеря сознания, исчезновение рефлексов, тетанические судороги, которые могут привести к смерти при постепенном замедлении дыхания.

### **Действие на кожу**

При попадании на кожу вызывает зуд. Повторный или длительный контакт с кожей может вызвать дерматит.

### **Поступление и распределение в организме**

Установлена корреляция между содержанием циклогексана в воздухе производственных помещений, альвеолярном воздухе, в крови и моче работающих. Содержание в альвеолярном воздухе достигало 78 % от уровня в воздухе рабочей зоны; в крови — 53—78 % от содержания в альвеолярном воздухе. В моче обнаружен циклогексанол, концентрация которого соответствовала 0,1—0,2 % от задержанного в организме количества циклогексана. Циклогексанол образуется в результате гидроксилирования циклогексана микросомами печени.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для аварийных бригад — изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом ИП-4 М или дыхательным аппаратом АСВ-2 (При возгорании циклогексана обязательно использование огнезащитного костюма). При отсутствии указанных образцов: защитный общевойсковой костюм Л-1 или Л-2 в комплекте с изолирующим или промышленным противогазом РПГ-67 и патронами А, КД. При малых концентрациях в воздухе промышленный противогаз малого габарита ПФМ-1, с универсальным защитным патроном ПЗУ. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух, обеспечить покой, тепло, чистую одежду. Снять загрязненную одежду, кожу и слизистые промыть водой с мылом.

Глаза промыть большим количеством воды в течение нескольких минут. При проглатывании вещества прополоскать рот. Дать выпить растворенный в воде активированный уголь. Не вызывать рвоту. Пораженных направить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Пролитые отделить земляным валом. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию.

## **При возгорании и пожаре**

Тушить порошком, AFFF, пеной двуокисью углерода.

В случае возникновения пожара не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Метод ГХ — масс-спектрометрии.

С целью сигнализации дозрывных концентраций циклогексана используют стационарные сигнализаторы типа СВК-3М1, СТХ-1У4, «Щит-1У4», «Термо-У4» и переносные индикаторы взрывоопасности типа ИВП-1, У1.1.



## Возможные нейтрализаторы и дегазаторы

Для рассеивания (изоляции) паров использовать распыленную воду. При пониженных температурах вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Место разлива изолировать песком, воздушно-механической пеной, обваловать и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнением, собрать и вывезти для утилизации, соблюдая меры пожарной безопасности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Поверхности техники промыть моющими композициями, щелочным раствором (известковым молоком, раствором кальцинированной соды). Поверхность территории (отдельные очаги) обработать щелочным раствором, выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды. Почву перепахать.

## 2.50. Этиленимин

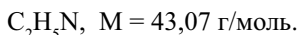
Этиленимин (азиридин) используется при получении полиэтиленимина, аминоэтилировании полимеров. Производные этиленимина используются как сшивающие агенты в производстве полимеров.

Этиленимин применяется в сельском хозяйстве и микробиологической селекции как активный мутаген; в синтезе инсектицидов и соединений, используемых в текстильной и химико-фармацевтической промышленности.

Транспортировка этиленимина осуществляется в контейнерах, железнодорожных цистернах и баллонах, которые являются временным его хранилищем. Этиленимин обычно хранится в наземных вертикальных цилиндрических резервуарах (объемом 50—5000 м<sup>3</sup> с коэффициентом заполнения 0,9—0,95) при атмосферном давлении и температуре окружающей среды.

Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса



### Основные физические и химические свойства

Этиленимин — бесцветная подвижная жидкость с характерным запахом аминов.  $T_{пл} = 202,0^\circ\text{K} (-71,0^\circ\text{C})$ ,  $T_{кип} = 328,0^\circ\text{K} (55,0^\circ\text{C})$ , плотность 0,8376 г/см<sup>3</sup>, показатель преломления 1,4123, упругость пара 215 мбар (161 мм рт. ст.), летучесть 380,2 мг/л (расчетная при 20 °C), относительная плотность пара 1,48.

Растворим в воде и большинстве органических растворителей.

В чистом виде этиленмин устойчив к нагреванию, в водных растворах гидролизует и полимеризуется, особенно быстро в присутствии кислот. Хорошо хранится в присутствии твердых щелочей и металлического натрия.

С металлическим калием и сплавом калий-натрий образует металлические производные, продукты замещения атома водорода при атоме азота на металл. С триалкилборанами и боратами образует комплексы: взаимодействует с кетенами, изоцианатами, галогенангидридами кислот. С карбонильными соединениями образует устойчивые N-этилениминокарбинолы. Легко присоединяется к активированной двойной и тройной связи, с гипогалогенидами образует N-галогенозамещенные производные. Нитрозирование его сопровождается распадом до этилена и оксидадиазота. Этиленминный цикл легко раскрывается под действием кислот, тиокислот, сероводорода, меркаптанов и тиомочевины. Гидрируется над никелем Ренея и устойчив к действию литий-алюминийгидрида.

### **Предельно допустимые концентрации.**

#### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Степень токсичности / класс опасности 1/1.  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 0,02 \text{ мг/м}^3$ .  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,001 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,001 \text{ мг/м}^3$ .

Порог ощущения запаха  $1,5\text{—}3,002 \text{ мг/м}^3$ . Изменение световой чувствительности глаз  $0,1502 \text{ мг/м}^3$ . Пороговая токсодоза  $4,8 \text{ мг} \cdot \text{мин/л}$ .

### **Взрыво- и пожароопасность**

Горюч, легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Над поверхностью разлитой жидкости образуется горючая концентрация паров при температурах окружающей среды, равной температуре вспышки жидкости и выше.

Температура вспышки,  $T_{\text{всп}} = -11 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Температура самовоспламенения,  $T_{\text{самовоспл}} = 320 \text{ }^\circ\text{C}$ . Пределы взрываемости, объем % в воздухе, КПВ = 3—55.

### **Опасность для человека**

#### **Общий характер действия**

Высокотоксичен, пары раздражают дыхательный аппарат и кожу, этиленмин поражает ЦНС и кровь. Обладает мутагенным эмбриотоксическим и тератогенным действием. Опасен при вдыхании, попадании на слизистые глаз, внешние дыхательные пути, кожу и внутрь организма человека.

## **Острые отравления**

Острые отравления сопровождаются: возбуждением (через 10—15 минут), продолжающимся 6—8 часов и напоминающим опьянение. Спустя несколько часов — слезотечение, насморк, охриплость голоса, кашель, одышка, бронхит с астмодным компонентом, гиперемия лица и всех слизистых, отек слизистой гортани и трахеи. Иногда умеренное желтушное окрашивание кожи и склер. Головная боль, тошнота, может быть рвота и тахикардия, повышение, а затем понижение кровяного давления.

При любых путях отравления характерно состояние эйфории. В легких случаях явления раздражения проходят через 1—3 дня. Выздоровление от 2—3 недель до 6 месяцев.

Возможны смертельные отравления, несмотря на быстрое смывание водой. Гибель наступает от сердечной недостаточности; возможны отек легких и мозга, плеврит, транхеобронхит.

### **Действие на кожу**

При попадании на кожу вызывает раздражение, глубокие, долго незаживающие язвы (иногда смертельные исходы). Эритема (при действии паров), напоминающая солнечный ожог.

### **Поступление и распределение в организме**

Основные пути поступления в организм человека — органы дыхания и кожные покровы. Данных о распределении в организме человека не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Необходима самая тщательная защита органов дыхания, глаз и кожных покровов. Для аварийных бригад — изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом ИП-4 М или дыхательным аппаратом АСВ-2 (При возгорании этиленмина обязательно использование огнезащитного костюма). При отсутствии указанных образцов: защитный общевойсковой костюм Л-1 или Л-2 в комплекте с изолирующим или промышленным противогазом марки А. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

## **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Пораженные участки кожи обильно промыть 10 % раствором гипосульфита натрия или 5 % раствором уксусной кислоты, затем струей воды и после осушения ватным тампоном смазать 1 % раствором димедрола в спирте. При попадании в глаза — промыть водой или 1 % раствором борной кислоты. Пораженных немедленно направить на медицинское обследование в лечебное учреждение.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Проливы оградить земляным валом, по возможности собрать (перекачать) в исправную емкость, засыпать место разлива песком, землей. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию. При сильной утечке использовать мелкораспыленную воду для осаждения паров.

Небольшие утечки засыпать песком, землей, собрать в емкость, а место разлива промыть большим количеством воды.

## **При возгорании и пожаре**

При возгорании использовать песок, кошму, подручные негорючие материалы. Пользоваться огнетушителями марки ОП и ОУ, тонкораспыленной водой.

При пожаре изолировать район в радиусе 800 м. По возможности выве-

сти емкости с ядовитой жидкостью из зоны пожара, если это не представляет опасности. Емкости обильно охлаждать водой с максимально возможного расстояния. Огонь в зоне пожара тушить всеми имеющимися в распоряжении средствами: водой, воздушно-механической и химическими пенами.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на гидролизе этиленimina и окислении до формальдегида. Минимально определяемое количество 0,04 мг в пробе.

Наиболее специфическая качественная реакция на этиленimin — цветная реакция с тиомочевинной.

Количественно этиленimin можно определить титрованием тиосульфата и тиоционата.

Наличие этиленimina определяют:

В воздухе промышленной зоны:

универсальным прибором газового контроля УПГК СИ «ЛИМБ» с индикаторной трубкой на формальдегид в диапазоне измерений 0,25—50 мг/м<sup>3</sup>;

мини-экспресс-лабораторией «МЭЛ» с диапазоном измерений до 100 мг/м<sup>3</sup>;

газосигнализатором промышленных выбросов «ГПХВ-2» с индикаторной трубкой на формальдегид в диапазоне измерений 5—800 мг/м<sup>3</sup>;

лабораторией комплексного экологического контроля объектов окружающей среды «Пчелка-Р» с индикаторной трубкой на формальдегид.

Определение этиленimina на открытом пространстве осуществляется с использованием прибора СИП «КОРСАР-X».

Определение этиленimina в замкнутых объемах осуществляется с использованием прибора СИП «ВЕГА-М».

## **Нейтрализаторы и дегазаторы**

Для нейтрализации этиленimina могут использоваться:

10 % водный раствор гипохлорита кальция (100 кг гипохлорита кальция и 900 л воды) с нормой расхода 20 т раствора на 1 т этиленimina;

25 % водный раствор аммиака (250 л жидкого аммиака и 750 л воды) с нормой расхода 2 т раствора на 1 т этиленimina. При отрицательных температурах в водный раствор аммиака добавляют едкий натр.

Небольшие количества этиленimina могут быть обезврежены растворами тиосульфата натрия.

Для уменьшения летучести этиленамин может быть связан в соли при взаимодействии с растворами кислот.

## 2.51. Этиленсульфид

Этиленсульфид (тиоокись этилена, диметилэтиленсульфид) используется в производстве синтетических смол, в резиновой промышленности, для получения полиалкиленсульфидов.

Транспортировка этиленсульфида осуществляется в контейнерах, железнодорожных цистернах и баллонах, которые являются временным его хранилищем. Этиленминим обычно хранится в наземных вертикальных цилиндрических резервуарах (объемом 50—5000 м<sup>3</sup> с коэффициентом заполнения 0,9—0,95) при атмосферном давлении и температуре окружающей среды.

Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

### Формула, молекулярная масса

$C_2H_4S$ ,  $M = 60,12$  г/моль.

### Основные физические и химические свойства

Этиленсульфид — бесцветная летучая жидкость с неприятным запахом.  $T_{пл} = 164,0$  °K (–109,0 °C),  $T_{кип} = 327,93$  °K (54,93 °C), плотность 1,013 г/см<sup>3</sup>, показатель преломления 1,491, упругость пара 499,9 мбар (375 мм рт. ст. при 25 °C), летучесть 1216,5 мг/л (расчетная при 25 °C), относительная плотность пара 2,08.

Плохо растворим в спирте, эфире. Устойчив к действию воды, разлагается при кипячении.

Под влиянием хлористого водорода (соляной кислоты) на холоде образует β-хлорэтилмеркаптан (основной продукт), β, β'-дихлордиэтилсульфид (иприт), 1,4-дитиан. В кислой среде полимеризуется, образуя политиоэфиры, при обработке меркаптанами образует 1,2-диалкилтиоэтаны.

### Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности 1/1. ПДК<sub>рз</sub> = 0,1 мг/м<sup>3</sup>. ПДК<sub>мр</sub> = 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Пороговая концентрация 0,1 мг · мин/л.

### Взрыво- и пожароопасность

Данных не обнаружено.

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Наркотик, обладает раздражающим и судорожным действием. Всасывается через неповрежденную кожу. Опасен при вдыхании, действии на кожу, слизистые, попадании внутрь.

### **Острые отравления**

При острых отравлениях наблюдается раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и кожи, конъюнктивит роговицы глаз, отек легких и кровоизлияния, наркотическое опьянение, в тяжелых случаях — судороги.

### **Действие на кожу**

При попадании на кожу вызывает кратковременное воспаление, при попадании в глаза — конъюнктивит и помутнение роговицы.

### **Поступление и распределение в организме**

Основные пути поступления в организм человека — органы дыхания и кожные покровы. Данных о распределении в организме человека не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Необходима самая тщательная защита органов дыхания, глаз и кожных покровов. Для аварийных бригад — изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4 М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2 (При возгорании этиленмина обязательно использование огнезащитного костюма). При отсутствии указанных образцов: защитный общевойсковой костюм Л-1 или Л-2 в комплекте с изолирующим или промышленным противогазом марки А. Маслобензостойкие перчатки, перчатки из дисперсии бутилкаучука, специальная обувь. Для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух. Снять загрязненную одежду. Глаза, кожу и слизистые промыть проточной водой в течение не менее 20 минут. Пораженных немедленно направить на медицинское обследование в лечебное учреждение.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Изолировать опасную зону в радиусе не менее 400 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Организовать эвакуацию людей с учетом направления движения облака токсичного газа. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь. Направить людей из очага поражения на медицинское обследование.

### **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспорта и проведение работ в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь с соблюдением мер предосторожности. Перекачать содержимое в исправную емкость или в емкость для слива с соблюдением условий смешения жидкостей. Пролиты оградить земляным валом, по возможности собрать (перекачать) в исправную емкость, засыпать место разлива песком, землей. Не допускать попадания вещества в водоемы, подвалы и канализацию. При сильной утечке использовать мелкораспыленную воду для осаждения паров.

Небольшие утечки засыпать активным углем или углем катализатором (песком, землей), собрать в емкость, а место разлива обработать 30 % раствором перекиси водорода, 10 % водным раствором гипохлорита кальция или аммиачной водой (в их отсутствие промыть большим количеством воды).

### **При возгорании и пожаре**

При возгорании использовать песок, кошму, подручные негорючие материалы. Пользоваться огнетушителями марки ОП и ОУ, тонкораспыленной водой.

При пожаре изолировать район в радиусе 800 м. По возможности вывести емкости с ядовитой жидкостью из зоны пожара, если это не представляет опасности. Емкости обильно охлаждать водой с максимально возможного расстояния. Огонь в зоне пожара тушить всеми имеющимися в распоряжении средствами: водой, воздушно-механической и химическими пенами.



## Способы обнаружения (индикации) и анализа

Наличие этиленсульфида определяют:

В воздухе промышленной зоны: мини-экспресс-лабораторией МЭЛ в концентрациях до 100 мг/м<sup>3</sup>; лабораторией для комплексного экологического контроля объектов окружающей среды «Пчелка-Р».

В воздухе закрытых помещений определение осуществляется приборами СИП «ВЕГА-М».

Для определения наличия этиленсульфида в зонах распространения его паров используются приборы СИП «КОРСАР-Х».

## Нейтрализаторы и дегазаторы

Для нейтрализации этиленсульфида могут использоваться:

10 % водный раствор гипохлорита кальция (100 кг гипохлорита кальция и 900 л воды) с нормой расхода 8 т раствора на 1 т этиленсульфида;

30 % водным раствором перекиси водорода (например, 300 л перекиси водорода и 900 л воды) с нормой расхода 2 тонны раствора на 1 тонну этиленсульфида;

25 % водный раствор аммиака (250 л жидкого аммиака и 750 л воды) с нормой расхода 2 т раствора на 1 т этиленсульфида. При отрицательных температурах в водный раствор аммиака добавляют едкий натр.

Для утилизации загрязненного грунта на месте разлива срезают поверхностный слой грунта на глубину загрязнения, собирают и вывозят на пункт утилизации. Места срезов засыпают свежим слоем грунта и промывают водой в контрольных целях.

## 2.52. Эпихлоргидрин

Эпихлоргидрин (1-хлорэпоксипропан,  $\alpha$ -хлорприпиленоксид) используется для производства синтетического глицерина, эпоксидных смол, стабилизаторов для хлорорганических соединений, ионообменных смол в химической промышленности, в резинотехнической и других отраслях промышленности. Транспортировка осуществляется в железнодорожных цистернах по 50—70 т, в стальных автомобильных цистернах или бочках вместимостью по 200 л.

Пары тяжелее воздуха, скапливаются в низких участках поверхности, подвалах и тоннелях.

## Формула, молекулярная масса

$C_3H_5OCl$ ,  $M = 92,52$  г/моль.

## Основные физические и химические свойства

Бесцветная, подвижная, маслянистая жидкость с раздражающим хлороформоподобным запахом; с плотностью  $1,18066$  г/см<sup>3</sup> (при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $T_{пл} = 248\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $T_{кип} = 389,11\text{ }^{\circ}\text{K}$  ( $116,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), упругость пара  $16,56$  мбар ( $12,38$  мм рт. ст.), летучесть (расчетная)  $62,67$  мг/л ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), показатель преломления  $1,43805$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Относительная плотность пара  $3,19$ .

В воде растворим плохо ( $6,5\%$ ). Образует азеотропную смесь ( $75\%$  эпихлоргидрина и  $25\%$  воды,  $T_{кип} = 88\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Растворим в спирте, эфире, хлороформе.

Очень реакционноспособное вещество. Действием натрия в спиртовом растворе (или амальгамы натрия) восстанавливается до алкилового спирта, йодистый водород восстанавливает эпихлоргидрин до хлорпропана, водой при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  гидролизует до монохлоргидрина глицерина. Из ацетата калия эпихлоргидрин образует ацетат эпигидринового спирта. Из эпихлоргидрина и цианистого калия получают  $\beta$ ,  $\alpha$ -эпоксибутиронитрил.

## Предельно допустимые концентрации.

### Дозы и другие токсикологические характеристики

Степень токсичности / класс опасности —  $2/3$ .  $ПДК_{рз} = 1$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{мп} = 0,2$  мг/м<sup>3</sup>,  $ПДК_{сс} = 0,2$  мг/м<sup>3</sup>.  $ПДК_{в} = 0,1$  мг/л.  $LD_{50} = 194 \pm 17$  мг/кг (мышь),  $141 \pm 13$  мг/кг (крысы).  $LC_{50} = 4000$  мг/м<sup>3</sup>.

Порог восприятия запаха человеком  $0,3$  мг/м<sup>3</sup>.

## Взрыво- и пожароопасность

Горит. Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места утечки. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях из остатков могут образовываться взрывоопасные смеси. Горит с образованием токсичных газов (фосген, хлороводород, хлор). Существует опасность взрыва в закрытых помещениях, порожних емкостях.

$T_{всп} = 40,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (по другим данным  $28$  и  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  $T_{самовоспл} = 385\text{ }^{\circ}\text{C}$ . КПВ =  $2,3$ — $34,4\%$ .

## **Опасность для человека**

### **Общий характер действия**

Обладает раздражающим и аллергическим действием, избирательно поражает почки. Проникает через кожу.

### **Острые отравления**

Сильно раздражает слизистые оболочки дыхательных путей, угнетает дыхание, в тяжелых случаях отек легких, поражает печень, почки, возможны астмодные бронхиты.

### **Действие на кожу**

Вызывает раздражение кожи вплоть до поверхностных некрозов, жжение, болезненность, дерматит со сливными пузырями и серозным содержанием.

Хорошо впитывается через кожу, вызывая сходную картину поражения, как и при вдыхании паров.

### **Поступление и распределение в организме**

Данных не обнаружено.

### **Средства индивидуальной защиты человека**

Для аварийных бригад — изолирующий защитный костюм типа КИХ-5 в комплекте с изолирующим противогазом типа ИП-4 М или дыхательным аппаратом типа АСВ-2. При возгорании эпихлоргидрина обязательно использование огнезащитного костюма. Фильтрующий промышленный противогаз марки А. Тщательная защита кожи — перчатки, спецодежда, обувь из непромокаемой для эпихлоргидрина ткани. Для эвакуации населения возможно использование эвакуационных самоспасателей.

### **Меры первой доврачебной помощи**

Прекратить доступ вещества в организм пораженного (надеть противогаз), вывести (вынести) на свежий воздух, обеспечить покой, тепло, чистую одежду. Снять загрязненную одежду, кожу промыть водой с мылом или 2 % раствором соды. Пораженные глаза в течение 15 минут промыть водой. При попадании внутрь — промывание желудка содовым раствором, сифонные клизмы. При-

ем внутрь — вазелиновое масло и активированный уголь. Противопоказано молоко, растительное масло, алкоголь и жиры. Всех пораженных направить на медицинское обследование.

## **Первоочередные действия в районе аварии Общего характера**

Сообщить местным органам власти и МЧС. Вызвать на место аварии пожарную и газоспасательную службы.

Изолировать опасную зону в радиусе не менее 200 м. Откорректировать указанное расстояние по данным химической разведки или прогноза. Удалить посторонних из опасной зоны. Держаться наветренной стороны. Избегать низких мест. Соблюдать меры пожарной безопасности. Не курить. Устранить источники огня и искр.

В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Пострадавшим оказать первую доврачебную помощь и отправить на медицинское обследование.

## **При утечке и разливе**

Сообщить в ЦСЭН. Прекратить движение транспортных средств и все работы в опасной зоне. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить течь, если это не представляет опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивном вытекании оградить разлившуюся жидкость земляным валом. По возможности перекачать разлившуюся жидкость в исправную емкость (цистерну). Не допускать попадания вещества в воду, водосточники, канализацию, тоннели.

## **При возгорании и пожаре**

В случае возгорания использовать распыленную воду, пены, сухие порошки. Пользоваться огнетушителями марки ОУ-2, 5, 8.

При возникновении пожара не приближаться к горящим емкостям. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния. Тушить тонкораспыленной водой, воздушно-механической и химическими пенами с максимального расстояния. По возможности убрать из зоны пожара опасный груз, если это не представляет опасности.

## **Способы обнаружения (индикации) и анализа**

Определение в воздухе основано на гидратации эпихлоргидрина и окислении до формальдегида. Чувствительность 3 мкг в 3 мл раствора. Мешают формальдегид, окись этилена и окись пропилена, этиленгликоль. Возможно также раздельное определение эпихлоргидрина и дихлоргидрина глицерина.

## **Возможные нейтрализаторы и дегазаторы**

Для осаждения (рассеивания, изоляции) использовать распыленную воду. Место разлива засыпать землей, песком, залить известковым молоком и не допускать попадания вещества в поверхностные воды. При пониженных температурах воздуха вещество откачать из понижений местности с соблюдением мер пожарной безопасности. Срезать поверхностный слой грунта с загрязнениями, собрать и вывезти для утилизации, соблюдая меры пожарной безопасности. Места срезов засыпать свежим слоем грунта. Промыть водой. Поверхности техники промыть моющими композициями; обработать острым паром. Поверхность территории (отдельные очаги) выжечь при угрозе попадания вещества в грунтовые воды; почву перепахать.

Данных по нейтрализаторам и дегазаторам не обнаружено.

Исходя из химических свойств эпихлоргидрина, можно сделать вывод о том, что он может быть обезврежен щелочными реагентами на основе органических растворителей (спиртовые растворы или растворы в целозольве). В качестве нейтрализаторов могут быть использованы: гидрооксиды щелочных и щелочноземельных элементов, алкоголяты и целозольволяты натрия.

## Раздел 3

# Характеристика, основные свойства отравляющих веществ и защита от них

### 3.1. Нервнопаралитические отравляющие вещества

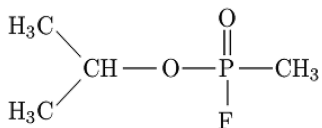
#### 3.1.1. Зарин

Зарин является одним из основных боевых токсичных химических веществ (БТХВ) смертельного действия. Основные виды боевых состояний: пар и тонкодисперсный аэрозоль. Он предназначен для ингаляционного поражения живой силы противника путем заражения приземного слоя атмосферы.

#### Формула, молекулярная масса

Химическое название: фторангидрид изопропилового эфира метилфосфоновой кислоты; изопропиловый эфир метилфосфоновой кислоты; изопропилметилфторфосфонат.

Условные названия и шифры: зарин, GB (США); трилон 144, T144, трилон 46, T46 (Германия).



$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2\text{PF}$ ,  $M = 140,1$  кг/моль.

#### Основные физические и химические свойства

Представляет собой бесцветную прозрачную жидкость без запаха с плотностью  $1,0943 \text{ г/см}^3$  ( $20^\circ \text{C}$ ). Плотность пара по воздуху 4,86. Смешивается с

водой и органическими растворителями во всех соотношениях. Температура кипения 151,5 °С (с частичным разложением). Температура замерзания — 57 °С. Максимальная концентрация насыщенного пара при 20 °С 11,3 г/м<sup>3</sup>. Давление насыщенного пара 250 Па.

В химическом отношении достаточно устойчив. Реакционная способность зарина определяется его свойствами как фторангидрида достаточно сильной метилфосфоновой кислоты, а также сложного эфира этой кислоты и изопропилового спирта.

Зарин гидролизуется в нейтральных водных растворах с образованием двух нетоксичных кислых продуктов — изопропилового эфира метилфосфоновой кислоты и фтористоводородной кислоты. Скорость гидролиза возрастает с повышением температуры и концентрации зарина, но особенно ускоряется в присутствии кислот, щелочей и различных катализаторов.

Гидролиз зарина в присутствии щелочей происходит значительно быстрее, чем в присутствии кислот. Поэтому водные растворы щелочей можно использовать для уничтожения зарина.

Водные растворы аммиака и аминов разлагают зарин примерно с такой же скоростью, как и водные растворы щелочей. При этом образуются нетоксичные аммониевые соли.

Зарин реагирует с гипохлоритами щелочных и щелочноземельных металлов, однако скорость его разложения в этом случае в 2—2,5 раза ниже, чем водными растворами щелочей.

Термическое разложение зарина начинается при его нагреве до температуры выше 100 °С. Вблизи точки кипения зарин разлагается практически полностью.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Отравление зарином происходит при его воздействии: через органы дыхания, через кожу и слизистые оболочки глаз, при приеме зараженной воды или пищи.

Токсичность зарина при действии через органы дыхания (при объеме легочной вентиляции 0,01 м<sup>3</sup>/мин и экспозиции 1÷2 мин):  $LC\tau_{50}$  —  $9 \cdot 10^{-2}$  г · мин/м<sup>3</sup>,  $IC\tau_{50}$  —  $5,5 \cdot 10^{-2}$  г · мин/м<sup>3</sup>,  $PC\tau_{50}$  —  $2,5 \cdot 10^{-3}$  г · мин/м<sup>3</sup>.

Первыми признаками поражения являются сужение зрачков глаз (миоз) и затруднение дыхания. Они проявляются при концентрации зарина в воздухе  $5 \cdot 10^{-4}$  г/м<sup>3</sup>.

Кожно-резорбтивная смертельная токсодоза при действии через открытые участки кожи человека ( $LD_{50}$ ) составляет 24 мг/кг, пероральная 0,14 мг/кг. При действии через обнаженную кожу паровозного вещества  $LC\tau_{50}$  — 12 г · мин/м<sup>3</sup>.

Для атмосферного воздуха населенных мест Постановлением Главного

государственного санитарного врача РФ от 27 декабря 2002 г. № 48 введены в действие с 1 января 2003 г. гигиенические нормативы ГН 2.1.6.118102. В данных нормативах установлены аварийные пределы воздействия (АПВ) отравляющих веществ. Для зарина они составляют:  $8,0 \cdot 10^{-7}$  г/м<sup>3</sup> (экспозиция 1 час);  $2,0 \cdot 10^{-7}$  г/м<sup>3</sup> (экспозиция 4 часа);  $1,0 \cdot 10^{-7}$  г/м<sup>3</sup> (экспозиция 8 часов);  $3,3 \cdot 10^{-8} \div 5,0 \cdot 10^{-9}$  г/м<sup>3</sup> (экспозиция 24 часа).

## Опасность для человека

Характерной особенностью фосфорорганических ОВ, в том числе и зарина является их способность химически связывать и инактивировать биологические катализаторы (ферменты) различных реакций в организме человека. В первую очередь это холинэстераза, которая регулирует процесс передачи нервных импульсов. Химическое связывание холинэстеразы приводит к потере данным ферментом каталитической активности.

В двигательной нервной системе, иннервирующей поперечнополосатую мускулатуру, в симпатических нервных волокнах, иннервирующих потовые железы, и в некоторых других отделах нервной системы таким передатчиком является ацетилхолин. До тех пор, пока ацетилхолин будет сохраняться в области межнейронного контакта (синапса), через последний с частотой 1000 импульсов в секунду, будут проходить нервные возбуждения. Ацетилхолин разлагается с огромной скоростью под воздействием холинэстеразы. В случае ее связывания в организме ацетилхолин сохраняется в неизменном виде в межнейронных, нервно-мышечных и нервно-рецепторных синапсах. Это приводит к перевозбуждению двигательной, непроизвольной мускулатуры и выделительных желез. В результате перевозбуждения двигательных мышц возникают мышечные судороги, переходящие в параличи. В результате перевозбуждения непроизвольной мускулатуры (сердечных и дыхательных мышц, мышц пищеварительного тракта, мочевого пузыря, зрачков глаз и т. п.) нарушается работа соответствующих органов. Она также сопровождается спазмами, подергиваниями и параличами. Непрекращающееся функционирование выделительных желез (потовых, слюноотделения) вызывает потливость пораженного и обильное слюноотделение. Тяжесть поражения определяется степенью связывания холинэстеразы.

При воздействии  $0,1 \text{ LC}_{50}$  или  $0,1 \text{ LD}_{50}$  обычно наблюдаются поражения легкой степени, признаками которых являются миоз, слюноотделение, потливость. Почти одновременно развиваются признаки отравления, связанные с появлением спазма кровеносных сосудов, бронхов, легких и сердечной мышцы. Возникает одышка, затруднение дыхания, болевые ощущения в груди и в области лба, общая слабость и ослабление сознания. Поражения легкой степени приводят к потере работоспособности на 1—5 суток.

Отравления средней степени тяжести наступают при воздействии  $0,2 \text{ LC}_{50}$



или  $0,2 LD_{50}$ . Признаки поражения наступают быстрее и более ярко выражены. Возникают стойкий миоз, боль в глазах при напряжении зрения, слезотечение. Усиливается головная боль, наблюдается выделение из носа водянистой жидкости. При нарастании чувства страха появляется повышенное отделение холодного пота. Развивающийся периодический спазм гортани и бронхов приводит к затруднению дыхания, астматическим приступам, тошноте и рвоте. На фоне увеличения частоты сердечных сокращений наблюдаются мелкие мышечные подергивания, потеря координации движения, кратковременные судороги. Появляется непроизвольное мочеиспускание и отделение кала. Пораженный выходит из строя на 1—2 недели, а при несвоевременном оказании медицинской помощи возможен смертельный исход. Полное восстановление активности холинэстеразы и выздоровление растягивается на 4—6 недель.

Отравления тяжелой степени наступают при воздействии  $0,3—0,5 LCt_{50}$  или  $0,3—0,5 LD_{50}$ . При этом период скрытого действия практически отсутствует. Признаки поражения те же, что и при отравлениях средней степени тяжести, но развиваются они значительно быстрее. Пораженный жалуется на потерю зрачками рефлекса, мучительное давление в глазах и сильные головные боли. Возникают рвота, моче- и калоотделение, удушье. Примерно через минуту наступает потеря сознания и наблюдаются сильные судороги, переходящие в параличи. Смерть наступает через 5—15 минут от паралича дыхательного центра и сердечной мышцы.

При одинаковых токсодозах зарина признаки поражения быстрее всего (через 1 минуту или несколько раньше) появляются при ингаляции. Несколько медленнее (через несколько минут) они проявляются при попадании в организм через желудочно-кишечный тракт и наиболее медленно (через 15—20 минут) — через кожу. На месте попадания на кожу жидкого зарина отмечаются мелкие мышечные подергивания.

Зарин обладает кумулятивными свойствами, то есть несколько небольших его доз, поступающих с интервалом в течение одних суток, суммируются и могут вызвать тяжелые или смертельные поражения.

## **Защита от зарина**

Надежной защитой органов дыхания населения от зарина являются гражданские фильтрующие противогазы. Для защиты кожных покровов и предотвращения адсорбции зарина одеждой человека целесообразно использовать специальную защитную одежду. При попадании жидкого зарина на кожные покровы необходима немедленная их обработка с использованием индивидуальных противохимических пакетов. Обработка зараженных участков через 2 минуты после попадания на них зарина обеспечивает безопасность человека в 80 % случаев, через 5 минут — в 30 % случаев, через 10 минут обработка неэффективна.

При проявлении первых признаков поражения заринном необходимо самостоятельно или с посторонней помощью ввести подкожно или внутримышечно антидот из шприц-тюбика. При своевременном введении антидота (не позднее чем через 10 минут после поражения) он нейтрализует не менее одной смертельной дозы зарина. При необходимости пораженным делается искусственное дыхание. Все пораженные в обязательном порядке отправляются в медицинские учреждения для оказания квалифицированной медицинской помощи.

Лечение пораженных основано главным образом на реактивации холинэстеразы либо блокирования холинорецепторов.

Реактивирование эффективно при своевременном его проведении. Это связано с тем, что фосфонилированная холинэстераза после прохождения определенного времени с трудом поддается возвращению в активное состояние.

Для дегазации зарина пригодны водные и водно-спиртовые растворы щелочей или аммиака, а также растворы перекиси водорода и производных гидроксиламина в слабощелочной среде.

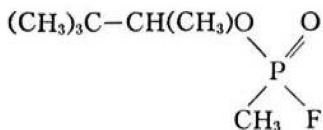
### 3.1.2. Зоман

Зоман является боевым токсичным химическим веществом (БТХВ) смертельного действия. Основные виды боевых состояний: пар, тонкодисперсный и грубодисперсный аэрозоли. Основные пути проникновения в организм человека: ингаляционный и кожно-резорбтивный.

#### Формула, молекулярная масса

Химическое название: фторангидрид пинаколинового эфира метилфосфоновой кислоты; фторангидрид 1, 2, 2-триметилпропилового эфира метилфосфоновой кислоты; пинаколилметилфторфосфонат.

Условные названия и шифры: зоман, GD (США), Трилон (Германия).



$\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}_2\text{PF}$ ,  $M = 182,2$  кг/моль.

#### Основные физические и химические свойства

Зоман в чистом виде представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с плотностью  $1,0131$  г/см<sup>3</sup> (20 °C). Плотность пара по воздуху 6,33.

Зоман ограниченно растворяется в воде: около 1 % при температуре 0 °С и не более 1,5 % при температуре 20 °С. Легко растворим в органических растворителях. Температура кипения около 190° С (кипит с частичным разложением). Температура замерзания –80 °С. Максимальная концентрация насыщенного пара при 20 °С 3,06 г/м<sup>3</sup>. Давление насыщенного пара при 20° 40,9 Па.

Зоман по своей структуре аналогичен зарину, поэтому в принципе имеет аналогичные химические свойства. В то же время зоман обладает более разветвленной эфирной группой, которая влияет на скорость химических реакций.

Гидролиз зомана происходит по одинаковой с заринем схеме с образованием нетоксичного пинаколилового эфира метилфосфоновой кислоты или соответствующих солей этой кислоты. Скорость гидролиза зависит от pH среды. Чем выше pH по сравнению с нейтральной средой (pH=7), тем выше скорость гидролиза. Поэтому для дегазации зомана могут использоваться щелочные растворы с pH не ниже 10.

Взаимодействие зомана с аммиаком и аминами, с гипохлоритами, с оксимами и гидроксамовыми кислотами в водных растворах также происходит медленнее, чем у зарина.

В спиртовых растворах щелочей, алкоголятов и фенолятов щелочных металлов зоман легко превращается в нетоксичные средние эфиры метилфосфоновой кислоты.

## **Предельно допустимые концентрации.**

### **Дозы и другие токсикологические характеристики**

Отравление зоманом происходит при его воздействии: через органы дыхания, через кожу, при приеме зараженной воды или пищи.

Токсичность зомана при действии через органы дыхания (при объеме легочной вентиляции 0,01 м<sup>3</sup>/мин и экспозиции 1÷2 мин):  $LC\tau_{50} — 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $IC\tau_{50} — 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $PC\tau_{50} — 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ .

Кожно-резорбтивная смертельная токсодоза при действии через открытые участки кожи человека ( $LD_{50}$ ) составляет 1,4 мг/кг. При действии через обнаженную кожу паровозного вещества  $LC\tau_{50} — 7,5 \div 10 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ .

Для атмосферного воздуха населенных мест Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27 декабря 2002 г. № 48 введены в действие с 1 января 2003 г. гигиенические нормативы ГН 2.1.6.118102. В данных нормативах установлены аварийные пределы воздействия (АПВ) отравляющих веществ. Для зомана они составляют:  $1,2 \cdot 10^{-7}$  (экспозиция 1 час);  $3,0 \cdot 10^{-8} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 4 часа);  $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 8 часов);  $6,6 \cdot 10^{-10} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 24 часа).

## Опасность для человека

По характеру физиологического воздействия зоман аналогичен зарину, однако он более токсичен. Зоман в известной мере сочетает боевые свойства ОВ ви-экс и зарина. Важной особенностью лечения пораженных зоманом является факт быстрого «старения» фосфонилированной ацетилхолинэстеразы, который осложняет процесс ее реактивации. В результате возникают серьезные трудности в лечение пораженных.

В ингаляционных видах боевых состояний (пар, высокодисперсный и тонкодисперсный аэрозоли) является быстро- и кратковременно действующим ОВ. Поражение наступает в течение  $1 \div 15$  минут. В кожно-резорбтивном боевом состоянии (грубодисперсные аэрозоли и аэрозвеси) — соответственно медленно — и долго действующим ОВ.

Граница безопасных концентраций в воздухе находится ниже  $5 \cdot 10^{-7}$  г/м<sup>3</sup>. Отравления слабой степени возникают уже при пребывании в зараженной атмосфере с концентрацией  $2 \cdot 10^{-5}$  г/м<sup>3</sup> в течение 15 минут. Величина дозы, при которой наступает миоз, сопровождающийся затруднением дыхания, слюнотечением и потливостью, составляет  $5 \cdot 10^{-4}$  г · мин/м<sup>3</sup>.

Кумулятивные свойства зомана выражены сильнее чем у зарина.

## Защита от зомана

Все рекомендации по защите от зарина в полной мере приемлемы и для защиты от зомана. Фильтрующий противогаз и защитная одежда обеспечивают защиту человека от воздействия паров, аэрозолей и аэрозвесей зомана.

Обеззараживание зомана на коже и одежде заключается в обработке зараженных участков содержимым индивидуальных противохимических пакетов или водно-спиртовыми растворами аммиака. Обработка должна производиться как можно быстрее, непосредственно после заражения зоманом.

Для дегазации техники, вооружения и поверхностей различных объектов используются аммиачно-щелочные растворы. Целесообразно добавление в эти растворы органических растворителей, способных к реагированию с зоманом с образованием нетоксичных продуктов (например, моноэтаноламин).

Местность и объекты, устойчивые к коррозии, можно дегазировать суспензиями гипохлоритов кальция и растворами щелочей.

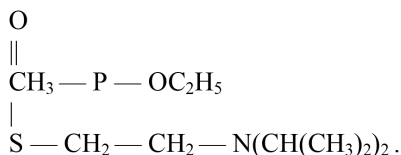
### 3.1.3. Ви-экс

Ви-экс является одним из боевых токсичных химических веществ (БТХВ) смертельного действия. Основные виды боевых состояний: грубодисперсный аэрозоль и аэрозоль (капли). Основной путь проникновения в организм человека: резорбтивный (кожно-резорбтивный). Поражает не только через открытые участки кожного покрова человека, но и через поверхность кожи, закрытую одеждой.

#### Формула, молекулярная масса

Химическое название: О-этиловый S-2-(N, N-диизопропиламино) этиловый эфир метилфосфоновой кислоты; О-этил-S-2-(N, N-диизопропиламино) этилметилфосфонат.

Условные названия и шифры: VX (США); Амитон (Англия), вещество группы А (Франция).



$$\text{C}_{10}\text{H}_{24}\text{O}_3\text{PS}, M = 267.4 \text{ кг/моль.}$$

#### Основные физические и химические свойства

Ви-экс в чистом виде представляет собой бесцветную жидкость с плотностью 1,01 г/см<sup>3</sup> (20 °С). Плотность пара по воздуху 9,2. Ви-экс гигроскопичен, ограниченно растворяется в воде: около 5 % при температуре 20 °С. Легко растворим в органических растворителях. Растворимость в жирах выше, чем у зарина и зомана. Температура кипения около 298 °С (кипит с разложением). Температура замерзания — 39 °С. Максимальная концентрация насыщенного пара при 20 °С 1,57 г/м<sup>3</sup>. Давление насыщенного пара при 20° 14,3 Па.

Термически ви-экс нестабилен. При нагревании ви-экс разложение начинается при температуре 150 °С. При дальнейшем нагревании пиролиз резко ускоряется. Время пиролиза наполовину составляет при 200 °С 1,6 часа, при 250 °С — 4 мин, а при 295 °С — 36 с.

Ви-экс химически очень устойчив, в том числе, к действию воды. Время разложения водой на 50 % в нейтральной среде и при температуре 25 °С составляет 350 суток. При тех же условиях и рН = 10 это время уменьшается до 10 часов. Продукты гидролиза нетоксичны.

В неводной среде в подходящих органических растворителях ви-экс легко вступает в реакции с алкоксианионами щелочных алкоголятов алифатических спиртов, особенно если они замещены амино- или алкоксигруппами. В результате реакции образуются нетоксичные средние эфиры метилфосфоновой кислоты.

С кислотами ви-экс образует твердые аммониевые соли, растворимые в воде, спирте и других полярных растворителях. Продукты реакции по своей токсичности такие же, как и исходный продукт.

Окислители (хлор в водной среде, хлорамины, гипохлориты, перекись водорода и др.) реагируют с ви-экс с образованием нетоксичных производных метилфосфоновой и этансульфоновой кислот.

Ви-экс реагирует с гипохлоритами щелочных и щелочноземельных металлов. Данная реакция требует повышенного расхода гипохлорита и слабокислой среды.

Нерастворимые в воде хлорамины (дихлорамины, гексахлормеламин), хлористый сульфурил, хлор и другие хлорирующие средства в подходящих органических растворителях реагируют с ви-экс с образованием нетоксичных и легко гидролизуемых продуктов.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Отравление ви-экс происходит при его воздействии: через органы дыхания, через кожу (в том числе защищенную одеждой), при приеме зараженной воды или пищи.

Токсичность ви-экс при действии через органы дыхания (при объеме легочной вентиляции  $0,01 \text{ м}^3/\text{мин}$  и экспозиции  $1 \div 2 \text{ мин}$ ):  $LC_{t_{50}} — 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $IC_{t_{50}} — 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $PC_{t_{50}} — 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ .

Кожно-резорбтивная смертельная токсодоза при действии через открытые участки кожи человека ( $LD_{50}$ ) составляет  $0,1 \text{ мг}/\text{кг}$ .

Для атмосферного воздуха населенных мест Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27 декабря 2002 г. № 48 введены в действие с 1 января 2003 г. гигиенические нормативы ГН 2.1.6.118102. В данных нормативах установлены аварийные пределы воздействия (АПВ) отравляющих веществ. Для ви-экс они составляют:  $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 1 час);  $4,10 \cdot 10^{-9} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 4 часа);  $2 \cdot 10^{-9} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 8 часов).

## **Опасность для человека**

По характеру физиологического воздействия ви-экс аналогичен зарину и зоману, однако он более токсичен.

При кожно-резорбтивном воздействии — медленно действующее ОВ: пе-

риод скрытого действия через незащищенную кожу составляет от 1 до 24 ч. Но при попадании ви-экс в глаза, на губы или на поврежденную кожу — поражающее действие проявляется очень быстро.

При ингаляционном воздействии (пар, высоко- и тонкодисперсные аэрозоли) — быстродействующее ОВ. В этом случае симптомы поражения проявляются достаточно быстро, через 5—10 минут.

Ви-экс заражает местность, технику и другие объекты, включая открытые источники воды, на длительные сроки, т. е. ведет себя как долгодействующее (стойкое) ОВ. Легко проникает в пористые материалы.

Первые признаки поражения аналогичны зарину и зоману: миоз (сужение зрачков, ухудшение зрения) светобоязнь, затруднение дыхания, загродинный эффект (боль в груди). При кожной резорбции первым признаком поражения может быть не миоз, а мелкие подергивания кожи в местах контакта с ви-экс.

Полную защиту от ви-экс обеспечивают противогаз и защитная одежда. В целях исключения вторичного поражающего действия ви-экс необходимо избегать в зоне химического заражения контактов с любыми поверхностями.

Для ви-экс, как и по зоману, чрезвычайно важна оперативность обработки зараженных участков тела с использованием индивидуальных противохимических пакетов. Эффективной является лишь дегазация, осуществленная в интервале времени, не превышающем 5 минут после заражения ОВ.

В качестве антидотов используются аналогичные, как и в случае зарина и зомана, препараты.

Технику и объекты, зараженные ви-экс, можно дегазировать хлорирующими средствами в неводных растворителях и окислителями.

## **3.2. Особенности поражения человека нервно-паралитическими ОВ**

### **3.2.1. Характеристика степени тяжести поражения человека**

Общая картина поражения ОВ нервно-паралитического действия определяется в первую очередь количеством вещества, поступившего в организм человека. Большое значение при этом имеют: путь поступления ОВ в организм человека и его агрегатное состояние.

Основными путями проникновения ОВ в организм человека являются ингаляционный, резорбтивный (кожно-резорбтивный) и пероральный (через желудочно-кишечный тракт).

Ингаляционный путь проникновения ОВ в организм человека наблюдается

при их нахождении в виде пара (газа), высоко- и тонкодисперсных аэрозолей.

Кожно-резорбтивный путь проникновения характерен для некоторых ОВ, находящихся в виде грубодисперсных аэрозолей и аэрозвесей (капель).

Пероральный путь проникновения ОВ в организм человека возможен в случае употребления им зараженных продуктов питания и воды.

Поражение человека связано со снижением или потерей трудоспособности или его гибелью.

В общем случае различают следующие пять степеней тяжести поражения: пороговую, легкую, среднюю, тяжелую и смертельную.

**Пороговые поражения** характеризуются проявлением только первичных признаков отравления организма и практически мало отражаются на его деятельности. Эти поражения определяют границы зоны химического заражения и полей поражающих факторов.

**Поражения легкой степени** возникают в течение первых минут, но не позднее чем через 30—60 мин после вдыхания невысоких концентраций паров ОВ.

В этом случае пострадавшие жалуются на затрудненное дыхание (чувство стеснения и сдавливания в груди, легкого удушья). Одновременно или чуть позже — на ухудшение зрения (наличие «тумана» или «сетки» перед глазами, неспособность различать мелкий печатный шрифт, плохая видимость отдаленных предметов, снижение остроты зрения при искусственном освещении и др.), ощущаются боли в лобной части головы, в области глазных яблок. Появляются головокружение, распространенные головные боли, тошнота. Нередко возникает беспокойство, состояние тревоги, чувство страха; возможно и нарушение внимания, ухудшение памяти, бессонница.

В качестве объективных признаков данной степени тяжести отмечают: двигательное беспокойство;

умеренная влажность кожных покровов, фибриллярные подергивания отдельных или групп мышц;

гиперемия конъюнктивы, резкое сужение зрачков (миоз) с исчезновением реакций на свет, спазм аккомодации, снижение остроты зрения;

умеренная ринорея, слюнотечение, некоторое учащение дыхания;

в легких изредка выслушиваются единичные сухие хрипы, показатели внешнего дыхания несколько снижены; умеренная тахикардия, а в ряде случаев и умеренная гипертензия.

Перечисленные объективные признаки интоксикации сохраняются в течение первых суток. В дальнейшем могут появиться нарушения внимания и памяти, бессонница, беспокойство в ночное время и ночные кошмары.

Поражение легкой степени тяжести требует краткосрочного стационарного (от 2—3 до 7—10 суток) или амбулаторного лечения.

В случае **поражений средней степени** тяжести наряду с признаками, характерными для легкой степени, но более ярко выраженными, возникают рас-



стройства дыхания, кровообращения, центральной нервной системы (разнообразные нарушения психической активности).

При бронхоспастической форме поражения преобладают жалобы на значительную нехватку воздуха, сдавление в груди, боли за грудиной, одышку, кашель. Возникает типичный для этой степени поражения ФОВ приступ бронхоспазма. Дыхание шумное, частое; свистящие хрипы слышны на расстоянии. Появляется кашель с выделением большого количества вязкой слизистой мокроты, гиперсаливация; при значительных нарушениях дыхания отмечается цианоз кожных покровов и слизистых.

Кроме того, выражены другие характерные для поражения ФОВ признаки: повышенная потливость, резкое сужение зрачков, распространенные фибриллярные подергивания отдельных мышечных групп конечностей, туловища, лица. Пульс, как правило, не урежен, удовлетворительного наполнения и напряжения; тоны сердца умеренно приглушены, артериальное давление повышено. Живот мягкий, при пальпации иногда болезненный. Приступы удушья могут наблюдаться повторно на протяжении нескольких суток, чаще в ночное время. Они сопровождаются чувством сильного страха, сердцебиением, повышением артериального давления, дизурическими явлениями.

Процесс медицинской реабилитации обычно продолжается 2—3 недели. Однако если в острой стадии развивается осложнение в виде очаговой пневмонии, он затягивается до 2 месяцев и более.

**Поражения тяжелой степени** характеризуются в первую очередь поражением центральной нервной системы и быстрым развитием связанных с этим расстройств жизненно важных функций, появлением грозных симптомов отравления: судорожного синдрома, нарушений дыхания и сердечной деятельности. Они развиваются в считанные минуты после действия ОВ. К быстро нарастающим по интенсивности первоначальным симптомам поражения (гиперсаливация, бронхоспазм, бронхорея, резкий диффузный гипергидроз, гипертензия и др.) присоединяются общая слабость, чувство страха, выраженное беспокойство. Распространенные миофибрилляции быстро охватывают практически все мышцы, начиная с жевательных и мимических. Наряду с миофибрилляциями возникают характерные гиперкинезы хореического типа — устойчивые волнообразные движения мышц. Вскоре наблюдаются судорожные сокращения отдельных мышц, быстро переходящие в клонические (клоникотонические) судороги, распространяющиеся на все тело. В момент приступа судорог пораженный теряет сознание, кожа у него цианотична, покрыта холодным липким потом, изо рта обильно выделяются слюна и слезы. Зрачки резко сужены, реакция на свет отсутствует, корнеальный и глоточный рефлексы сохранены. Дыхание становится неправильным, шумным, клочущим, частый ритм сменяется редким при поверхностном характере дыхания. Над легкими определяется коробочный оттенок перкуторного звука, выслушиваются обильные рассеянные свистящие и жужжащие хрипы. Могут вы-

слушиваться влажные хрипы. Нарушения дыхания в основном обусловлены обтурационно-аспирационными расстройствами (бронхоспазм, бронхорея). Бронхорея при этом может быть выражена весьма значительно. В дальнейшем в формировании дыхательной недостаточности все большую роль начинает играть дезорганизация работы дыхательных мышц (гипертонус мышц и ригидность грудной клетки за счет судорожного сокращения поперечно-полосатой мускулатуры, затем паралитическое состояние дыхательных мышц с развитием парадоксального типа дыхания). Кроме того, резко усиливают гипоксию продолжающиеся общие судороги. Пульс вначале урежается, затем становится частым и аритмичным; тоны сердца глухие; артериальное давление обычно повышено, однако ранний гипертонический синдром может смениться быстро возникающей гипотонией, что является неблагоприятным прогностическим признаком (развитие экзотоксического шока). При этом характерна резко нарастающая бледность кожных покровов, выраженный цианоз слизистых оболочек, усиливающаяся одышка, углубление расстройств сознания. Живот мягкий, при пальпации прощупываются спазмированные участки кишечника. Судороги носят приступообразный характер, периоды ремиссии чередуются с рецидивами судорог.

При своевременном и правильном лечении (если доза ОВ не превысила абсолютно смертельную) можно рассчитывать на благоприятный исход. Однако на протяжении 1—2 сут. состояние пораженного остается тяжелым, возможны рецидивы бронхоспазма, судорог, остановка дыхания или острая сердечно-сосудистая недостаточность. На вторые—третьи сутки симптомы интоксикации ослабевают, состояние больного начинает улучшаться.

Период выздоровления продолжается до 1 мес. Однако в это время возможны различные осложнения и последствия отравления, что нередко требует более длительных сроков лечения.

При поражениях *крайне тяжелой степени* симптомы интоксикации развиваются весьма быстро. Судорожная стадия сменяется паралитической.

Нарастает цианоз слизистых и кожных покровов, развивается состояние глубокой комы, отсутствуют все рефлексy, отмечаются непроизвольное мочеиспускание и дефекация. Дыхание редкое, аритмичное. Пульс учащен, аритмичен, слабого наполнения, тоны сердца глухие, артериальное давление понижено. Непосредственной причиной смерти могут быть остановка (паралич) дыхания, острая сосудистая недостаточность или прекращение сердечной деятельности.

Смертельный исход может наступить через несколько минут после воздействия ОВ.

В стадии выздоровления пораженных ФОВ могут возникать различные осложнения и последствия, своевременное распознавание которых позволяет сократить сроки госпитализации больных, а в некоторых случаях и предотвратить возможные неблагоприятные исходы.

Характер осложнений определяется степенью тяжести поражения, наличием различных сопутствующих заболеваний и состоянием иммунной системы.

При поражениях легкой степени осложнений, как правило, не бывает, быстро наступает практическое выздоровление.

При поражениях средней степени продолжительное время могут сохраняться нарушения функций органов дыхания, обусловленные часто повторяющимися приступами рецидивирующего бронхоспазма, иногда — развитием бронхита с астматическим компонентом, а в ряде случаев развивается пневмония. На третьи—четвертые сутки выявляются расстройства в виде астено-невротического или астеновегетативного синдрома, продолжающиеся 3—4 недели.

При поражениях тяжелой степени встречаются разнообразные осложнения. Они возникают довольно часто, протекают тяжело и бывают стойкими и продолжительными. Они могут привести к инвалидности или смертельному исходу.

Наиболее опасными для жизни являются осложнения, связанные с нарушениями функции дыхания. Существенно влияет также обусловленная интоксикацией дезорганизация иммунной системы (формирование вторичного иммунодефицита) и угнетение механизмов неспецифической резистентности.

В системе кровообращения наиболее опасной является острая сердечно-сосудистая недостаточность, которая может развиться на протяжении первой недели отравления как следствие токсического поражения миокарда при неустойчивом сосудистом тоне.

Нарушения функционирования центральной нервной системы разнообразны, чаще всего они проявляются в виде астеновегетативного, астеноневротического синдромов, синдрома вегетососудистой дистонии, наблюдающихся в течение 1—3 недель, которые нередко приобретают затяжное течение (1—1,5 месяцев). Реже встречается гипоталамический синдром, при котором доминируют приступы головных болей.

В результате поражения периферической нервной системы на второй—третьей неделе болезни развивается токсическая полиневропатия с резким болевым синдромом и парестезиями в дистальных отделах конечностей и последующим вялым параличом их.

Функциональные нарушения органов мочевого выделения протекают в виде токсической нефропатии без ярких клинических признаков, но с отчетливыми изменениями в моче. Они могут сохраняться после тяжелых поражений до 3—4 недель.

В стадии выздоровления отмечаются изменения функций желудочно-кишечного тракта (снижение секреторной и моторной функций желудка, дискинезия кишечника) на протяжении 3—4 недель.

В заключение раздела необходимо отметить, что оценка степени тяжести поражения людей имеет важное значение при оценке химической обстановки.

Люди, потерявшие трудоспособность (боеспособность) не менее чем на одни сутки, поступившие в медпункты и стационарные лечебные учреждения, составляют санитарные потери, а получившие инвалидность после лечения и погибшие — безвозвратные потери.

### **3.2.2. Особенности действия ОВ в зависимости от пути поступления в организм человека**

В случае ингаляционного воздействия поражение развивается относительно быстро, так как всасывание токсического вещества происходит начиная со слизистой носа, глотки, но главным образом через поверхность альвеолярно-капиллярных мембран и бронхиол, т. е. непосредственно в большой круг кровообращения, минуя печеночный барьер.

При этом отчетливо определяется следующая последовательность симптомов: миоз, ринорея, саливация, резко затрудненное дыхание, цианоз, усиление потоотделения, судороги.

При попадании ФОВ на кожу видимых изменений на самой коже нет, интоксикация развивается несколько медленнее, так как ей предшествует скрытый период длительностью от десятков минут до нескольких часов.

Первыми симптомами поражения являются подергивания отдельных мышечных пучков на месте аппликации ОВ. В силу непрерывного длительного поступления ОВ в кровь из кожного депо отравление течет волнообразно. В картине интоксикации преобладают признаки угнетения центральной нервной системы. Судороги выражены слабее, чем при ингаляции ФОВ, а такие симптомы, как миоз и бронхоспазм, могут и отсутствовать. Смерть наступает при явлениях паралича дыхательного и сосудодвигательного центров.

В случае попадания в желудок зараженной воды или пищи спустя непродолжительное время (от 3 мин и более), наблюдаются тошнота, рвота, боли в эпигастрии или разлитые по всему животу, частый жидкий стул. Одновременно возникают тяжелые симптомы резорбтивного действия ОВ: миофибрилляции, распространенные судороги и резкие расстройства дыхания и сердечной деятельности, нередко приводящие к смертельному исходу.

При попадании ФОВ на раневую поверхность скрытый период отсутствует, сразу возникают мышечные подергивания в области раны. Симптомы общего отравления развиваются крайне быстро, поражение протекает весьма тяжело. Исход определяется поражением центральной нервной системы, дыхательного и сосудодвигательного центров.

### 3.2.3. Основные мероприятия при организации защиты от нервно-паралитических ОВ

Для предупреждения поражений нервно-паралитическими ОВ необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, медицинскими средствами защиты и тщательно соблюдать правила поведения на зараженной местности.

Для защиты дыхательных путей и кожи лица применяется фильтрующий противогаз, для защиты кожных покровов от ОВ в капельно-жидком, парообразном и аэрозольном состоянии — специальная защитная одежда и импрегнированное обмундирование.

Из специальных медицинских средств защиты для предупреждения поражений используется профилактический антидот (препарат П-6 или П-10). Его принимают внутрь по 2 таблетки при непосредственной угрозе химического нападения или за 30 мин до входа в зону заражения ФОВ. При необходимости профилактический антидот применяют повторно через 12 ч или после контакта с ОВ до развития симптомов поражения, например, после дегазации ОВ на коже и обмундировании. Повторный прием антидота возможен в течение 5—7 сут., при этом эффективность препарата существенно не изменяется.

Важнейшим требованием при оказании помощи пораженным ФОВ является ее экстренность, что обусловлено высокими темпами развития интоксикации и тяжестью состояния.

Меры первой доврачебной помощи:

- прекращение дальнейшего поступления ОВ в организм человека;

- использование специфических противоядий (антидотов);

- проведение частичной санитарной обработки с помощью индивидуального противохимического пакета ИПП;

- промывание глаз и желудка при попадании в них ОВ;

- восстановление и поддержание жизненно важных функций дыхания и кровообращения (искусственное дыхание);

- выход, (вынос, вывоз) из очага заражения;

- организация эвакуации пораженных людей в медицинские учреждения.

В первую очередь эвакуируются пораженные с более высокими степенями тяжести поражения.

Немедленное прекращение поступления ОВ в организм осуществляется различными способами и зависит от путей его проникновения.

Дальнейшее вдыхание паров ОВ предотвращается надеванием противогаза.

При попадании ОВ на кожу необходимо как можно быстрее (в первые минуты после заражения) обработать зараженные участки содержимым индивидуального противохимического пакета. Одновременно принимают внутрь профилактический антидот (2 таблетки).

В случае попадания капель ОВ в глаза необходимо немедленно промыть их водой и внутримышечно ввести 1 мл лечебного раствора. При попадании в желудок зараженной воды или пищи необходимо быстро вызвать рвоту и провести обильное промывание желудка чистой водой с последующим введением внутрь адсорбента (активированного угля или полисорба).

В настоящее время известны две группы антидотов ФОВ:

холинолитики, которые, блокируя холинорецепторы, препятствуют действию накопившегося в синапсах ацетилхолина, оказывают антагонистическое действие всем эффектам ФОВ;

реактиваторы холинэстеразы, которые дефосфорилируют холинэстеразу, восстанавливают функцию холинэстеразы и холинорецепторов, снимают нервно-мышечные нарушения дыхательной мускулатуры.

Среди холинолитиков табельными средствами являются атропина сульфат и рецептуры афин и будаксим. Показанием к их немедленному применению являются любые местные или системные признаки поражения ФОВ.

Необходимо иметь в виду, что лечебные дозы антидотов безопасны для здорового человека. Если у пораженного ФОВ толерантность к атропину повышена, то у мнимо отравленного антидот может вызвать побочные явления, временно снижающие боеспособность (нарушение внимания, понижение двигательной активности, затруднение некоторых реакций, эйфория). Во избежание побочного действия антидот следует вводить строго по медицинским показаниям — при появлении признаков поражения.

Среди реактиваторов холинэстеразы табельным препаратом является дипироксим, который назначают внутримышечно (15 % раствор по 2—4 мл при поражении средней степени, 4—6 мл при поражении тяжелой степени; повторно применяют до 2—3 раз в течение первых суток).

Наиболее благоприятный результат достигается при сочетанном использовании реактиваторов холинэстеразы и холинолитиков.

### **3.3. Отравляющие вещества кожно-резорбтивного действия**

Данная группа ОВ объединяет вещества, обладающие высокой кожно-резорбтивной проникаемостью, что обуславливает необходимость обеспечения полной защиты тела человека. Кроме того, данные вещества способны заражать на длительные сроки местность, находящиеся на ней объекты, технику и вооружение, что потребует их обязательной дегазации.

К основным веществам, относящимся к данным ОВ, относятся иприт и люизит.

### 3.3.1. Иприт

Иприт является боевым токсичным химическим веществом (БТХВ) смертельного действия. Основные виды боевых состояний: капли, аэровзвеси и грубодисперсный аэрозоль. Основные пути проникновения в организм человека: ингаляционный и кожно-резорбтивный.

#### Формула, молекулярная масса

Химическое название:  $\beta$ ,  $\beta'$ -дихлордиэтилсульфид; 2,2'-дихлордиэтилсульфид; 2,2'-дихлордиэтиловый тиозэфир; 1-хлор-2-(2-хлорэтилтио) этан.

Условные названия и шифры: иприт; Schwefelyperit, Yperit, Lost, Senfgas, VM-stof (Германия); Н, HD (США); Yperite, Yc, Yt (Франция).

$S(CH_2CH_2Cl)_2$ ,  $M = 159,1$  кг/кмоль.

#### Основные физические и химические свойства

Химически чистый иприт представляет собой бесцветную маслянистую жидкость со слабым запахом касторового масла. Технический иприт в зависимости от количества примесей может иметь окраску от желтого до темно-коричневого цвета и имеет характерный чесночный запах. Плотность чистого жидкого иприта  $1,2741 \text{ г/см}^3$  (при  $20^\circ\text{C}$ ), плотность пара по воздуху 5,5, температура плавления составляет  $14,5^\circ\text{C}$ , температура кипения —  $217^\circ\text{C}$  (кипит с частичным разложением). Растворимость в воде мала: 0,03 % при температуре  $0^\circ\text{C}$  и 0,08 % при температуре  $20^\circ\text{C}$ .

Иприт легко растворяется в органических растворителях — галогеналканах, бензоле, хлорбензоле, в растительных и животных жирах. Ограниченно растворим в высококипящих нефтепродуктах типа дизельного топлива. Обладает некоторой поверхностной активностью, что приводит к уменьшению поверхностного натяжения воды и его небольшому растеканию по ее поверхности в виде тонкого слоя.

Иприт легко проникает в строительные материалы, хорошо впитывается в текстильные и резинотехнические изделия, кожу, картон и бумагу.

При обычной температуре иприт представляет собой устойчивое соединение. При нагревании выше  $170^\circ\text{C}$  он разлагается с образованием ядовитых продуктов с неприятным запахом. При температуре выше  $500^\circ\text{C}$  происходит полное термическое разложение. По отношению к металлам при обычной температуре чистый иприт инертен. Иприт достаточно устойчив к гидролизу. Скорость гидролиза растворенного в воде иприта возрастает с увеличением температуры. Полный гидролиз растворенного в воде иприта в кипящей воде происходит за 20—30 мин. Гидролиз ускоряется в два раза при введении в

воду неионогенных поверхностно-активных веществ (например, эфиров полигликоля).

Иприт легко реагирует с гипосульфитом натрия и другими тиосульфатами в водном или водноспиртовом растворе. Он хорошо реагирует с алкоголями натрия, калия или лития, образованными из низших незамещенных спиртов, а также из алкокси- и аминоспиртов, меркаптанов, фенолов и тиофенолов. Данные реакции лежат в основе различных дегазирующих рецептов.

При дегазации иприта на местности и поверхностях, устойчивых к действию окислителей, можно использовать гипохлориты щелочных и щелочно-земельных металлов.

Сухая хлорная известь и ДТС ГК также окисляют и хлорируют иприт. Реакция сопровождается сильным разогреванием смеси вплоть до воспламенения и горения иприта.

Иприт хорошо реагирует с растворимыми в органических растворителях (например, дихлорэтано) полихлорсодержащих N-хлорамидов арилсульфокислот.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Иприт обладает поражающими способностями при любых путях проникновения в организм (через кожу, органы дыхания, слизистые, желудочно-кишечный тракт).

Токсичность иприта при действии через органы дыхания (при объеме легочной вентиляции  $0,01 \text{ м}^3/\text{мин}$  и экспозиции  $1\div 2 \text{ мин}$ ):  $LC_{T_{50}} — 1,5 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $IC_{T_{50}} — 0,25 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ ,  $PC_{T_{50}} — 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ .

Кожно-резорбтивная смертельная токсодоза при действии через открытые участки кожи человека ( $LD_{50}$ ) составляет  $63 \text{ мг}/\text{кг}$ .

Для атмосферного воздуха населенных мест Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27 декабря 2002 г. № 48 введены в действие с 1 января 2003 г. гигиенические нормативы ГН 2.1.6.118102. В данных нормативах установлены аварийные пределы воздействия (АПВ) отравляющих веществ. Для иприта они составляют:  $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 1 час);  $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 4 часа);  $5,0 \cdot 10^{-4} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 8 часов);  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 24 часа).

## **Опасность для человека**

По характеру физиологического воздействия иприт является полиаппликационным ядом и воздействует практически на все органы и системы человека, биохимический механизм его действия в полной мере не выяснен. Попадая в



организм человека, он накапливается в тканях, богатых жирами и жироподобными веществами.

Подобно другим ОВ иприт является ферментным ядом, нарушающим процесс энергоснабжения клеток и всего организма. Особенно чувствительны к парам иприта глаза. При воздействии на них паров появляется ощущение песка в глазах, слезотечение, светобоязнь, затем происходит покраснение и отек слизистой глаз и век, сопровождающийся обильным выделением гноя. Попадание в глаза капельножидкого иприта может привести к слепоте.

Иприт имеет скрытый период действия (от 2 до 1 суток) и обладает кумулятивностью. Попадание на кожные покровы капель и аэрозолей ОВ (так же как и при воздействии паров на кожу) первоначально не вызывает никаких неприятных ощущений. После скрытого периода действия признаки поражения проявляются в виде зуда, жжения и покраснения кожи. Спустя 16—30 часов на месте покраснения образуются мелкие пузыри, наполненные желтой жидкостью. В последующем происходит слияние пузырьков, их разрывание с образованием долго не заживающих язв.

При вдыхании паров иприта первые признаки поражения проявляются через несколько часов в виде сухости и жжения в носоглотке, с последующим сильным ее отеком, который сопровождается гнойными выделениями. В тяжелых случаях развивается воспаление легких, приводящее к смертельному исходу от удушья.

При попадании иприта в организм вместе с зараженной водой или пищей через 15—20 минут возникают сильные боли в желудке, сопровождающиеся слюнотечением, рвотой, кровавым поносом и жаждой. Кожа бледнеет, возможны обморочные состояния. Вследствие общего отравления организма может наступить смертельный исход.

## **Защита от иприта**

Для защиты организма человека от поражающего воздействия иприта необходимо полностью исключить попадание в него ОВ. Поэтому необходимо использовать гражданские противогазы и специальную защитную одежду типа ОЗК и Л-1. Для подразделений, участвующих в ликвидации последствий, необходимо дополнительно специальное импрегнированное обмундирование.

### **3.3.2. Люизит**

Люизит является устаревшим боевым токсичным химическим веществом (БТХВ) смертельного действия. Снят с вооружения после Второй мировой войны. Запасы данного вещества в США и РФ уничтожены. Однако, учитывая дешевизну и простоту производства, может появиться в странах со слабо

развитой химической промышленностью. Основные виды боевых состояний: капли, аэрозвеси и грубодисперсный аэрозоль. Основные пути проникновения в организм человека: ингаляционный и кожно-резорбтивный.

## Формула, молекулярная масса

Химическое название:  $\beta$ -хлорвинилдихлорарсин; 2-хлорэтенил-дихлорарсин;  $\beta$ -хлорвиниларсиндихлорид.

Условные названия и шифры: люизит; Lewisit (Германия); L — США.

$\text{ClCH=CHAsCl}_2$ ,  $M = 207,32$  г/моль.

Технический продукт, не является индивидуальным веществом. Он содержит  $\alpha$ -люизит ( $\beta$ -хлорвинилдихлорарсин),  $\beta$ -люизит (бис-( $\beta$ -хлорвинил) — хлорарсин) и треххлористый мышьяк. В свою очередь,  $\alpha$ -люизит существует в форме двух пространственных изомеров (цис- $\alpha$ -люизит и транс- $\alpha$ -люизит), различающихся физическими свойствами. Наиболее токсичным в смеси является транс- $\alpha$ -люизит, который в основном и образуется при получении ОВ.

## Основные физические и химические свойства

Технический люизит представляет собой темно-коричневую маслянистую жидкость с раздражающим запахом, напоминающим запах герани. Плотность вещества  $1,88$  г/см<sup>3</sup> (при температуре  $20^\circ\text{C}$ ), относительная плотность пара по воздуху —  $7,2$ . Температура кипения (с разложением) около  $190^\circ\text{C}$ , температура плавления определяется степенью очистки и составляет от  $-10^\circ\text{C}$  до  $-15^\circ\text{C}$ .

Люизит легко гидролизуетсся с образованием твердой малорастворимой в воде окиси  $\beta$ -хлорвинилаарсина. По токсичности данное вещество не уступает люизиту, но лишь при попадании внутрь организма. Реакция гидролиза обратима.

Взаимодействие люизита с основаниями и щелочами зависит от их концентрации. Слабые основания только ускоряют гидролиз. Водные  $18$ — $20\%$  растворы щелочей полностью разлагают молекулу люизита с выделением ацетилена (транс- $\alpha$ -люизит) или хлористого винила (цис- $\alpha$ -люизит).

Люизит в водной и водно-спиртовой среде легко взаимодействует с сероводородом. При этом образуется малорастворимый  $\beta$ -хлорвинилаарсинсульфид, обладающий раздражающим действием.

Люизит легко окисляется любыми окислителями (йодом, перекисью водорода, гипохлоритами, хлораминами, азотной кислотой, перманганатами и др.) с образованием хлорвинилаарсоновой кислоты, которая не обладает кожно-нарывным действием.

Гипохлориты щелочных и щелочноземельных металлов легко разлагают люизит, как в водной среде, так и в сухом виде.

## **Предельно допустимые концентрации. Дозы и другие токсикологические характеристики**

Отравление люизитом происходит при его воздействии: через органы дыхания, через кожу и слизистые оболочки глаз, при приеме зараженной воды или пищи.

Токсичность люизита при действии через органы дыхания (при объеме легочной вентиляции  $0,01 \text{ м}^3/\text{мин}$  и экспозиции  $1\div 2 \text{ мин}$ ):  $LC_{T_{50}} — 1,1 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$ .

Пребывание в течение 15 минут в атмосфере, содержащей люизит в концентрации  $0,01 \text{ г}/\text{м}^3$ , приводит к покраснению слизистых глаз и отеку век. При более высоких концентрациях ощущается жжение в глазах, слезотечение и спазмы век. Пары люизита действуют на кожные покровы. При  $Ст = 1,2 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$  кожа краснеет и отекает, при  $Ст = 1,3 \text{ г} \cdot \text{мин}/\text{м}^3$  появляются мелкие пузыри.

Действие жидкого люизита на кожу проявляется сразу после контакта с ним. При плотности заражения  $0,05\text{—}0,1 \text{ г}/\text{м}^2$  происходит покраснение кожи, при плотности  $0,2 \text{ г}/\text{м}^2$  образуются пузыри. Кожно-резорбтивная смертельная токсодоза, при действии через открытые участки кожи человека ( $LD_{50}$ ), составляет  $20 \text{ мг}/\text{кг}$ . По этому показателю люизит в три раза токсичнее иприта. Смертельная токсодоза при пероральном поступлении (через желудочно-кишечный тракт) составляет  $5\text{—}10 \text{ мг}/\text{кг}$ .

Для атмосферного воздуха населенных мест Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 27 декабря 2002 г. № 48 введены в действие с 1 января 2003 г. гигиенические нормативы ГН 2.1.6.118102. В данных нормативах установлены аварийные пределы воздействия (АПВ) отравляющих веществ. Для люизита они составляют:  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 1 час);  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 4 часа);  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 8 часов);  $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ г}/\text{м}^3$  (экспозиция 24 часа).

## **Опасность для человека**

Люизит обладает общеядовитым и кожно-нарывным действием при любом пути воздействия на организм и независимо от вида боевого состояния. Технический люизит обладает дополнительно раздражающим действием.

Токсическое воздействие люизита на организм человека многогранно: он поражает сердечно-сосудистую, периферическую и центральную нервную систему, органы дыхания, желудочно-кишечный тракт.

Общеядовитое действие люизита обусловлено его способностью вмешиваться в процессы внутриклеточного углеводного обмена. Выступая в качестве ферментного яда, люизит блокирует процессы как внутриклеточного, так

и тканевого дыхания, препятствуя процессам, идущим с выделением энергии, необходимой для нормального функционирования организма.

Механизм кожно-нарывного действия связан с разрушением клеточных структур и нарушением их нормальной деятельности.

### **Защита от люизита**

Для защиты организма человека от поражающего воздействия люизита необходимо полностью исключить попадание в него ОВ. Поэтому необходимо использовать гражданские противогазы и специальную защитную одежду типа ОЗК и Л-1.

При попадании люизита на кожные покровы и одежду необходимо осуществить немедленную обработку зараженных участков раствором из противохимических пакетов, растворами аммиака или перекиси водорода.

В качестве антидотов применяются соединения, содержащие сульфгидрильные группы, легко взаимодействующие с люизитом Унитиол (димеркаптопропансульфат натрия) и БАЛ (димеркаптопропанол). Унитиол хорошо растворим в воде и, в связи с этим, эффективнее БАЛа. В случае тяжелых поражений унитиол может применяться внутривенно. БАЛ применяется в масляных растворах.

## **3.4. Особенности поражения человека ОВ кожно-нарывного действия**

### **3.4.1. Характеристика степени тяжести поражения человека и особенности действия кожно-нарывных ОВ в зависимости от пути поступления в организм человека**

Общая картина поражения ОВ кожно-нарывного действия определяется в первую очередь количеством вещества, поступившего в организм человека. Большое значение при этом имеют: путь поступления ОВ в организм человека и его агрегатное состояние.

При поражении человека **ипритом** выделяют проявления ипритной интоксикации (резорбтивные явления) и проявления на местах проникновения (местные явления).

В зависимости от агрегатного состояния ОВ и пути его поступления в организм человека характеры местных проявлений могут существенно отличаться друг от друга.

В случае воздействия иприта через кожные покровы в местах контакта с

веществом развивается дерматит, который может протекать в трех формах: эритематозной, эритематозно-буллезной и гангренозной.

В случае ипритного дерматита в момент контакта с веществом болевая реакция отсутствует. Поражению сопутствует длительный период скрытого действия (от 2 до 6 часов) ОВ. Начинаясь воспалительная реакция сопровождается зудом, при этом покраснение сопровождается синюшным оттенком. Спустя несколько часов после контакта с ОВ появляются мелкие пузырьки, которые через сутки и более увеличиваются в своих размерах, постепенно сливаясь в один крупный пузырь, окружающий место контакта с ОВ. В последующем возможно образование сухих эрозий и медленно заживающих язв, дно которых покрыто налетом салюного вида. В процессе заживания язв и в последующем наблюдается гиперпигментация кожи в зоне поражения ОВ. В случае легких поражений кожи парами иприта гиперпигментация может служить единственным признаком поражения (ипритный загар). При поражении кожи человека характерна избирательность поражения отдельных участков кожи человека (подмышечных впадин, гениталий, шейных складок).

При поражении ипритом через органы дыхания в первую очередь поражаются слизистые оболочки полости носа, носоглотки, трахеи бронхов, легочная ткань, а также органы зрения. В зависимости от тяжести поражения может развиваться ипритный катар верхних дыхательных путей, ложнодифтерический трахеобронхит или даже некротическая пневмония.

При поражении парами иприта органов зрения наблюдается конъюнктивит или кератоконъюнктивит. При попадании жидкого иприта на конъюнктивальный мешок развивается кератоконъюнктивит той или иной степени тяжести.

В случае поражения ипритом через желудочно-кишечный тракт, происходит поражение тканей глотки, пищевода, желудка и кишечника. Язвы при этом не образуются, так как попавший в желудок иприт быстро вызывает рвоту. Характерными особенностями и в этом случае являются отсутствие раздражения в момент контакта с ипритом, а также медленное развитие и затяжное лечение воспаления.

При попадании иприта в кровь наблюдается ипритная интоксикация, которая зависит от величины полученной дозы. В случае тяжелых поражений для ипритной интоксикации характерно затяжное течение. При этом выделяют периоды острых проявлений, отставленных проявлений поражения и выздоровления.

Период острых проявлений возникает после скрытого периода действия и может длиться несколько дней. Основные симптомы: тошнота, сонливость, подавленное настроение, понос и рвота, повышение температуры до 38—39 °С. Пульс учащенный, слабого наполнения, артериальное давление снижено. При быстром поступлении иприта в организм больших доз иприта возможно развитие подергивания отдельных мышечных групп (лица, живота и др.) и

даже эпилептиформных судорог. В течение первых суток могут наблюдаться задержки явлениях резкого угнетения дыхания и сердечно-сосудистой деятельности возможна гибель больного в течение нескольких суток.

Период оставленных проявлений может длиться несколько недель и даже месяцев. Период выздоровления также может длиться достаточно долго (несколько недель и более).

В случае легких поражений период скрытого действия может составить до 12 часов и более. Далее проявляются симптомы эритематозного дерматита (при воздействии иприта на кожу), катарального ринофарингита (при воздействии иприта через органы дыхания), катарального конъюнктивита (при воздействии ОВ на глаза). Ипритная интоксикация проявляется небольшой слабостью, быстрой утомляемостью, головными болями и сонливостью. Поражение легкой степени тяжести без лечения проходит за 7—9 дней.

В случае поражения средней степени тяжести после скрытого периода действия формируется буллезный дерматит (при контакте иприта с кожей или воздействия на нее высоких концентраций ОВ), ложнодифтерический ринофарингит и катаральный трахеобронхит (при воздействии иприта через органы дыхания), кератоконъюнктивит (при контакте глаз с парами ОВ). Местным проявлениям поражения сопутствуют признаки ипритной интоксикации: повышение температуры до 39 °С, понос, рвота, головные боли, слабость. Продолжительность признаков ипритной интоксикации 7—10 дней. Период выздоровления пораженного может длиться до месяца и более.

Тяжелая степень тяжести поражения определяется на основании наличия на коже и слизистых оболочках характерного воспаления, отсутствия боли в момент контакта с ОВ, длительностью скрытого периода действия, цианоза, кольцеобразных сливных пузырей на коже и вялости процесса заживления.

**Люизит** обладает общеядовитым и кожно-резорбтивным действием. Как общеядовитое вещество он выступает в качестве ферментного яда, блокирующего процессы как внутриклеточного, так и тканевого дыхания. В результате он препятствует способности превращения глюкозы в продукты ее окисления, идущего с выделением энергии, необходимой для нормального функционирования организма.

Механизм кожно-нарывного действия люизита связан с разрушением клеточных структур. Действуя в капельно-жидком состоянии люизит за 3—5 минут быстро проникает в толщу кожи. Скрытый период действия при воздействии люизита на кожу отсутствует, поэтому сразу развиваются признаки поражения. На первом этапе ощущается боль и жжение на месте воздействия, затем проявляются воспалительные изменения кожи, по выраженности которых определяется степень тяжести поражения.

Легкая степень тяжести характеризуется наличием болезненной эритемы.

Поражение средней степени тяжести приводит к образованию поверхност-

ных пузырей, которые быстро вскрываются. Эрозивная поверхность эпителизуется в течение нескольких недель.

Поражение тяжелой степени тяжести приводит к глубоким, длительно незаживающим язвам.

В случае поражения кожи парами иприта наблюдается скрытый период действия до 4—6 часов, после которого наблюдается период разлитой эритемы. В случае воздействия высоких концентраций ОВ может вызвать развитие поверхностных пузырей.

При вдыхании паров люизита в первую очередь поражаются верхние дыхательные пути. В результате, после короткого периода скрытого действия, проявляются кашель, чихание и выделения из носа. В случае легких отравлений данные проявления исчезают через несколько суток. В случае тяжелых отравлений наблюдаются: тошнота, рвота, головная боль, потеря голоса, общее недомогание. Признаками очень тяжелого отравления являются одышка и спазмы в груди.

Попадание капель люизита в глаза приводит к потере зрения уже к исходу 7—10 суток.

### **3.4.2. Основные мероприятия при организации защиты от кожно-нарывных ОВ**

Для предупреждения поражений кожно-нарывными ОВ необходимо пользоваться средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, медицинскими средствами защиты и тщательно соблюдать правила поведения на зараженной местности.

Для защиты дыхательных путей и кожи лица применяется фильтрующий противогаз, для защиты кожных покровов от ОВ в капельножидком, парообразном и аэрозольном состоянии — специальная защитная одежда и импрегнированное обмундирование.

В случае попадания **иприта** на кожные покровы необходимо немедленно удалить капли тампоном и обработать зараженные участки кожи тампоном, смоченным содержимым индивидуального противохимического пакета (ИПП). В связи с тем, что продукты взаимодействия содержимого противохимического пакета с ипритом обладают раздражающим действием на кожу, в последующем необходимо произвести полную санитарную обработку (в течение одних суток летом или трех суток зимой).

В случае попадания ОВ в глаза их промывают 2 % раствором натрия гидрокарбоната или водой. При попадании иприта в желудок для удаления яда необходимо вызвать рвоту, сделать обильное промывание желудка водой или 0,02 % раствором калия перманганата, затем ввести адсорбент (25 г активированного угля на 100 мл воды).

В случае попадания **люизита** на кожные покровы необходимо, как и в случае с ипритом, немедленно удалить капли тампоном и обработать зараженные участки кожи тампоном, смоченным содержимым индивидуального противохимического пакета (ИПП). Далее, учитывая особенности поражающего действия люизита, необходимо срочное проведение частичной санитарной обработки. Для этого применяют растворы йода, перекиси водорода и перманганата калия. Кроме того, необходимо использование специфического антидота (унитиол), лечебное действие которого основано на химической нейтрализации яда, высвобождении блокированных SH-групп, ускоренной элиминации ОВ из организма, повышении содержания в тканях сульфгидрильных групп (антидот в этом случае является донатором SH-групп). Поэтому, при попадании капель люизита на кожу необходимо зараженный участок обработать содержимым ИПП или 5 % спиртовой йодной настойки; в последующем наложить 2 % димеркаптопропаноловую мазь.

В случае поражения глаз необходимо промыть их 2 % раствором натрия гидрокарбоната или водой, затем заложить за веко 30 % унитиоловую мазь на ланолине.

В случае перорального отравления требуется промыть желудок 0,05 % раствором калия перманганата, ввести в желудок 10—20 мл 5 % раствора унитиола с последующим приемом жженой магнезии (5 г одномоментно и затем до 2 г с 2-часовым интервалом).

### **3.5. Опасность пожаров на объектах, содержащих ОВ**

Все рассматриваемые ОВ являются сложными органическими соединениями, содержащими горючие компоненты, например, такие как углерод, водород, азот, сера и др. Поэтому естественно, что в зависимости от сочетания этих атомов и природы химических связей наблюдаются существенные различия в процессе термического воздействия на ОВ. Так, например, иприт выдерживает подъем температуры (до термического разложения) до 200 °С. Увеличение температуры только до точки кипения (217 °С) уже вызывает его частичное разложение. В то же время фосфорилгидрохолины (Ви-газы) при температуре выше 200 °С претерпевают почти полное разложение, а зоман разлагается уже при температуре 150 °С. Поэтому, учитывая реальные температуры в факеле пожара, можно утверждать, что большая часть ОВ будет подвергаться деструкции, пиролизу и окислению.

Учитывая отсутствие подобной информации в современной литературе, рассмотрим более подробно данные процессы, выделив четыре основных зоны в факеле пожара (рис. 3.1) и обратив особое внимание на образующиеся продукты для каждого из ОВ, подлежащих уничтожению.



### ***Иприт***

Для первой зоны характерны процессы деструктивного изменения при дефиците кислорода, приводящие к появлению дихлордиэтилсульфоксида, дитиона и хлористого водорода. Кроме того, в первой зоне присутствуют пары недеструктурированного иприта.

Дихлордиэтилсульфоксид малотоксичен, вызывает раздражение слизистых оболочек.

Дитион токсичен, вызывает раздражение слизистых оболочек и дерматит. В случае высоких концентраций может приводить к поражению дыхательных путей.

Хлористый водород токсичен, вызывает раздражение и ожоги слизистых оболочек.

Для второй зоны характерны процессы деструктивного окислительного изменения с образованием токсичных дихлордиэтилсульфона и хлористого водорода, а также углекислого газа и воды.

В третьей зоне имеют место не только деструктивные, но и синтетические процессы с образованием токсичных паров серной кислоты, серного и сернистого ангидридов, а также воды и углекислого газа. Кроме того, в зоне будут присутствовать пары иприта, поступающие с зеркала пролива вблизи участка пожара.

Пары серной кислоты, серного и сернистого ангидридов вызывают раздражение слизистых оболочек, а при высоких концентрациях могут приводить к поражению органов дыхания и ожогам дыхательных путей и кожи.

Для четвертой зоны характерен комплекс всех продуктов пиролиза и присутствие паров неразложившегося иприта. В ходе идущих процессов образуются пары серного и сернистого ангидридов, хлористый водород, угарный и углекислый газы.

В целом система образующихся продуктов не обладает однонаправленным характером действия, поэтому в соответствии с ГОСТом 22.0.002-77М эффект воздействия на людей должен оцениваться по наиболее токсичному химическому веществу, каковым является иприт. При этом результаты экспертной оценки показали, что количество паров иприта в образующемся облаке могут составить от 3—5 % до 7—10 % от исходного количества испаряющегося вещества.

### ***Люизит***

Для первой и второй зоны характерно образование высокотоксичных соединений (бета-хлорвиниларсеновая кислота общедовитого действия; винилхлоридов удушающего и раздражающего действия; оксиды мышьяка, относящиеся к клеточным ядам) и хлористого водорода.

В третьей зоне отсутствует бета-хлорвиниларсеновая кислота, и к вышеперечисленным веществам добавляются пары недеструктурированного люизита.

Для четвертой зоны характерен весь спектр перечисленных веществ.

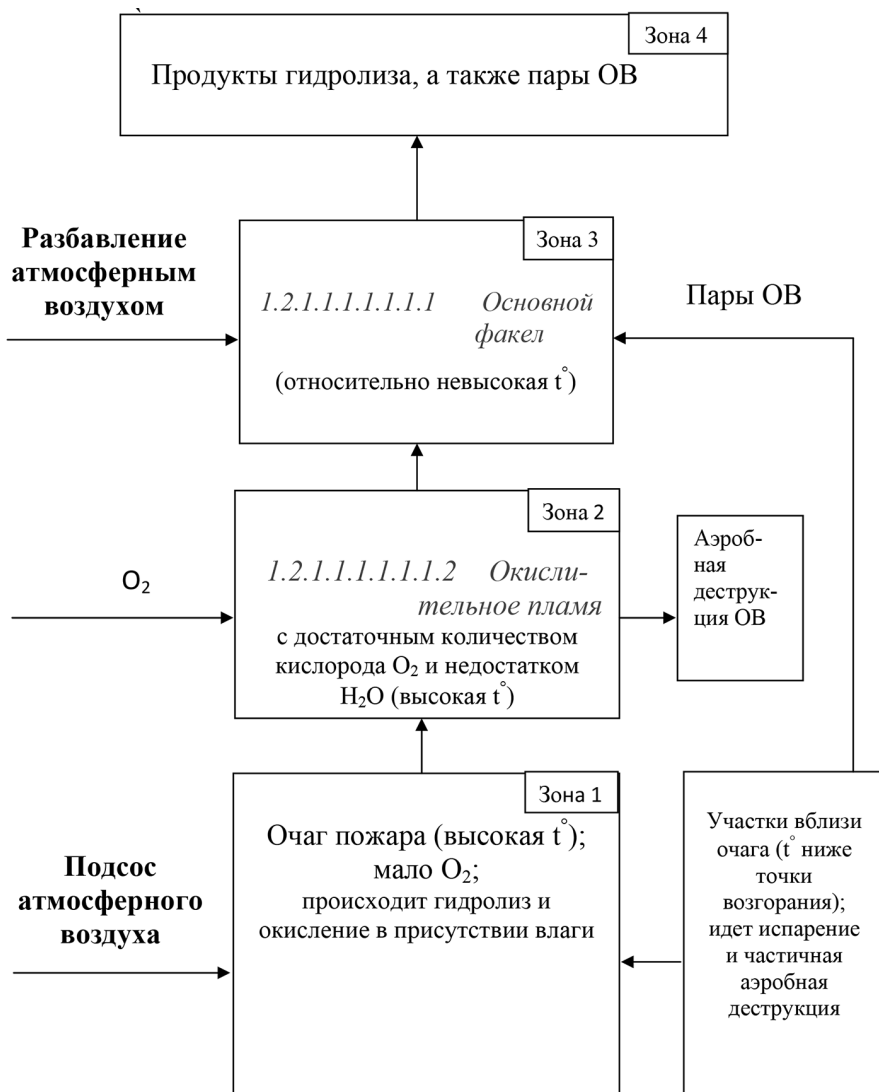


Рис. 3.1. Поведение ОВ в различных зонах пожарообразующегося факела

В целом, поскольку образующиеся вещества, как и в случае иприта, обладают разнонаправленным действием, подход к оценке воздействия аналогичен.

Результаты экспертной оценки показали, что количество паров люизита в образующемся облаке могут составить до 10 % от исходного количества испаряющегося вещества.

### ***Зарин***

Вещество термически устойчиво до 100 °С. Дальнейшее термическое разрушение в выше рассмотренных зонах приводит к образованию: оксидов фосфора, производных фосфорной кислоты (нетоксичны) и фтористого водорода (раздражение слизистых оболочек, ожоги кожи). К ним добавляются пары неструктурированного зарина. Все вещества обладают разноплановым характером действия, поэтому оценка возможных последствий должна проводиться по наиболее токсичному из них — зарину.

Результаты экспертной оценки показали, что количество паров зарина в образующемся облаке могут составить от 3—5 % до 7—10 % от исходного количества испаряющегося вещества.

### ***Зоман***

Термически устойчив до 150 °С. Продукты термического разложения аналогичны таковым для зарина. К ним добавляются пары неструктурированного зомана (от 3—5 % до 7—10 %). Поскольку все вещества обладают разноплановым характером действия — оценка возможных последствий проводится по наиболее токсичному из них — зоману.

### ***Ви-газы***

Термически устойчивы до 200 °С. Термическое разрушение приводит к образованию: оксидов серы и фосфора, фтористого водорода, сульфона (кожно-нарывного действия), оксиаминов (обладают канцерогенной опасностью), углекислого газа и воды. К ним добавляются пары неструктурированных Ви-газов (до 7 %—10 %). Все вещества обладают разноплановым характером действия, поэтому оценка возможных последствий проводится по ви-газам, как наиболее токсичному веществу.

Обобщая результаты вышеизложенного, целесообразно отметить, что рассмотренные ОВ термически неустойчивы и в процессе горения образуют целую гамму токсичных продуктов разнонаправленного действия. Кроме того, повышение температуры над зеркалом пролива приведет к резкому повышению скорости испарения ОВ и подсоса паров в факел пожара. При этом часть вещества, не успевшего разложиться, будет, рассеиваясь в атмосфере, представлять серьезную опасность для персонала объектов и населения, находящихся на относительно небольших расстояниях от зоны пожара.

## **3.6. Обнаружение (индикация) и определение ОВ**

Индикация ОВ — это процесс обнаружения, определения и идентификации ОВ в различных средах.

Обнаружение ОВ — это процесс установления факта присутствия ОВ в

анализируемых средах в определенных концентрационных пределах (качественный анализ).

Определение ОВ — это процесс установления количественного содержания ОВ (количественный анализ) в различных средах.

Идентификация ОВ — это процесс установления конкретных веществ из группы присутствующих веществ, обладающих подобными свойствами.

Для индикации и обнаружения ОВ в настоящее время наиболее широко используются следующие методы: химические, физические, физико-химические и биохимические.

Химический метод основан на регистрации изменения окраски реактива после его реакции с ОВ. Эти реакции обеспечивают обнаружение ОВ в безопасных для людей концентрациях. Они специфичны, так как обладают способностью взаимодействовать либо с конкретным веществом, либо с группой ОВ, сходных между собой по своей химической структуре и свойствам.

Данный метод реализован в полной мере в индикаторных пленках и трубках, входящих в комплект приборов химической разведки ВПХР, ПХР-МВ, ППХР, ПГО-11, Комплект-лабораторию «Пчелка-Р» и др. При этом используются:

для индикации ОВ: зарин, зоман, ви-экс индикаторная трубка ИТ-45 с одним красным кольцом и точкой (чувствительность по ОВ  $5 \cdot 10^{-7}$  мг/л);

по ОВ иприт индикаторная трубка ИТ-36 с одним желтым кольцом (чувствительность  $2 \cdot 10^{-3}$  мг/л);

По ОВ люизит индикаторная трубка ИТ-1337 (чувствительность 0,001—0,25 мг/л).

Для определения наличия в воздухе аэрозолей и аэрозвесей ви-экс используется индикаторная пленка АП-1. Она представляет собой ленту желтого цвета, прикрепляемую к одежде (обмундированию). При попадании на пленку аэрозолей и аэрозвесей ви-экс на ней образуются сине-зеленые пятна.

Вместо данной пленки принято новое средство индивидуального химического контроля КХК-2. Данное средство входит и в состав войскового индивидуального комплекта химического контроля ВИКХК. Комплект КХК-2 состоит из плоских индикаторных элементов и позволяет обнаруживать капли, аэрозвесей и оседающие аэрозоли ви-икс, зомана и иприта дисперсностью от 80 мкм и более за 30—80 секунд.

К физическим методам индикации относятся ионизационные, фотометрические и спектральные методы.

Ионизационные методы основаны на измерении электропроводности объема газов в присутствии анализируемого вещества. Данный метод реализован в газоанализаторе-дозиметре ПРХР, газосигнализатор ГСА-96, автоматические газосигнализаторы ГСА-1 (ГСА-2), ГСА-3 и др.

Газосигнализатор ГСА-2 позволяет обнаружить пары фосфорорганических ОВ в воздухе в концентрации  $5...8 \cdot 10^{-5}$  мг/л в течение 2 сек. Чувствитель-

ность газосигнализатора ГСА-96 по ФОВ: порог  $1-(1-5) \cdot 10^{-6}$  мг/л, порог  $2-(3-5) \cdot 10^{-7}$  мг/л. Чувствительность прибора ПРХР несколько ниже, порядка  $2 \cdot 10^{-4}$  мг/л.

Газосигнализатор автоматический ГСА-3 предназначен для обнаружения в воздухе паров ОВ (типа зарин, зоман, ви-экс и люизита) и АХОВ (хлор, аммиак). Чувствительность прибора по парам ОВ  $(3-8) \cdot 10^{-5}$  мг/л, по парам хлора и аммиака на уровне  $1-10$  ПДК в воздухе рабочей зоны.

В основе фотометрических методов индикации ОВ лежит зависимость оптических свойств смеси от концентрации определяемого вещества. Фотометрические методы делят на колориметрические, фотоколориметрические и спектрофотометрические приборы.

Наиболее широко используемым прибором, реализующим данный метод, является газосигнализатор ГСП-11. По своему принципу действия данный прибор является фотоколориметрическим прибором. Прибор имеет два диапазона чувствительности к парам фосфорорганических ОВ. Чувствительность прибора находится в диапазоне  $2 \cdot 10^{-6}-5 \cdot 10^{-5}$  мг/л.

Спектральные методы анализа базируются на зависимости интенсивности поглощения от концентрации анализируемого вещества. Спектральный метод анализа может быть реализован в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра. К представителю данного класса приборов можно отнести ионно-молекулярный спектрометр ИМС-97.

Ионно-молекулярный спектрометр ИМС-97 базируется на использовании различных типов ионизации (ядерная ионизация, фотоионизация и поверхностная ионизация). Чувствительность ИМС-97 по ФОВ  $5 \cdot 10^{-6}-5 \cdot 10^{-7}$  мг/л, чувствительность по люизиту —  $5 \cdot 10^{-5}$  мг/л, чувствительность по группе, определяемых АХОВ, находится в пределах от  $3 \cdot 10^{-4}$  до  $5 \cdot 10^{-4}$  мг/л.

К физико-химическим методам относятся электрохимический и хроматографический методы.

В основе электрохимических методов лежит принцип измерения электропроводности раствора электролита в присутствии анализируемого вещества.

Хроматографический метод основан на разделении веществ по зонам их максимальной концентрации и определении их количества в различных фракциях. Наиболее широкое применение хроматография нашла в лабораторном анализе. При этом используются различные ее виды: бумажная, тонкослойная, жидкостная, газожидкостная и др. Использование хроматографии весьма перспективно, так как позволяет выявлять содержание химических веществ при незначительном их содержании в различных средах.

Биохимический метод основан на подавлении ОВ нервно-паралитического действия активности фермента-холинэстеразы, осуществляющей гидролиз ацетилхолина. Не прореагировавший ацетилхолин можно определить колориметрически в виде ацетилгидроксамовой кислоты, которая с солями трехвалентного железа дает красное окрашивание. В присутствии ФОВ активность

холинэстеразы падает, в результате чего происходит прекращение гидролиза ацетилхолина. К основному прибору, реализующему данный подход, относится автоматический газосигнализатор ГСА-12. Чувствительность прибора с учетом всех режимов его функционирования находится в пределах от  $(56-8) \cdot 10^{-3}—(6-8) \cdot 10^{-6}$ .

Кроме приборов химической разведки для выявления химической обстановки широко используются переносные (ГКХЛ, МПХЛ, ПВХТЛ, «Инспектор-кейс», «Пчелка» и др.) лаборатории и подвижные автомобильные химические лаборатории (типа АЛ-24).

Рядом отечественных структур ведутся серьезные исследования методов дистанционной диагностики физиологически активных веществ в атмосфере на основе использования практически всех существующих типов лазеров во всем диапазоне длин волн излучения. К настоящему времени сформирован уникальный банк спектральных данных по значительному перечню токсичных веществ и отработаны универсальные способы специфического обнаружения и измерения концентрации веществ на основе спектральных наблюдений результатов взаимодействия зондирующего излучения со средой.

В качестве примера реализации одной из технологий лазерного зондирования можно привести комплекс дистанционной химической разведки КДХР-1, принятый на вооружение. Комплекс в состоянии обнаружить аэрозоли ОВ типа ви-экс на площади 25—30 км<sup>2</sup>. Комплекс размещен на самоходном бронированном плавающем гусеничном шасси и может автономно функционировать от собственных источников питания в течении 3 часов. Дополнительно к оборудованию лазерного зондирования атмосферы комплекс оснащен приборами локальной РХБ — разведки, средствами навигации, радиосвязи, коллективными и индивидуальными средствами защиты экипажа.

### **3.7. Обеззараживание (дегазация) отравляющих веществ**

В статье 2 Федерального закона «О гражданской обороне» и ГОСТ Р 22.0.02-94 дано определение понятия «обеззараживание» как «уменьшение до предельно допустимых норм загрязнения и заражения территории, объектов, воды, продовольствия, пищевого сырья и кормов радиоактивными и опасными химическими веществами путем дезактивации, дегазации и демеркуризации, а также опасными биологическими веществами путем дезинфекции и детоксикации».

Дегазация — это процесс обезвреживания и удаления ОВ с наружных покровов тела человека, обмундирования и снаряжения, местности, поверхности различных объектов и техники.

В практике наиболее часто используется термин «специальная обработка», которая представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на своевременное обезвреживание ОВ с указанных выше поверхностей.

Специальная обработка может быть частичной или полной.

Частичная специальная обработка проводится непосредственно сразу после применения ОВ или в процессе нахождения (проведения работ) в зоне химического заражения. Она заключается в проведении обработки специальными средствами открытых участков кожи человека, одежды (обмундирования и средств защиты), личного оружия (инструментов) и отдельных участков поверхности техники.

Полная специальная обработка включает проведение дегазации всех поверхностей в полном объеме и осуществление санитарной обработки населения и личного состава формирований, вышедших из зоны химического заражения.

Дегазация ОВ осуществляется с использованием специальных растворов, технических средств и оборудования. К основным дегазирующим растворам относятся:

**Дегазирующий раствор № 1** предназначен для дегазации ви-экс, ипритов и люизита. Он представляет собой 2 % раствор дихлорамина в дихлорэтане с содержанием активного хлора не менее 1 % и применяется при температуре не ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ .

**Дегазирующий раствор № 2 бц** предназначен для дегазации вооружения и военной техники, средств индивидуальной защиты изолирующего типа и отдельных участков местности, зараженных ОВ типа зарин и зоман. Он представляет собой раствор 10 % гидроксида натрия и 25 % моноэтаноламина в воде.

Применяется:

при температуре от  $+40$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  — разбавленным водой в 5 раз;

при температуре от  $-10$  до  $-30^{\circ}\text{C}$  — без разбавления;

при температуре от  $-30$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  — разбавленным аммиачной водой (с содержанием аммиака 20—25 %) в 5 раз.

При разбавлении раствора аммиачной водой он получает собственное наименование — **дегазирующий раствор № 2 ац**.

**Полидегазирующая рецептура РД-2** представляет собой подвижную жидкость от светло-желтого до коричневого цвета. Предназначена для дегазации вооружения и военной техники, зараженных ви-экс, зарин, зоманом и ипритом, а также средств индивидуальной защиты изолирующего типа, отдельных участков местности и дорог.

**Полидегазирующая рецептура РДА** представляет собой подвижную жидкость светло-коричневого цвета. Предназначена для дегазации стрелкового оружия, зараженного ви-экс, зоманом, зарин, и ипритом.

Растворы гипохлорита кальция (например, ДТСГК) применяют для дегазации зарина, зомана, ви-экс, ипритов и люизита.

В целях предотвращения поражения населения и спасателей частичная специальная обработка осуществляется непосредственно сразу после попадания ОВ на кожные покровы, обмундирование (одежду) и снаряжение. Это связано с тем, что около 10—20 % ФОВ, попавшего на кожу и до 30 % иприта и люизита, проникают внутрь организма человека в течение первых 5—10 минут. Поэтому частичная санитарная обработка наиболее эффективна в течение первых 1—2 минут с момента заражения. В этом случае она является важным составным элементом оказания первой доврачебной помощи. После выхода людей из зоны химического заражения данная обработка повторяется.

Для дегазации кожных покровов человека, зараженных ОВ типа ви-экс, зарин, зоман, иприт и люизит, используются индивидуальные противохимические пакеты (ИПП). Кроме того, с их помощью обрабатываются лицевые части противогазов в «боевом» положении и прилегающие к ним участки обмундирования (воротник, обшлага рукавов), а также оружие и приборы (при отсутствии ИДП), соприкосновение с которыми открытых участков кожи неизбежно.

Пакет ИПП-8 представляет собой стеклянный флакон с пробкой, помещенный вместе с четырьмя ватно-марлевыми тампонами и инструкцией по пользованию в герметично запаянном полиэтиленовом мешочке.

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-9 представляет собой герметично закрытый алюминиевой мембраной металлический баллон, оснащенный специальной крышкой с пробойником и губчатым тампоном-грибком. Баллон закрыт сверху защитным колпачком с двумя ватно-марлевыми тампонами внутри. Порядок применения пакета нанесен на поверхности баллона.

Пакет ИПП-10 представляет собой герметично закрытый алюминиевой мембраной металлический баллон, оснащенный защитным колпачком со специальной крышкой с пробойником. Инструкция по применению пакета нанесена на корпус баллона.

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-11 представляет собой пропитанный рецептурой тампон в герметичной упаковке. Пакет вскрывается по насечке, после чего достается тампон, которым равномерно обрабатывают лицо, шею и кисти рук. После обработки тампон выбрасывается.

Для обработки пористых материалов обмундирования, зараженных мелкими каплями, аэрозолями и парами ОВ, используются индивидуальные дегазационные пакеты (ДПС, ДПС-1, ДПП), содержащие порошковые рецептуры. Рецептуры представляют собой механическую смесь химически активных и адсорбционных компонентов, а также добавок, улучшающих эксплуатационные свойства рецептур.

Дегазация обмундирования порошковыми пакетами включает три технологических стадии:



равномерное без пропусков нанесение порошковой рецептуры на зараженную поверхность с помощью пакета-щеткой (ДПП), через тканевую диафрагму (ДПС-1) или из марлевого мешочка (ДПС) с одновременным втиранием порошка в материал одежды (в том числе и головного убора);

выдержку (экспозицию) порошковой рецептуры на одежде в течение времени, обеспечивающего нейтрализацию ОВ химически активным реагентом или поглощение ОВ слоем сорбента (хемосорбента);

удаление рецептуры путем вытряхивания (выбивания, выколачивания) одежды обеспечивает восстановление ее санитарно-гигиенических свойств и исключает возможность контакта с зараженным порошком.

Дегазирующий пакет силикагелевый ДПС состоит из тканевого мешочка, содержащего 25, 50 или 70 г порошка, и памятки по применению, размещенных внутри полиэтиленовой упаковки. Порошковая рецептура представлена механической смесью силикагеля (85 %) и фената натрия (15 %).

Малый пакет ДПС (25 г) обеспечивает обработку комплекта летнего хлопчатобумажного обмундирования, большой пакет (50 г) — комплекта импрегнированного хлорамином ДГ обмундирования или шинели, одетой в рукава (либо комплекта летнего обмундирования с шинелью в скатку или увлажненного летнего обмундирования). Два пакета (25 и 50 г) или один пакет (70 г) позволяют обработать комплект зимнего обмундирования.

Пакет ДПС-1 представляет собой водонепроницаемую прозрачную упаковку с приваренной с одной стороны тканевой диафрагмой и ниткой для снятия наружной пленки.

Пакеты ДПС и ДПС-1 (по 10 штук каждого) входят в состав индивидуального дегазационного комплекта силикагелевого ИДПС-69, рассчитанного на 10 человек.

Пакет ДПП состоит из полиэтиленового упаковочного мешка с нанесенной на него инструкцией по применению, пакета с припаянной щеткой, оснащенного двумя кнопками для закрепления резинового ремня, двух упаковок с полидегазирующей порошковой рецептурой по  $100 \pm 5$  г каждая.

Наряду с кожными покровами, одеждой, обмундированием, снаряжением и СИЗ заражению ОВ будет подвергаться инструмент, приборы и т. п.

Специальную обработку данного имущества проводят с помощью пакетов ИДП или ИДП-1.

Индивидуальный дегазирующий пакет ИДП может быть изготовлен в виде пластмассового или металлического футляра с крышкой, либо в виде картонного футляра с откидными клапанами.

В футляре размещены две стеклянные ампулы (по 60 мл каждая) с дегазирующим раствором № 1 на основе гексахлормеламина ДТ-6 (красная маркировка) и дегазирующим раствором № 2 ащ (черная маркировка). Ампулы переложены бумагой. В крышку футляра помещены пять тампонов из протирочной бумаги KB-22. Масса пакета составляет около 400 г.

Пакет ИДП-1 предназначен для дегазации стрелкового оружия и отдельных участков ВВТ, зараженных ОВ типа VX, зоман и иприт. Пакет представляет собой герметизированный алюминиевой фольгой металлический баллончик вместимостью 180 мл, снаряженный полидегазирующей рецептурой РДА.

В верхней части баллончика установлена капроновая щетка с пробойником (полым штоком) в центре для вскрытия мембраны и подачи рецептуры. Сверху щетка закрыта крышкой.

Специальная обработка техники может осуществляться с использованием индивидуальных комплектов специальной обработки автотракторной техники типа ИДК-1, либо автомобильных комплектов для специальной обработки техники типа ДК-4К и ДК-4Д.

Полная специальная обработка проводится на пунктах специальной обработки. Пункт может включать: площадку санитарной обработки людей; площадку специальной обработки обмундирования и имущества; площадку специальной обработки техники и транспорта. Она осуществляется с привлечением специальных подразделений, оснащенных соответствующей специальной техникой.

## Литература

1. Бандман А.Л., Гудзовский Г.А., Дубейковская Л.С. и др. Вредные химические вещества. Неорганические соединения I – IV групп: Справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1988. 512 с.
2. Бандман А.Л., Грекова Т.Д., Давыдова В.И. и др. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V – VIII групп: Справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.
3. Базарова Л.А., Балабанова Э.Л., Бандман А.Л. и др. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения: Справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1991.
4. Бадман А.Л., Войтенко Г.А., Волкова Н.В. и др. Вредные химические вещества. Углеводороды, галогенпроизводные углеводородов: Справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1990. 732 с.
5. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В 3 т. Т. 1. Органические вещества / Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. мед. наук Э.Н. Левиной. Л., Химия, 1976. 592 с.
6. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В 3 т. Т. 2. Органические вещества // Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. мед. наук Э.Н. Левиной. Л., Химия, 1976. 624 с.
7. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е, пер. и доп. В 3 т. Т. 3. Неорганические и элементоорганические соединения / Под ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и докт. биол. наук И.Д. Гадаскиной. Л., Химия, 1977. 608 с.
8. Флори Ф., Церник Ф. Вредные газы. М.: ГОНТИ НКТП, 1938. 846 с.
9. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам. М.: МПС РФ, 1997. 434 с.
10. Соловьев Н.В., Стрельчук Н.А., Ермолаев П.И., Канер Б.Л. Основы техники безопасности и противопожарной техники в химической промышленности. М.: Химия, 1966. 532 с.
11. Бережковский М.И. Хранение и транспортирование химических продуктов. Л.: Химия, 1982. 256 с.
12. Назорный П.А. Комбинированное действие химических веществ и методы его гигиенического изучения. М.: Медицина, 1984. 182 с.
13. Toxis and Hazardous industrial chemicals safety manual for Handling and disposal with toxicity and Hazard Data/ Distributed by maruzen Co., Ltd. Tokyo Japan N591s, 1975, 76, 77, 78, 79 г.
14. Буковский М.И. и др. Безопасные уровни содержания вредных веществ в окружающей среде. Северодонецк, 1984. 182 с.
15. Измеров Н.Ф., Саноцкий И.В., Сидоров К.К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии: Справочник. М.: Химия, 1977. 240 с.
16. Химический энциклопедический словарь / Под ред. И.Л. Кнунянца. М., 1983. 792 с.
17. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. М., 1970.
18. Беспамятнов Г.П., Кратов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л., 1985. 528 с.
19. Вредные вещества в промышленности. Органические вещества: новые данные с 1974 по 1984 гг.: Справочник. Л.: Химия, 1985. 464 с.

20. *Муравьева С.И., Казнина Н.И., Прохорова Е.К.* Справочник по контролю вредных веществ в воздухе / Под ред. М.Т. Дмитриева. М.: Химия, 1988. 320 с.
21. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (хлор, аммиак, неорганические кислоты): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1998. 58 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1998. № 1.)
22. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (цианводород, диоксид серы, метилхлорид, формальдегид): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1998. 40 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1998. № 6.)
23. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (ацетонитрил, диметиламин, метилбромид, хлорциан): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1999. 35 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1999. № 2.)
24. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (этиленоксид, хлорпикрин, триметиламин): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1998. 38 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1998. № 2.)
25. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (четырёххлористый углерод, дихлорэтан, фосфорорганические соединения): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1999. 35 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1999. № 2.).
26. Стандарты по медико-санитарному обеспечению при химических авариях (Оксид углерода, сероводород, сероуглерод): Пособие для врачей. М.: ВЦМК «Защита», 1998. 32 с. (Прил. к журн. «Медицина катастроф». 1998. № 5.)
27. Сильнодействующие ядовитые вещества: Справочник: Рукопись. Саратов: СВВИ-УХЗ, 1998. 335 с.
28. Beauchamp R. et al. //CRC Crit. Rev. Toxicol. 1985/ V. 14, N 4/ P. 309—380.
29. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.5. 1313-03. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.5. 1314-03. Гигиенические нормативы. М.: Минздрав России, 2003.
30. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6. 1338-03. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6. 1339-03. Гигиенические нормативы. М.: Минздрав России, 2003.
31. Sangyo Igaku. 19,367,77 (SAIGBL).
32. Саифутдинов М.М. // Гигиена и санитария. 1966. № 5. С. 7—11.
33. Алпатов И.М. // Гигиена труда. 1964. № 2. С. 14—18.
34. Михайлов В.И. // Гигиена труда. 1969. № 10. С. 53—55.
35. Саватеев Н.В., Куценко С.А. Характеристика токсического действия веществ, представляющих опасность при разрушении промышленных объектов. Л.: ВМА им. С.М.Кирова, 1982. 45 с.
36. Батырев В.В. Баринов А.В. База исходных данных по физико-химическим свойствам токсичных химических веществ. М.: ООО «Эпицентр Маркет», 2005. 330 с.
37. Toxis and Hazardous industrial chemicals safety manual for Handling and disposal with toxicity and Hazard Data/ Distributed by maruzen Co., Ltd. Tokyo Japan N591s, 1975, 76, 77, 78, 79 г.
38. Морачевский А.Г., Сладков И.Б. Физико-химические свойства молекулярных неорганических соединений. Л., 1987. 188 с.
39. Ролл Д.П. Проблема экстраполяции токсикологических данных с лабораторных животных на человека // Гигиена и санитария. 1973. № 4. С. 73—74.
40. Уланова И.П. и др. К вопросу о переносе данных, полученных в эксперименте на

- животных, в гигиеническую практику // Гигиена труда и профзаболеваний. 1969. № 7. С. 22—25.
41. Красовский Г.Н. и др. К вопросу о сравнительной чувствительности человека и лабораторных животных к химическим факторам // Гигиена и санитария. 1969. № 1. С. 45—49.
  42. Основы общей промышленной токсикологии (руководство) / Под ред. Н.А. Толоконцева и В.А.Филова. Л.: Медицина, 1976. 304 с.
  43. Красовский Г.Н. Сравнительная чувствительность человека и лабораторных животных к действию токсических веществ // В сб.: «Общие вопросы промышленной токсикологии». М., 1986. С. 59—62.
  44. Красовский Г.Н., Шиган С.А. и др. О методах оценки видовых различий // В сб.: «Гигиеническая наука — практике». М., 1992. С. 64—68.
  45. Справочник химика. Т. 2 / Под ред. Б.П.Никольского. М., Л., 1965. 1168 с.
  46. Handbook of Toxicology. Vol.I, W.S. Spektor. Philadelphia and London, 1956.
  47. Sweet D.V., Levis R.J. Registry of Chemical Substances ( RTECS ), 1984. Edition User's guide to the RTECS Computer Tape. NIOSH, Ohio 45226, 1985.
  48. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. Изд. 2-е / Под ред. Г.А. Сокольского. М.: Воениздат, 1990. 271 с.
  49. Холодная смерть. Химическое оружие и средства массового поражения / Пер. с нем. / Сост. К. Лос. М.: Прогресс, 1985. 246 с.
  50. Баранев М.К., Божко В.Д., Бринцев А.В., Вителис В.М. и др. Химическое оружие вероятного противника / Под ред. А.Н. Калитаева. М.: Воен. акад. хим. защиты, 1977. 303 с.
  51. Батырев В.В., Вителис В.М. Химическое оружие и его поражающее действие: Курс лекций. Новогорск: Академия гражданской защиты, 1999. 292 с.
  52. Франке З. Химия отравляющих веществ. М.: Химия, 1973. Т. 1. С. 237.
  53. Александров М.В., Багаев И.В., Волжин А.И. и др. Хранение химических боеприпасов артиллерии и авиационных средств поражения. М.: Саратовский институт РХБЗ, 2002. 95 с.
  54. Артеменко Г.И., Гаврилов А.В., Кольцов Г.И. и др. Средства и способы радиационной и химической защиты: Учеб. пособ. Химки: АГЗ МЧС России, 2011. 400 с.
  55. Гамс Э. Программа уничтожения химического оружия в США. Зарубежное военное образование, 1994. С. 4—8.
  56. Международное гуманитарное право в документах / Сост. Ю.М. Колосов и И.И. Котляров. М.: Изд-во Моск. независ. ин-та, 1996. 555 с.
  57. Батырев В.В., Владимиров В.А., Мироненко А.И. и др. Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них. М.: Воениздат, 1989. 186 с.
  58. Владимиров В.А., Долгин Н.Н., Палий А.И. и др. Гражданская защита: Понятийно-терминологический словарь. М.: Издательство «Флайст», Информационно-издательский центр «Геополитика», 2001. 237 с.
  59. Батырев В.В. Основы противохимической защиты населения в чрезвычайных ситуациях. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. 211 с.
  60. Бринцев А.В., Калитаев А.Н., Мясников В.В. и др. Защита от оружия массового поражения. М.: Воениздат, 1989. 398 с.

# Приложение

Таблица П. 1

## Перечень рассматриваемых токсичных химических веществ

№ п/п	Русское наименование	Английское наименование	Химическая формула
1.	Азота двуокись, диоксид азота, ангидрид азотной кислоты	Nitrogen dioxide, Nitrogen peroxide	NO <sub>2</sub>
2.	Акролеин, пропеналь, акриловый альдегид	Acrolein, Acrylaldehyde, Acrylic aldehyde, Propenal	CH <sub>2</sub> CHCHO
3.	Аммиак	Ammonia, Anhydrous ammonia	NH <sub>3</sub>
4.	Анилин, фениламин	Anilin, Anilin oil, Aminoben-zene, Benzeneamine, Phenilamine	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>
5.	Ангидрид сернистый, серы двуокись, оксид серы	Sulfure dioxide, Sulfurous acid anhydride	SO <sub>2</sub>
6.	Ангидрид уксусный, ангидрид уксусной кислоты	Acetic anhydride, acetyl oxide	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> , (CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O
7.	Ацетонитрил, нитрил уксусной кислоты	Acetonitril, Cyanomethane, Ethyl nitrile, Methyl cyanide	CH <sub>3</sub> CN
8.	Ацетонциангидрин, α-гидрокси-изобутиронитрил	Acetone cyanohydrin	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> ON
9.	Бензол	Benzene Phenyl hydride	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
10.	Бром	Bromine	Br <sub>2</sub>
11.	Толуол	Toluene, Methyl benzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>
12.	Водород мышьяковистый, арсин, гидрид мышьяка	Hydrogene arsenic	AsH <sub>3</sub>
13.	Водород фтористый, кислота плавиковая	Hydrogen fluoride, Hydrofluoric acid	HF
14.	Водород хлористый	hydrogen chloride	HCl
15.	Гидразин	Hydrazine, hydrazine base	NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>
16.	Диметиламин	Dimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH
17.	Триметиламин	Trimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> NH

№ п/п	Русское наименование	Английское наименование	Химическая формула
18.	Диметилформамид, диметиламид муравьиной кислоты	Dimethylformamid, formyl dimethylfmine	$(\text{CH}_3)_2\text{NCHO}$
19.	Диметилметилфосфонат, диметиловый эфир метилфосфоновой кислоты	Dimethyl methylphosphonate, dimethyl ester	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{PCH}_3\text{O}$
20.	Дикетен	Diketene	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$
21.	Дихлорэтан, хлористый этилен	Dichloroethane, ethylidene chloride, ethylidene dichloride	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$
22.	Дихлорпропан, хлористый пропилен	Dichloropropane, propylene dichloride	$\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}_2$
23.	Изобутил бромистый, 1-бром-2-метилпропан	Isobutylbromide, bromoisobutane	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{Br}$
24.	Кислота азотная	Nitric acid, hydrogen nitrate	$\text{HNO}_3$
25.	Кислота соляная	hydrochloric acid	$\text{HCl}$
26.	Метанол, метиловый спирт, древесный спирт, карбинол	Methanol, Carbinol, Wood alcohol	$\text{CH}_3\text{OH}$
27.	Метилакрилат, метиловый эфир акриловой кислоты	Methylacrylate	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$
28.	Метиламин	Methylamin	$\text{CH}_3\text{NH}_2$
29.	Метилмеркаптан, метилтиол, меркаптометан	Methyl mercaptan, methanethiol	$\text{CH}_3\text{SH}$
30.	Метил бромистый, метилбромид, бромметан	Methyl bromide, Bromomethane, monobromomethane	$\text{CH}_3\text{Br}$
31.	Метил хлористый, хлорметан	Methyl chloride, chloromethane	$\text{CH}_3\text{Cl}$
32.	Метилизоционат	Methyl Isocyanate, Isocyanatomethane	$\text{CH}_3\text{NCO}$
33.	Нитрил акриловой кислоты, акрилонитрил, НАК	Acrylonitrile, Acrylic nitrile, Cyanoethylene	$\text{CH}_2\text{CHCN}$
34.	Оксид углерода, монооксид углерода, угарный газ	Carbon monoxide, carbon oxide, flue gas	$\text{CO}$
35.	Оксид этилена, этиленоксид, эпоксиэтан, оксидан	Ethylene Oxide, Ethylene epoxide	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

№ п/п	Русское наименование	Английское наименование	Химическая формула
36.	Олеум	Oleum Solution, Fuming sulphuric acid	$\text{SO}_3$ in $\text{H}_2\text{SO}_4$ (дымящая)
37.	Сероводород, сернистый водород	Hydrogen sulfide, Hydrosulfuric acid	$\text{H}_2\text{S}$
38.	Сероуглерод, сернистый углерод	Carbon disulphide, Carbon bisulphide	$\text{CS}_2$
39.	Синильная кислота, цианистый водород, нитрил муравьиной кислоты	Hydrocyanic acid, Hydrogen cyanide, Prussic acid	$\text{HCN}$
40.	Фенол, гидроксibenзол, карболовая кислота	Phenol, Hydroxybenzene, Carboic acid	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
41.	Формальдегид, муравьиный альдегид, метаналь	Formaldehyde, Formic aldehyde	$\text{CH}_2\text{O}$
42.	Фосген, хлорангидрид угольной кислоты, карбонилхлорид, хлорокись углерода	Phosgene, Carbonyl chloride, Carbon oxychloride	$\text{COCl}_2$
43.	Фосфор треххлористый	Phosphorus trichloride, Phosphorus chloride	$\text{PCl}_3$
44.	Фосфора хлорокись, оксидтрихлорид фосфора, фосфорилхлорид	Phosphorus oxychloride, Phosphoryl chloride	$\text{POCl}_3$
45.	Фтор	Fluoline	$\text{F}_2$
46.	Фосфин, фосфористый водород, гидрид фосфора	Phosphine, Hydrogen phosphide	$\text{PH}_3$
47.	Четыреххлористый кремний, тетрахлорид кремния	Silicon chloride, Siliciumtetrachloride, Silicon tetrachloride	$\text{SiCl}_4$
48.	Четыреххлористый углерод, тетрахлорметан	Tetrachloromethane, Carbon tetrachloride, Phenoxin	$\text{CCl}_4$
49.	Хлор	Chlorine, Molecular chlrine	$\text{Cl}_2$
50.	Бромбензол, фенилбромид	Bromobenzene, Monobrombenzene, Phenyl bromide	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$
51.	Хлорбензол, фенилхлорид	Chlorobenzene, Monochlorobenzene Benzene chloride	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$
52.	Хлорпикрин, трихлорнитрометан, нитротрихлорметан, нитрохлороформ	Chloropikrin, Trichloronitromethane, Nitrochloroform	$\text{CCl}_3\text{NO}_2$



№ п/п	Русское наименование	Английское наименование	Химическая формула
53.	Хлорциан, Хлорангидрид циановой кислоты, циан хлористый	Cyanogen chloride, Chlorocyanogen, Chlorocyanide	ClCN
54.	Циклогексан, гексаметилен, гексагидробензол	Cyclohexane, Hexamethylene	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>
55.	Этиленимин, азиридин	Ethyleneimine, Aziridine, Azacyclopropane, Dimethyleneimine	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> N
56.	Этиленсульфид, тиоокись этилена, диметилэтилен-сульфид	Ethylene sulfide	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> S
57.	Эпихлоргидрин	Epichlorohydrin	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO

Таблица П. 2

## Перечень (рассматриваемых) отравляющих веществ

№ п/п	Химическое название	Условное название и шифры	Химическая формула
1.	Фторангидрид изопропилового эфира метилфосфоновой кислоты; изопропиловый эфир метилфосфоновой кислоты	Зарин, GB (США); трилон 144, T144, трилон 46, T46 (Германия).	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> PF
2.	Фторангидрид пинаколиново-го эфира метилфосфоновой кислоты	Зоман, GD (США), Трилон (Германия).	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> PF
3.	О-этиловый S-2- (N, N-диизопропиламино) этиловый эфир метилфосфоновой кислоты	VX (США); Амитон (Англия), вещество группы А (Франция)	C <sub>10</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub> PS
4.	β, β'-дихлордиэтилсульфид; 2, 2'-дихлордиэтилсульфид; 2, 2'-дихлордиэтиловый тиоэфир; 1-хлор-2-(2-хлорэтилтио) этан.	Иприт; Schwefelyperit, Yperit, Lost (Германия); H, HD (США); Yperite, Yc, Yt (Франция).	(ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> S
5.	β-хлорвинилдихлорарсин, 2-хлорэтенилхлорарсин; β-хлорвиниларсиндихлорид.	Люизит; Lewisit (Германия); Lewisite, α-Lewisite, Lewisite A, M-1 (в годы Второй мировой войны), L (США).	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> As

## Комбинированная классификация БТХВ

Класс БТХВ	Шифр БТХВ	Токсикологическая (физиологическая) классификация	Обобщенная тактическая классификация					
		группы БТХВ						
		По преобладающему виду поражающего действия	По боевому назначению	По скорости проявления поражающего эффекта		По продолжительности сохранения поражающего действия		
Быстродействующие	Медленнодействующие			Кратковременнодействующие (нестойкие)	Долгодействующие (стойкие)			
Боевые синтетические ТХВ БОВ	VX	Нервно-паралитические	Смертельные или летальные (килланты)	+	+	-	+	
	GB			+	-	+	+	
	GD			+	-	-	+	
	HD	Кожно-нарывные		-	+	-	+	
	HN			-	+	-	+	
	AC	Общеядовитые		+	-	+	-	
	CK			+	-	+	-	
	CG	Удушающие		-	+	+	-	
	BZ	Психохимические (психотропные)	Временно выводющие из строя (инкапсиганты)	-	+	+	-	
	CN	Раздражающие	Кратковременно выводющие из строя (иританты)	+	-	+	-	
	DM			+	-	+	-	
	CS			+	-	+	+	
	CR			+	-	+	+	

Класс БТХВ	Шифр БТХВ	Токсикологическая (физиологическая) классификация	Обобщенная тактическая классификация					
		группы БТХВ						
		По преобладающему виду поражающего действия	По боевому назначению	По скорости проявления поражающего эффекта		По продолжительности сохранения поражающего действия		
				Быстродействующие	Медленнодействующие	Кратковременнодействующие (нестойкие)	Долгодействующие (стойкие)	
Боевые природные ТХВ (яды): бактериальные (микробные) токсины	XR	Нервно-паралитические (нейротоксины)	Смертельные или летальные (килланты)	-	+	+	-	
	PG	Желудочно-кишечные (энтеротоксины)	Временно выводящие из строя (инкапаситанты)	+	-	+	-	
Боевые синтетические фито ТХВ фитоцидные рецептуры	Orange Оранж	Общепитоядовитые	Фитоуничтожающие	-	+	-	+	
	White Уайт			-	+	-	+	
	Blue Блю			-	+	-	+	

\* При действии через органы дыхания.

\*\* В зимнее время года.

\*\*\* При применении в виде сухих порошковых рецептур.

*Справочное издание*

**Батырев Василий Васильевич**

**Справочник специалиста-химика МЧС России**

ISBN 978-5-93970-101-3



Подписано в печать 20.05.2013. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ .  
Объем 18,75 п. л. Тираж 500 экз. Зак.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский пр-т., 149.