

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

**С. А. Ковалев, В. С. Кузеванов**

**АНТОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Учебное пособие**



2019

УДК 539.1+66.0  
ББК 68.518я73  
К560

*Рецензенты:*

д-р хим. наук, профессор *И.В. Власова*;  
канд. техн. наук, доцент *А.И. Бокарев*

**Ковалев, С. А.**  
**К560** Антология безопасности. Химическая безопасность : учебное пособие  
/ С. А. Ковалев, В. С. Кузеванов. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. – 60 с.  
**ISBN 978-5-7779-2376-9**

Представлены теоретические основы обеспечения химической безопасности и принципы защиты населения и территорий в условиях аварий на химически опасных объектах, раскрывается сущность аварии на потенциально опасных объектах, а также дается подробное описание систем. Особое место уделяется расчетам показателей аварий на химически опасных объектах.

Для студентов химических факультетов высших учебных заведений, изучающих курс «Безопасность жизнедеятельности» в рамках освоения бакалавриата, а также преподавателей, ведущих эту дисциплину.

**УДК 539.1+66.0**  
**ББК 68.518я73**

ISBN 978-5-7779-2376-9

© Ковалев С. А., Кузеванов В. С., 2019  
© ФГБОУ ВО «ОмГУ  
им. Ф.М. Достоевского», 2019

## Предисловие

Количество факторов, губительно влияющих на среду обитания и жизнедеятельность человека, стало катастрофически опасным, один из основных факторов, негативно влияющих на здоровье человека – химический.

В последние десятилетия ухудшилась экологическая обстановка, сильно возросла концентрация токсических соединений в атмосфере. Сейчас число россиян, проживающих в регионах, в которых загрязнение воздуха составляет 5–10 ПДК, достигает 100 млн чел., т. е. 70 % населения Российской Федерации, а организм человека адаптирован лишь к 1 ПДК, при условии, что он практически здоров.

В настоящее время в зонах повышенной химической опасности в России проживает более 44 млн человек. Ежегодно на химически опасных объектах происходит более 200 аварий.

Большую опасность представляют промышленные химически опасные объекты, которые распределены по территории России крайне неравномерно. В основном они расположены на территориях Центрального и Сибирского федеральных округов. В Сибирском федеральном округе их больше сконцентрировано на территории Омской области.

Омская область и г. Омск относятся к 1-й степени химически опасных территорий, где действуют 114 химически опасных объектов, из них:

- *1-й степени* – 5 ед., все они расположены в Омске: АО «Газпром нефть – ОНПЗ», ООО «Омсктехуглерод» (Omsk Carbon group), ПАО «Омкшина», «ПАО «Омский каучук» (Группа компаний «Титан»), ОАО «Омскхимпром»;
- *2-й степени* – 6 ед.;
- *3-й степени* – 93 ед.;
- *4-й степени* – 10 ед.

В зонах вероятных чрезвычайных ситуаций от аварий на химически опасных объектах проживает 490 тыс. человек, это почти половина населения Омской области.

На химически опасных объектах г. Омска производится и используется 6 100 т опасных химических веществ, из них 1 860,4 т – аммиака, 660 т – хлора, 763,8 т – соляной кислоты.

В городе насчитывается 1 058 организованных источников выбросов в окружающую среду вредных веществ. По данным Главного управления региональной безопасности по Омской области, имеется еще около 100 неорганизованных источников выбросов.

# Глава 1

## ОСНОВЫ ТОКСИКОЛОГИИ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

### 1.1. Основные определения и классификация опасных химических веществ

**Химическая безопасность** – состояние объектов безопасности, при котором риск нанесения им вреда от токсического воздействия химических источников опасности находится на предельно допустимом уровне ( $R = 1 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-6}$  чел./год).

К химическим источникам опасности относятся *химически опасные объекты*.

**Химически опасный объект** (далее – ХОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества (далее – ОХВ), при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды (ГОСТ Р 22.0.05-94).

К ХОО относятся:

- заводы по производству хлора, аммиака и других ОХВ;
- заводы по производству сельскохозяйственных удобрений;
- нефтехимические заводы;
- научно-исследовательские институты;
- целлюлозно-бумажные комбинаты;
- текстильные фабрики;
- металлургические заводы;
- коммунально-бытовые объекты;
- склады (хранилища) и терминалы с ОХВ;
- транспортные средства и трубопроводы;
- военно-химические объекты (склады, полигоны, заводы по уничтожению химических боеприпасов).

**Химическая продукция** – это химическое вещество или смесь. К химическим веществам относится химическая продукция, в которой химическое вещество присутствует в концентрации

80 % (по массе) и более, при этом оставшиеся 20 % (по массе) и менее считаются примесями и/или добавками.

**Опасное химическое вещество** – химические вещества, классифицированные по одному или более видам опасности в отношении жизни и здоровья человека, имущества, окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений.

*Классификация химической продукции*, в составе которой содержатся опасные химические вещества и смеси, по видам опасного воздействия на объекты классифицируются:

1) **связанные с физико-химическими свойствами** химической продукции:

- взрывчатая;
- сжатый (сжиженный) газ;
- воспламеняющая;
- саморазлагающаяся;
- пиррофорная;
- самонагревающаяся;
- опасная при контакте с водой;
- окисляющая;
- органические пероксиды;
- коррозионно-активная;

2) по **воздействию на жизнь и здоровье человека**:

- обладающая острой токсичностью;
- вызывающая разъедание (некроз) и раздражение кожи;
- вызывающая повреждение (раздражение глаз);
- оказывающая сенсibilизирующее действие;
- обладающая мутагенными свойствами (мутагены);
- обладающая канцерогенными свойствами (канцерогены);
- воздействующая на репродуктивную функцию;
- обладающая избирательной токсичностью;
- представляющая опасность при аспирации;
- стойкая, способная к накоплению в биологических объектах;

- характеризующая способностью к биоаккумуляции;

3) по **воздействию на окружающую среду**:

- разрушающая озоновый слой;

- обладающая острой и хронической токсичностью для водной среды;
- обладающая способностью к биоаккумуляции;
- обладающая токсичностью для почвы.

*Классификация ОХВ по степени токсической опасности* (ГОСТ 12.1.007-90):

- чрезвычайно опасные (**1-й кл.**):  $LK_{50} < 500$  мг/м<sup>3</sup> (ртуть, водород цианистый, гидразин);
- высокоопасные (**2-й кл.**):  $LK_{50} = 500–5000$  мг/м<sup>3</sup> (хлор, фосген, формальдегид);
- умеренно опасные (**3-й кл.**):  $LK_{50} = 5000–50000$  мг/м<sup>3</sup> (табак, стеклопластик, метанол, сероводород);
- малоопасные (**4-й кл.**):  $LK_{50} > 50000$  мг/м<sup>3</sup> (этанол, бензин, аммиак, ацетон).

Встречаются иные классификации. Например:

– по **токсикологическому признаку** (классификация ОХВ по токсикологическому признаку встречается довольно часто, так как рассматривает особенности острых отравлений, возникающих в чрезвычайных ситуациях, и учитывает такой признак классификации, как нозологический):

а) **раздражающего действия** – одни вещества этой группы обуславливают развитие бронхита, конъюнктивита, поверхностного дерматита, другие – глубоко повреждают ткани (химический ожог), деструктивные изменения тканей, вплоть до некроза (хлор, фтор и его соединения, хлористый водород и др.);

б) **прижигающего действия** – отравления возникают при попадании в рот в бытовых условиях, а ингаляционные отравления – при чрезвычайных ситуациях (органические и неорганические кислоты, щелочи и окислители (соляная и серная кислоты));

в) **удушающего действия** – к веществам этой группы условно относят фосген (СОСL<sub>2</sub>) и хлорпикрин, применявшиеся в ходе Первой мировой войны как отравляющие вещества;

г) **общетоксического действия** – в эту группу условно включены ОХВ, проявляющие свое действие после всасывания в кровь (сероводород, сероуглерод, синильная кислота, цианистый водород и др.);

д) **наркотического действия** – к этой группе веществ условно отнесены углеводороды жирного и ароматического ряда,

их галогенопроизводные, спирты, фенолы, продукты переработки нефти и др.;

е) **ядохимикаты (пестициды)** – химические вещества, применяемые для борьбы с вредителями и возбудителями болезней культурных растений, а также для уничтожения сорняков:

- хлорорганические соединения;
- фосфорорганические соединения;
- ртутьорганические соединения.

## **1.2. Показатели и характеристика токсического воздействия опасных химических веществ на человека**

**Токсичность** – способность ОХВ оказывать вредное действие на человека, животных и растений.

Способы поступления ОХВ в организм человека:

- 1) ингаляционный (через дыхательные пути);
- 2) пероральный (через желудочно-кишечный тракт);
- 3) дермальный (через кожу).
- 4) парентеральный (минуя желудочно-кишечный тракт, например через укол шприцем, укус насекомых).

Самым опасным способом поступления ОХВ в организм человека считается **ингаляционный**.

ОХВ, проникнув в организм, проходят три фазы:

1. **Всасывание.** При чрезвычайных ситуациях отравление ОХВ происходит преимущественно через дыхательные пути и кожу. Возможны пероральные отравления при употреблении зараженных пищевых продуктов и воды.

Через дыхательные пути проникают газы, жидкие вещества в парообразном или аэрозольном состоянии. Большая площадь поверхности легких (более 100 м<sup>2</sup>) и интенсивный кровоток обеспечивают быстрое развитие токсического действия.

Всасывание осуществляется также через слизистые оболочки, кожу и пищеварительные органы, что приводит к отравлению организма.

2. **Распределение.** После проникновения в организм ОХВ распределяются в жидкой части крови и лимфы, в межклеточной и внутриклеточной жидкости.



ОХВ, проникнув в организм, может сохраниться в неизменном виде, накапливаясь в тех или иных органах и тканях. Чаще всего они превращаются в неядовитые вещества, реже приобретают более высокую токсичность.

3. **Выделение.** Выделение большинства ОХВ (ацетон, бензин, бензол, синильная кислота, окись углерода, спирты и др.) происходит через легкие в неизменном виде во время выдоха.

На характер отравления человека влияют следующие факторы:

1. **Строение и физико-химические свойства ОХВ:**

– **относительная молекулярная (атомная) масса** (отношение массы молекулы (или атома) данного вещества к 1/12 массы атома углерода) – она определяет плотность, текучесть, диффузию через мембранные барьеры организма: при  $M > 25$  вещества плохо проникают через кожу, а при  $M < 25$  – плохо задерживаются средствами защиты;

– **химическое строение** – определяет токсичность, выбор дезинтоксикационных средств санитарной обработки, влияет на способность проникать в межклеточное пространство тканей;

– **физические свойства** (агрегатное состояние, температура кипения, летучесть, плотность пара) – характеризуют поведение ОХВ в окружающей среде и способность проникать в организм, определяют стойкость ОХВ – продолжительность токсического действия и др., например:

• стойкие:  $^{ОХВ}t_{кип} > 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$  малая летучесть, большая плотность пара;

• нестойкие:  $^{ОХВ}t_{кип} < 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. **Биологические особенности организма:**

– возраст (пожилые и дети подвергаются большей угрозе при отравлении ОХВ);

– пол (воздействие ОХВ будет различно для мужчин и женщин);

– режим питания (голодный человек, как правило, подвержен более сильному отравлению);

– физическая нагрузка (при большой физической нагрузке токсический эффект, как правило, усиливается).

3. **Состояние окружающей среды:**

– *степень вертикальной устойчивости атмосферы:*

- изотермия;
- инверсия;
- конвекция;

– *температура*: повышение температуры усиливает токсичность (например, при подъеме температуры с +18...+24 °С до +32...+34 °С токсичность бензина увеличивается в 26 раз, оксида углерода (II) – в 2 раза);

– *влажность* увеличивает, например, токсичность аммиака, сероводорода, оксида углерода (II);

– *давление*: при пониженном давлении эффект увеличивается для бензола, бензина, алкоголя.

4. **Аддитивное действие** – суммарный эффект может быть более аддитивного действия или менее аддитивного действия при наличии нескольких ОХВ (например, менее аддитивное действие имеют в сочетании метиловый и этиловый спирт).

Основу острых отравлений ОХВ и оказание первой медицинской помощи составляет выделение ведущих симптомов, определяющих характер отравления тех или других ОХВ, хотя бы по групповой принадлежности (табл. 1).

Таблица 1

### Признаки отравления ОХВ

<i>Симптомы (признаки)</i>	<i>Вид, группа ОХВ</i>
<b>Органы зрения и слуха</b>	
Расширение зрачка (мидриаз)	Бензин, оксид углерода (II), цианиды, спирты, этиленгликоль, анилин
Сужение зрачка (миоз)	Фосфорорганические соединения (далее – ФОС), наркотические ОХВ
Нистагм	Оксид углерода (II), метанол, гликоли, ФОС, наркотические ОХВ
Двойное видение	Бромистый метил, бороводороды
Нарушение цветовой восприимчивости	Оксид углерода (II)
Ослабление, потеря зрения	Метиловый спирт, ФОС (острая близорукость)
Мелькание мушек	Метиловый спирт
Слуховые галлюцинации	Оксид углерода, нитроароматические углеводороды

Окончание табл. 1

<i>Симптомы (признаки)</i>	<i>Вид, группа ОХВ</i>
<b><i>Пищеварительная система</i></b>	
Окраска десен:	
– фиолетово-черная	Мышьяк
– черно-голубая	Ртуть
– серая	Ртуть, свинец
Боли в животе (колики) и боли при глотании	Щелочи, кислоты, аммиак и др.
Рвота	Щелочи, кислоты, аммиак, мышьяковский водород, спирты, хлорирование, углеводороды, соединение тяжелых металлов
Окраска рвотных масс:	Азотная кислота
– желтая, ярко-красная, коричневая	
– черная, черно-зеленая	Соляная кислота, нитросоединения, серая, азотная, щавелевая кислоты, фенол
<b><i>Органы дыхания</i></b>	
Першение, хрипкость, чувство царапания в горле	Азотная кислота, окислы азота и другие раздражающие вещества
Глухое, частое дыхание, одышка	ФОС, хлорорганические соединения (далее – ХОС), окись углерода, хлорсодержащие углеводороды, щелочи, бензин, метиловый спирт, этиленгликоль
Одышка при физической нагрузке	Окись углерода, фосген (начальный период)
Дыхание частое, поверхностное, аритмичное	Окись углерода, цианиды, сероводород, сероуглерод, ФОС, спирты
Дыхание редкое, поверхностное	Окись углерода, ФОС, спирты и другие яды наркотического действия (в состоянии глубокой комы)
<b><i>Кожа и слизистые оболочки</i></b>	
Цвет:	
– бледный	Фосген, ХОС, ФОС
– землисто-серый	Удушающие (в поздний период)
– цианотичный	Анилин, нитробензол, цианистые соединения, фосген и хлор (начальный период отека легких)
– желтый	Азотная кислота, тринитротолуол
Сухая	Спирт метиловый
Влажная холодная	Спирт этиловый
Потливость	Тетраэтилсвинец, ФОС

Токсичность ОХВ (уровень воздействия на человека) характеризуется двумя показателями:

1. **Концентрация** – содержание ОХВ в единице объема или массы среды, где оно находится (мг/кг, мг/м<sup>3</sup>, мг/л).

2. **Токсодоза** – величина, равная произведению концентрации ОХВ на время пребывания человека в данном месте без средств защиты, в течение которого проявляется токсическое воздействие ОХВ на человека различной степени (мг/кг·мин; мг/м<sup>3</sup>·мин; мг/л·мин).

При попадании ОХВ в окружающую среду оно оказывает определенное токсическое воздействие на человека. Различают безопасные (при нормальной эксплуатации ХОО) и опасные уровни воздействия (при аварийных выбросах ОХВ в окружающую среду).

**Безопасные уровни воздействия характеризуются следующими показателями:**

- ПДК – предельно допустимая концентрация вещества, среднесуточная, мг/м<sup>3</sup>;

- ПДК<sub>мр</sub> – ПДК максимально разовая, не вызывающая в течение 30 мин рефлекторных реакций, мг/м<sup>3</sup>;

- ПДК<sub>рз</sub> – ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>;

- ПДК<sub>вв</sub> – ПДК в воде водоемов, мг/л.

Также применяются показатели ВДК<sub>ав</sub> и ВДК<sub>вв</sub> – временно допустимая концентрация в атмосферном воздухе и в воде водоемов соответственно.

В последнее время введен показатель ОБУВ – ориентировочные безопасные уровни воздействия (мг/м<sup>3</sup>; мг/л; мг/кг).

**Опасные уровни воздействия характеризуются следующими показателями по степени отравления:**

а) *первые признаки отравления:*

- РС, ПК – пороговая концентрация;

- РД, ПД – пороговая токсодоза;

- РС<sub>t50</sub> – токсодоза пороговая, вызывающая 50 % отравлений;

б) *существенное отравление:*

- УС, ПК<sub>ост</sub> – поражающая концентрация;

- УД, ПД<sub>ост</sub> – поражающая токсодоза;

в) смертельное отравление (кома):

- LD, ЛД – летальная токсодоза,
- LC, ЛК – летальная концентрация.

В специальной литературе встречаются следующие записи смертельного отравления:

- LD<sub>50</sub>, ЛД<sub>50</sub> – среднесмертельная токсодоза, вызывающая гибель 50 % животных;
- LD<sub>50</sub> дерм, LD<sub>50</sub> вн – 50 % гибели при нанесении на кожу, желудок;
- LC<sub>50</sub> – среднесмертельная концентрация при 2-часовом ингаляционном воздействии;
- LCt<sub>50</sub> – токсодоза (летальная).

**Коэффициент возможного ингаляционного отравления** (КВМО) увязывает токсическую опасность с летучестью:

$$КВМО = \frac{C^{20^{\circ}C}}{ЛК_{50}^{120}},$$

где  $C^{20^{\circ}C}$  – летучесть вещества при 20 °С, мг/л; ЛК<sub>50</sub><sup>120</sup> – среднесмертельная концентрация (экспозиция 120 мин).

**Чем больше значение, тем опасней вещество.**

**Зона острого действия** характеризует относительную опасность вещества:

$$З_{ост} = \frac{ЛК_{50}}{ПК_{ост}}.$$

**Чем меньше  $З_{ост}$ , тем опаснее ОХВ.**

### 1.3. Основные опасные химические вещества и их характеристика

#### Хлор

1. Общие данные

Химическая формула – Cl<sub>2</sub>.

Класс опасности – 2.

Номер по системе ООН – 1017 (см. Приложение 2).

Код экстренных мер – 25КЭ.

Молекулярная масса – 70,91.

Плотность жидкого хлора – 1560 кг/м<sup>3</sup>.

Температура кипения – 34,6 °С.

Газ в 2,5 раза тяжелее воздуха.

Газ зеленовато-желтого цвета с резким специфическим раздражающим «колющим» запахом. Хорошо растворим в воде, обладает хорошей проникающей способностью. При взаимодействии с водородом происходит взрыв.

### *2. Данные о токсической опасности*

ЛК<sub>50</sub><sup>5</sup> – 2,5 мг/л; ЛК<sub>50</sub><sup>30</sup> = 1,4 мг/л; ЛК<sub>50</sub><sup>60</sup> = 0,1 мг/л.

ПДК = 0,03 мг · м<sup>-3</sup>; ПДК<sub>м.р</sub> = 1 мг · м<sup>-3</sup>.

ПК = 10 мг/м<sup>3</sup> – пороговая.

### *3. Средства индивидуальной защиты*

Противогаз марки В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>.

Респираторы с коробками В.

Ватно-марлевая повязка, смоченная 2%-м раствором гидрокарбоната (пищевой соды).

Защитный костюм КИХ-4, Л-1; защитные очки, перчатки, сапоги.

### *4. Симптомы отравления*

Резкая грудная боль, резь в глазах, слезотечение, мучительный кашель, рвота, нарушение координации, одышка, угроза или развитие отека легких.

### *5. Первая помощь*

*В очаге:* надеть противогаз (ватно-марлевую повязку, смоченную 2%-м раствором соды), вынести из зоны заражения

*Вне очага:* снять противогаз, обмыть лицо и глаза 2%-м раствором соды, освободить пострадавшего от стесняющей одежды, согреть, дать кислород, закапать глаза 2%-м раствором новокаина, дать вдохнуть пары спирта для профилактики отека легких, при упорном кашле дать кодеин, при ларингоспазме 0,1%-й раствор антропина – 1 мл. Эвакуировать пострадавшего на носилках с приподнятой головой в отряд первой медицинской помощи.

## **Аммиак**

### *1. Общие данные*

Химическая формула –  $\text{NH}_3$ .

Класс опасности – 4.

Номер по системе ООН – 2672.

Шифр категории по ГОСТ 19433-88 – 821

Код экстренных мер – 345К.

Молекулярная масса – 17,03.

Плотность жидкого аммиака – 680  $\text{кг/м}^3$ .

Растворимость в воде (1 объем воды поглощает 700 объемов  $\text{NH}_3$ ).

### *2. Данные о токсической опасности*

$\text{ЛК}_{50}^{60} = 2000 \text{ мг/м}^3$ .

$\text{ПДК} = 0,04 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 20 \text{ мг/м}^3$ ;  
 $\text{ПК} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ .

### *3. Средства индивидуальной защиты*

Промышленные противогазы с коробками марок КД, К, М, К фильтрующим противогазам необходим патрон с ДПГ-3, ПЗУ-К.

Респиратор РПГ-67 с патронами КД и К.

Ватно-марлевая повязка, смоченная 5%-м раствором уксусной (лимонной) кислоты.

Защитные костюмы КИХ-4 (5), Л-1, ОЗК; защитные очки, перчатки, сапоги.

### *4. Симптомы отравления*

Те же, что и при отравлении хлором, но также имеют место мышечная слабость, выраженное возбуждение, приступ судорог. Прогрессирующая сердечная недостаточность, на коже – гиперемия, пузыри, могут быть ожоги глаз.

### *5. Первая помощь*

*В очаге:* обильно промыть глаза и лицо пострадавшего водой; надеть противогаз; обмыть открытые участки тела; вынести из зоны заражения.

*Вне очага:* снять противогаз, обильно промыть кожу и глаза водой, в глаза закапать 2%-й раствор новокаина, при ларингоспаз-

ме – 0,1%-й раствор атропина, ввести 1 мл внутримышечно преднизолон 90 мг, дать вдохнуть пары спирта, на пораженную кожу положить салфетки, смоченные 5%-м раствором лимонной кислоты, дать кислород. Согреть, эвакуировать в отряд первой медицинской помощи на носилках с приподнятой головой.

## **Соляная кислота**

### *1. Общие данные*

Химическая формула – HCl (хлористый водород).

Класс опасности – 2.

Номер по системе ООН – 1050.

Код экстренных мер – 5КЭ.

Молекулярная масса – 36,46.

Температура кипения – 85,3 °С.

Плотность – 1145 кг/м<sup>3</sup>.

### *2. Данные о токсической опасности*

Смертельная концентрация – 6,4 г/м<sup>3</sup>.

Поражающая токсодоза – 0,6 мг·мин/л.

Поражающая концентрация – 0,01 мг/л при экспозиции 60 мин.

### *3. Средства индивидуальной защиты*

Противогаз с коробкой марки В.

Респиратор РПГ-67.

Защитный костюм.

### *4. Симптомы отравления*

Раздражающее действие верхних дыхательных путей, проявляющееся охрипlostью, кашлем, болью в груди, отек гортани, может быть рвота с кровью. На коже воспаление с пузырями – пораженные участки имеют серобелесоватый цвет.

### *5. Первая помощь*

*В очаге:* обильно промыть глаза водой; надеть противогаз; выйти из очага.

*Вне очага:* снять противогаз; обеспечить покой, тепло; с одежды и открытых участков тела смыть кислоту водой. Глаза промыть водой, молоком (не нейтрализовать), можно раствором пищевой соды. В первые сутки ограниченное питание.



## **Метилловый спирт (метанол, древесный спирт)**

*Основные симптомы при легкой степени отравления:* общая слабость, тяжесть в голове, одышка, беспокойство, тахикардия, покраснение лица, мелькание «мушек», некоторое ослабление зрения, состояние невыраженного опьянения.

При благоприятном течении все явления исчезают через нескольких дней. В более тяжелых случаях после некоторого «благополучия» (скрытый период от нескольких часов до 1–2 суток) состояние резко ухудшается: головная боль, цианоз, нарастающая слабость и одышка, тошнота, рвота, ослабление зрения, боли в правом подреберье. При этом зрачки расширены, спутанное сознание, судороги и коматозное состояние. Характерны одышка до 40 дыханий в 1 мин и более.

**Смерть наступает от остановки дыхания, отека головного мозга и легких.**

Диагностическими признаками являются состояние оглушения, последующий скрытый период и ослабление зрения вплоть до слепоты.

## **Оксид углерода (II) (угарный газ)**

Бесцветный газ, без запаха и вкуса. Нестоек. Заражает верхние слои атмосферы. Очаг нестойкий, быстродействующий. Особенно опасен в замкнутых пространствах, плохо вентилируемых местах. Взрывоопасен и пожароопасен. Образуется во всех случаях неполного сгорания углеродсодержащих веществ.

Быстродействующее высокотоксичное вещество. Наиболее высокая чувствительность у молодых людей и беременных. Индивидуальные различия весьма велики.

Поступает и выводится ингаляционным путем.

В больших концентрациях (содержание карбоксигемоглобина в крови 75 %) наступает молниеносная потеря сознания, судороги и паралич дыхания, трупная ригидность (застывшие позы у погибших).

При меньших концентрациях развивается замедленная форма. Принято различать три степени тяжести:

- **Легкая** – тяжесть, давление в голове, головная боль, головокружение, шум в ушах, пульсация в висках, тошнота, сонли-

вость, вялость, учащение дыхания и пульса, одышка при физическом напряжении (20–30 %).

- **Средняя** – нарастающая слабость, одышка, сердцебиение, расстройство координации, судороги, спутанность сознания, светло-красная кожа лица.

- **Тяжелая** – потеря сознания (часы, сутки), расслабление мускулатуры, произвольное отделение кала и мочи, поверхностное дыхание, температура тела 38 °С, кома, синюшная кожа.

*Средства индивидуальной защиты:* противогаз с гопкалитовым патроном, противогаз марки СО или изолирующий противогаз.

#### **1.4. Общие сведения о химически опасных объектах и авариях на них**

**Химическая авария** – авария на ХОО, сопровождающаяся проливом или выбросом ОХВ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных, растений или химическому заражению окружающей природной среды.

В большинстве случаев аварии вызываются нарушением технологии производства, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, низкой трудовой и технологической дисциплиной. Одна из возможных причин – стихийные бедствия.

Согласно ГОСТ Р 12.8.05-99, в зависимости от вида выброшенных (вылившихся) ОХВ, скорости их испарения могут возникнуть чрезвычайные ситуации четырех типов, отличающихся характером поражающих факторов:

- 1) при выбросе легко испаряющегося ОХВ – практически мгновенно возникает первичное облако ОХВ, распространяющееся на большое расстояние;

- 2) при выбросе ОХВ средней летучести – практически мгновенно возникает первичное облако ОХВ, а также пролив ОХВ и вторичное облако по мере испарения пролива;

- 3) при выбросе мало летучих ОХВ – возникает пролив ОХВ и вторичное облако ОХВ по мере его испарения;

- 4) при выбросе стойких ОХВ – образуется пролив ОХВ.

Вокруг объектов экономики при наличии на их территории ОХВ предусматривается выделение санитарно-защитной зоны (да-

лее – СЗЗ), в которых запрещается размещение жилых зданий, детских и лечебно-оздоровительных учреждений.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96, размер СЗЗ по глубине зависит от класса объекта по санитарной классификации и составляет для:

- I класса – 2 000 м;
- II класса – 1 000 м;
- III класса – 500 м;
- IV класса – 300 м;
- V класса – 100 м.

Около вокзалов, стадионов, рынков размеры СЗЗ удваиваются.

Основным показателем классификации объектов экономики по степени химической опасности является количество населения, проживающего в зоне возможного химического заражения (табл. 2).

Таблица 2

#### Определение химической опасности объекта экономики

<i>Степень химической опасности</i>	<i>Количество населения, проживающего в зоне возможного заражения, тыс. чел</i>
1	Более 75
2	От 40 до 75
3	Менее 40
4	Зона возможного заражения не выходит за пределы территории объекта экономики или СЗЗ

Критерием для отнесения административно-территориальной единицы к той или иной степени опасности при аварии на ХОО является процент населения, проживающего в зоне возможного заражения (табл. 3).

Таблица 3

#### Определение химической опасности региона

<i>Степень химической опасности</i>	<i>Количество населения, проживающего в зоне возможного заражения, %</i>
1	Более 50
2	От 30 до 50
3	От 10 до 30
4	Менее 10

## Глава 2

### РАСЧЕТ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

По данным Минэнерго России в отраслях топливно-энергетического комплекса в настоящее время функционирует 122 объекта, использующих ОХВ. Данные объекты относятся к химически опасным и являются важными для национальной безопасности России.

Серьезную угрозу химической безопасности представляют арсеналы по хранению химического оружия, более 50 % арсеналов и центральных баз дислоцированы в черте населенных пунктов или прилегающих к ним районах, основная часть хранилищ – деревянные постройки, что представляет опасность в пожарном и экологическом отношении.

Анализ состояния дел в области химической безопасности показывает, что угроза для населения от химических источников опасности остается высокой по следующим причинам:

- контроль за обнаружением аварий осуществляется путем наблюдения должностными лицами, где решающая роль отводится человеческому фактору;
- на многих объектах имеется значительное количество морально и физически устаревших систем обнаружения аварий;
- некоторые ХОО игнорируют требования обеспечения безопасности (например, ООО «Химреагент», Ингушетия).

Для всех критически важных объектов, согласно решениям Совета безопасности России, составляется Паспорт безопасности опасного объекта.

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается для решения в том числе следующих задач:

- оценки возможных последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- оценки возможного воздействия чрезвычайных ситуаций, возникших на соседних опасных объектах.

## 2.1. Алгоритм оценки последствий аварий на химически опасных объектах

Нормативный документ, по которому оценивают последствия аварий на ХОО, – РД-52.04.253-90.

Оценку последствий аварий на ХОО производят для:

1) прогнозируемой аварии на ХОО:

- при наиболее опасном сценарии развития аварии;
- при наиболее вероятном сценарии развития аварии;

2) фактической (реальной) аварии на ХОО.

Так как методика оценки последствий аварий на ХОО для всех вариантов существенно не отличается друг от друга, будем рассматривать как одну методику при наиболее опасном сценарии развития аварии, делая необходимые пояснения при расхождении методов определения показателей при других сценариях развития аварии.

**Основные допущения, принимаемые при оценке прогнозируемой аварии на ХОО:**

1. Допущение при заблаговременном прогнозе:

- выброс (пролив) происходит из максимального по объему резервуара полностью;

- степень вертикальной устойчивости воздуха – инверсия;

- скорость ветра – 1 м/с;

- температура воздуха – среднестатистическая для летнего периода (+20 °С);

- толщина слоя жидкости ( $h$ ) при разливе ОХВ:

- свободный розлив –  $h = 0,05$  м;

- розлив в обваловку или поддон –  $h = H - 0,2$ , где  $H$  – высота обваловки или поддона (схема обваловки резервуара с ОХВ показана на рис. 1);

- прогноз производится на время, прошедшее после аварии:

$$T_{ав} = 1 \text{ ч}; T_{ав} = 2 \text{ ч}; T_{ав} = 4 \text{ ч}; T_{ав} = T_{исп},$$

где  $T_{исп}$  – продолжительность испарения пролива ОХВ;

- продолжительность сохранения метеоусловий после аварии – 4 ч;

- мероприятия по ликвидации аварии не проводятся;

- расчеты ведутся по эквивалентному веществу (в качестве эквивалентного вещества берется хлор).

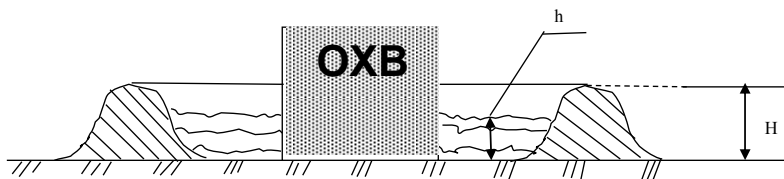


Рис. 1. Схема обваловки резервуара с ОХВ

2. При оперативном прогнозе масштабов заражения непосредственно после аварии должны браться более конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) ОХВ и реальные метеоусловия.

Время, на которое прогнозируется возможная обстановка после аварии, принимается, как правило, через 1 час после аварии или к моменту подхода зараженного воздуха к объекту.

Выявление химической обстановки методом прогнозирования производится:

- для **сжатых газов** – только для первичного облака;
- для **жидких ОХВ**, кипящих при температуре выше окружающей среды, – только для вторичного облака;
- для **сжиженных газов** (изотермическое хранение жидкости) – для первичного и вторичного облаков.

### *Последовательность оценки химической обстановки при авариях на ХОО*

#### **1. Определение продолжительности действия источника химического заражения**

Продолжительность источника химического заражения определяется по формуле:

$$T_{исп} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\Pi}}, \quad (1)$$

где  $h$  – толщина слоя жидкости, м;  $d$  – плотность ОХВ, т/м<sup>3</sup> (табл. П.3);  $K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств ОХВ (табл. П.3);  $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по табл. П.4 или формуле

$$K_4 = \frac{V_v + 2}{3},$$

где  $V_v$  – скорость ветра, м/с;  $K_7^{\text{II}}$  – коэффициент, зависящий от температуры воздуха (табл. П.3).

Коэффициент  $K_7$  берется для вторичного облака (знаменатель), так как  $T_{\text{исп}}$  – это время, когда источник прекратит воздействие на окружающую среду, а оно будет зависеть от продолжительности испарения ОХВ, вылившегося на поверхность, испарение ОХВ с поверхности образует вторичное облако, поэтому  $K_7$  берется для вторичного облака.

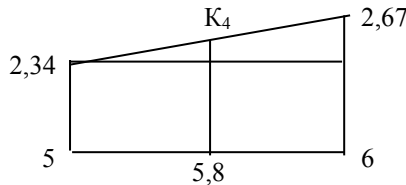
При несовпадении значений скорости ветра и/или температуры воздуха с табличными значениями необходимо выполнить интерполяцию (т. е. найти промежуточное значение коэффициента по известным ближайшим его значениям).

*Пример*

**Дано:**  $V_v = 5,8$  м/с

**Найти:**  $K_4$

**Решение:**



$$\frac{6 - 5}{2,67 - 2,34} = \frac{5,8 - 5}{K_4 - 2,34},$$

$$K_4 = \frac{0,33 \cdot 0,8}{1} + 2,34 = 2,604$$

или по формуле:  $K_4 = \frac{5,8 + 2}{3} = 2,6.$

Аналогично проводится интерполяция при прохождении коэффициента  $K_7$ .

## 2. Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке

Эквивалентное количество вещества, перешедшего в первичное облако, определяется по формуле:

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^I \cdot Q_0, \quad (2)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения ОХВ, (табл. П.3);  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы ОХВ к пороговой токсодозе хлора (табл. П.3);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный:

- 1 – для инверсии;
- 0,23 – для изотермии;
- 0,08 – для конвекции;

$K_7^I$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (табл. П.3);  $Q_0$  – количество разлившегося при аварии ОХВ, м.

## 3. Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке

Эквивалентное количество вещества, перешедшего во вторичное облако, определяется по формуле:

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (3)$$

$K_6$  – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после аварии, определяется по следующей зависимости:  $K_6 = T_{ав}^{0,8}$ , при определении  $Q_{32}$  на заданное время после аварии, если  $T_{ав} \leq 1$ , тогда  $K_6 = 1$ , если  $T_{ав} \geq T_{исп}$ , тогда  $K_6 = T_{исп}^{0,8}$ , при  $T_{исп} \leq 1$ ,  $K_6 = 1$ .

Числовые значения коэффициента  $K_6$  даны в табл. П.8.

## 4. Определение расчетной глубины зоны химического заражения

В зависимости от типа выброшенных ОХВ возникает четыре типа чрезвычайных ситуаций. Первый, второй и третий типы характеризуются образованием первичного и вторичного облаков. В зависимости от скорости ветра, погодных условий облака распро-



страняются на различные расстояния, обеспечивая тем самым различную глубину зоны заражения.

Расчетная глубина химической зоны заражения определяется на заданное время, прошедшее после аварии и на время действия химического источника заражения в следующей последовательности.

#### 4.1. Определяем глубину зоны химического заражения по первичному облаку

Глубина зоны химического заражения по первичному облаку ( $\Gamma_1$ ) определяется по табл. П.1; если известны значения  $Q_{з1}$  и  $V_B$  не совпадают с табличными, тогда  $\Gamma_1$  определяем методом двойного интерполирования.

*Пример*

**Дано:**  $Q_{з1} = 12 \text{ м}; V_B = 1,2 \text{ м/с}$

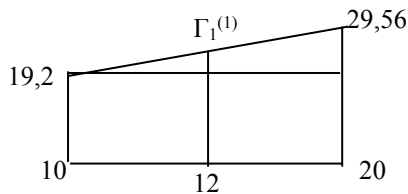
**Найти:**  $\Gamma_1$

**Решение:**

По табл. П.1 находим, что значения  $Q_{з1}$  и  $V_B$  не совпадают с табличными.

Для нахождения  $\Gamma_1$  делаем «три шага»:

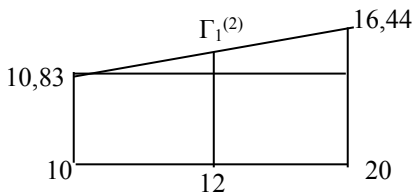
**Первый шаг:** интерполируем по скорости ветра  $V_B = 1 \text{ м/с}$ .



$$\frac{20 - 10}{29,56 - 19,2} = \frac{12 - 10}{\Gamma_1^{(1)} - 19,2};$$

$$\Gamma_1^{(1)} = \frac{10,36 \cdot 2}{10} + 19,2 = 21,272 \text{ км}$$

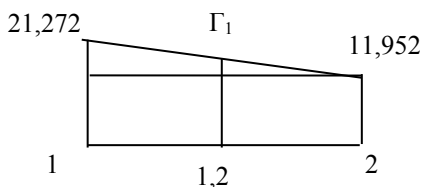
**Второй шаг:** интерполируем по скорости ветра  $V_B = 2 \text{ м/с}$



$$\frac{20-10}{16,44-10,83} = \frac{12-10}{\Gamma_1^{(2)}-10,83};$$

$$\Gamma_1^{(2)} = \frac{5,61 \cdot 2}{10} + 10,83 = 11,952 \text{ км}$$

**Третий шаг:** интерполируем по  $Q_{э1}$  (эквивалентному количеству ОХВ)



$$\frac{2-1}{21,272-11,952} = \frac{2-1,2}{\Gamma_1-11,952};$$

$$\Gamma_1 = \frac{9,32 \cdot 0,8}{1} + 11,952 = 19,408 \text{ км}$$

**4.2. Определяем глубину зоны химического заражения по вторичному облаку**

Глубина зоны по вторичному облаку ( $\Gamma_2$ ) определяется по табл. П.1, аналогично  $\Gamma_1$ .

**4.3. Определяем полную глубину зоны заражения по выражению ( $\Gamma_{\text{пол}}$ )**

$$\Gamma_{\text{пол}} = \max\{\Gamma_1; \Gamma_2\} + 0,5\min\{\Gamma_1; \Gamma_2\}, \quad (4)$$

где  $\max\{\Gamma_1; \Gamma_2\}$  – максимальное значение из двух  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ ;  $\min\{\Gamma_1; \Gamma_2\}$  – минимальное значение из двух  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

*Пример*

**Дано:**  $\Gamma_1 = 19,408$  км;  $\Gamma_2 = 20,8$  км.

**Найти:**  $\Gamma_{\text{пол}}$

**Решение:**  $\Gamma_{\text{пол}} = 20,8 + 0,5 \cdot 19,408 = 30,504$  км.

#### 4.4. Определяем предельную глубину зоны заражения ( $\Gamma_{\text{предел}}$ )

$$\Gamma_{\text{предел}} = T_{\text{ав (исп)}} \cdot V_n, \quad (5)$$

где  $T_{\text{ав (исп)}}$  – время, прошедшее после аварии, или время испарения ОХВ, ч;  $V_n$  – скорость переноса переднего фронта облака зараженного облака (табл. П.2), км/ч.

#### 4.5. Определяем расчетную глубину зоны химического заражения ( $\Gamma_{\text{расчет}}$ )

$$\Gamma_{\text{расчет}} = \min \{ \Gamma_{\text{пол}}; \Gamma_{\text{предел}} \}, \quad (6)$$

$\Gamma_{\text{расчет}}$  на заданное время, прошедшее после аварии ( $T_{\text{ав}}$ ), определяется:  $\Gamma_{\text{расчет}}^{T_{\text{ав}}} = \min \{ \Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}}; \Gamma_{\text{предел}}^{T_{\text{ав}}} \}$ .

### 5. Определение площади зоны химического заражения

Площадь зоны химического заражения определяется:

- при оценке последствий прогнозируемой аварии – площадь зоны возможного химического заражения;
- при оценке последствий фактической аварии – площадь зоны фактического заражения.

#### 5.1. Площадь зоны возможного химического заражения ( $S_v$ ) определяется по формуле:

$$S_v = \frac{\pi \cdot \Gamma_{\text{расч}}^2 \cdot \varphi}{360^\circ}, \quad (7)$$

где  $\varphi$  – угол сектора вероятного изменения направления ветра, град (определяется в зависимости от скорости ветра по табл. П.5).

#### 5.2. Площадь зоны фактического химического заражения ( $S_\Phi$ ) определяется по формуле:

$$S_\Phi = K_8 \cdot \Gamma_{\text{расчет}}^2 \cdot T_{\text{ав}}^{0,2}, \quad (8)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха:

- 0,081 – для инверсии;

- 0,133 – для изотермии;
- 0,235 – для конвекции;

$T_{ав}$  – время, прошедшее после аварии, ч.

$T_{ав}$  не должна превышать 4 ч, если  $T_{исп} < 4$  ч, тогда  $T_{ав} = T_{исп}$ , при  $T_{ав}$  или  $T_{исп} < 1$  часа, тогда  $T_{ав}^{0,2} = 1$ .  $\Gamma_{расчет}$  должно быть определено на время, прошедшее после аварии, на которое рассчитывается площадь.

## 2.2. Определение ожидаемого времени распространения зоны химического заражения до объекта экономики

При составлении паспортов безопасности на объектах экономики специалисты прогнозируют масштабы заражения ОХВ.

Обеспечение безопасности, выбор средств, способов защиты на объекте экономики во многом зависит от того, за какой промежуток времени распространиться химическая зона заражения в случае аварии.

Время распространения зоны химического заражения до объекта экономики зависит от метеоусловий и характера источника химического заражения.

Обозначим расстояние от ХОО до объекта экономики, равное  $L$ . Чтобы химическая зона заражения достигла объекта экономики, необходимо  $\Gamma_{расчет} = L$  (расчетная глубина зоны заражения равна расстоянию от ХОО до объекта экономики).

Расчетная глубина зоны химического заражения определяется по формуле:

$$\Gamma_{расчет} = \min\{\Gamma_{пол}^{T_{ав}}, \Gamma_{предел}^{T_{ав}}\}.$$

Таким образом, по известным значениям  $\Gamma_{пол}^{T_{ав}}$  и  $\Gamma_{предел}^{T_{ав}}$  необходимо определить ожидаемое время, прошедшее после аварии ( $T_{ав}$ ), по предельной и полной глубине зоны химического заражения.

### А. Определение ожидаемого времени по предельной глубине зоны химического заражения

1. По табл. П.2 определяем скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха ( $V_n$ , км/ч).

2. Определяем время подхода переднего фронта облака зараженного воздуха к объекту экономики:

$$t_{\text{подх}} = \frac{\Gamma_{\text{предел}}}{V_n},$$

но  $\Gamma_{\text{предел}} = \Gamma_{\text{расчет}} = L$ , отсюда  $t_{\text{подх}}$  и будет ожидаемое время ( $T_{\text{ав}}$ ) распространения зоны химического заражения, т. е.  $t_{\text{подх}} = T_{\text{ожд}}^{\text{предел}}$ .

### **Б. Определение ожидаемого времени по полной глубине зоны химического заражения**

Полная глубина зоны химического заражения определяется по формуле:

$$\Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}} = \max \{ \Gamma_1; \Gamma_2^{T_{\text{ав}}} \} + 0,5 \min \{ \Gamma_1; \Gamma_2^{T_{\text{ав}}} \}, \quad (9)$$

из этого выражения находим глубину зоны заражения по вторичному облаку  $\Gamma_2^{T_{\text{ав}}}$  ( $\Gamma_1$  – известна, эта глубина не зависит от времени, прошедшего после аварии, так как первичное облако формируется в первые минуты после аварии).

### ***Определение глубины зоны заражения по вторичному облаку***

Глубина зоны заражения по вторичному облаку ( $\Gamma_2^{T_{\text{ав}}}$ ) может быть определена исходя из двух условий:

1)  $\Gamma_1 > \Gamma_2^{T_{\text{ав}}}$  (глубина зоны заражения по первичному облаку больше глубины зоны заражения по вторичному), при этом условии формула (9) примет вид:

$$\Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}} = \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2^{T_{\text{ав}}},$$

отсюда

$$\Gamma_2^{T_{\text{ав}}} = 2(\Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}} - \Gamma_1). \quad (10)$$

Далее проверяем условие  $\Gamma_1 > \Gamma_2^{T_{\text{ав}}}$ .

#### ***Пример***

**Дано:**  $\Gamma_1 = 10$  км;  $\Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}} = 30$  км (т. е.  $L = 30$  км)

**Найти:**  $\Gamma_2^{T_{\text{ав}}}$

**Решение:**

Подставляем числовые значения  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_{\text{пол}}^{T_{\text{ав}}}$  в формулу (9) или (10), получаем:

$$30 = 10 + 0,5 \Gamma_2^{T_{\text{ав}}},$$

отсюда  $\Gamma_2 = 2(30-10) = 40$  км.

Проверяем условие  $\Gamma_1 > \Gamma_2^{T_{ав}}$ , 10 км не больше 40 км; таким образом, данное условие не подходит к решению задачи.

2)  $\Gamma_1 < \Gamma_2^{T_{ав}}$  (глубина зоны заражения по первичному облаку меньше глубины зоны заражения по вторичному облаку), формула (9) примет вид:

$$\Gamma_{пол}^{T_{ав}} = \Gamma_2^{T_{ав}} + 0,5 \cdot \Gamma_1,$$

отсюда

$$\Gamma_2^{T_{ав}} = \Gamma_{пол} - 0,5\Gamma_1. \quad (11)$$

Определим для нашего примера  $\Gamma_2^{T_{ав}}$  при соблюдении условий  $\Gamma_1 < \Gamma_2^{T_{ав}}$ .

Подставим численные значения  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_{пол}^{T_{ав}}$  в формулу (9) или (11) получим:

$$30 = \Gamma_2^{T_{ав}} + 0,5 \cdot 10,$$

отсюда  $\Gamma_2^{T_{ав}} = 30 - 0,5 \cdot 10 = 25$  км.

Проверяем условие  $\Gamma_1 < \Gamma_2^{T_{ав}}$ , 10 км меньше 25 км, данное условие подходит, следовательно, чтобы зона химического заражения достигла объекта экономики, необходима глубина зоны заражения по вторичному облаку, равная 25 км.

***Определение эквивалентного количества вещества  
во вторичном облаке,  
обеспечивающее заданную глубину зоны заражения***

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке ( $Q_{э2}^{T_{ав}}$ ), обеспечивающее заданную глубину зоны заражения ( $\Gamma_2^{T_{ав}}$ ), определяется по табл. П.1.

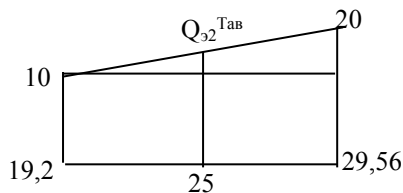
*Пример*

**Дано:**  $\Gamma_2^{T_{ав}} = 25$  км;  $V_B = 1$  м/с

**Найти:**  $Q_{э2}^{T_{ав}}$

**Решение:**

По табл. П.1 находим, что значение  $\Gamma_2^{T_{ав}} = 25$  км лежит в интервале значений глубин 19,2 и 29,56 км, что соответствует эквивалентному количеству вещества во вторичном облаке 10 т и 20 т. Методом интерполяции определяем, что  $Q_{э2}^{T_{ав}} = 15,6$  т.



$$\frac{29,56 - 19,2}{20 - 10} = \frac{25 - 19,2}{Q_{32}^{Tав} - 10},$$

$$Q_{32}^{Tав} = \frac{10 \cdot 5,8}{10,36} + 10 = 15,6 \text{ m.}$$

Таким образом, для нашего примера глубину зоны химического заражения, равную  $\Gamma_2^{Tав} = 25$  км, обеспечивает эквивалентное количество вещества во вторичном облаке  $Q_{32}^{Tав} = 15,6$  т.

**Определение ожидаемого времени распространения зоны химического заражения до объекта экономики по вторичному облаку**

По известному значению  $Q_{32}^{Tав}$  из формулы (3) определяем коэффициент  $K_6$ :

$$K_6 = \frac{Q_{32}^{Tав} \cdot h \cdot d}{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}, \quad (12)$$

но  $K_6$  зависит от времени, прошедшего после аварии, и определяется  $K_6 = T_{ав}^{0,8}$ , отсюда

$$T_{ожд}^{полн} = T_{ав} = K_6^{1,25}, \quad (13)$$

где  $T_{ожд}^{полн}$  – ожидаемое.

*Пример*

**Дано:**  $Q_{32} = 15,6$  т; ОХВ – хлор;  $t_в = +20$  °С,  $V_в = 1$  м/с;  
 $\Gamma_2^{Tав} = 25$  км;  $Q_0 = 100$  т;  $h = 1$  м.

**Найти:**  $T_{ав}$

**Решение:**

$$K_6 = \frac{15,6 \cdot 1 \cdot 1,558}{0,82 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 100} = 5,7$$

$$T_{ожд}^{полн} = T_{ав} = 5,7^{1,25} = 8,8 \text{ ч} = 8 \text{ ч } 48 \text{ мин.}$$

### **Определение ожидаемого времени распространения зоны химического заражения до объекта экономики**

В результате расчета ожидаемого времени имеем два значения:

- $T_{ав} = t_{подход}$  (по предельной глубине);
- $T_{ав} = K_6^{1,25}$  (по полной глубине).

Из двух значений выбираем наибольшее, так как границы зоны химического заражения устанавливаются по пороговой токсодозе воздействия ОХВ на человека, а не по другим показателям, например ПДК, таким образом

$$T_{ожд} = \max \{ \Gamma_{ожд}^{предел}, \Gamma_{ожд}^{полн} \}. \quad (14)$$

### **2.3. Порядок нанесения химической обстановки на карты и схемы**

Карта или схема обстановки, отображающая чрезвычайную ситуацию, должна отвечать требованиям наглядности, полноты и точности (достоверности).

**Наглядность** карты или схемы обеспечивается ясным и четким отображением обстановки с выделением ее главных элементов (в нашем случае это зоны возможного и фактического заражения), что достигается правильным применением и четким начертанием условных знаков, правильным расположением служебных и пояснительных надписей.

**Полнота** нанесенной обстановки на карту или схему определяется объемом сведений, необходимых для принятия эффективных решений для ликвидации чрезвычайной ситуации.

**Точность** (достоверность) нанесенной обстановки на карту или схему достигается ее соответствием реальным и прогнозируемым последствиям воздействия поражающих факторов источника химического заражения. Зоны химического заражения следует наносить на карту или схему с четким выделением границ, не затемняя топографическую основу карты.

Размеры химических зон и ареалов заражения определяют расчетно-графическим методом с учетом метеорологических условий.



### Последовательность отображения на карте (схеме) динамики развития чрезвычайной ситуации:

1. На карте (схеме) в верхней части делают надпись: «Ситуационный план аварии на химически опасном объекте.....».

2. В правом или левом углу карты (схемы) отображают заключенную в прямоугольник информацию о метеорологических условиях на момент аварии (рис. 2); при обозначении прогноза прямоугольник наносится пунктиром.

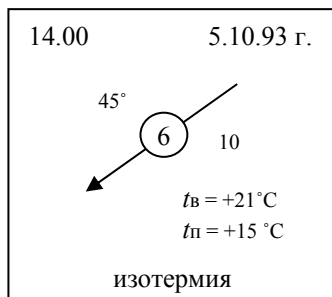


Рис. 2. Отображение на карте информации о метеоусловиях: 45° – направление ветра в градусах; 10 – скорость ветра, м/с; 6 – облачность в баллах (при сплошной облачности – 6 баллов, при ясном небе – 0 баллов);  $t_{в}$  – температура воздуха, °С;  $t_{п}$  – температура почвы, °С

3. На карту (схему) наносят условным обозначением химически опасный объект (ГОСТ Р 22.0.10-96) и сведения, характеризующие источники чрезвычайной ситуации (рис. 3).

4. Отображение зон химического заражения.

Зона возможного химического заражения на карте (схеме) наносится окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры ( $\varphi$ ), указанные в табл. П.5, а глубина зоны соответствует расчетной глубине зоны заражения на время действия химического источника заражения ( $\Gamma_{\text{расчет}}^{T_{\text{исп}}}$ ).

Зоны возможного химического заражения в динамике наносят на время, прошедшее после аварии: 1 ч, 2 ч, 4 ч и  $T_{\text{исп}}$ , – и обозначают их границы пунктирной линией.

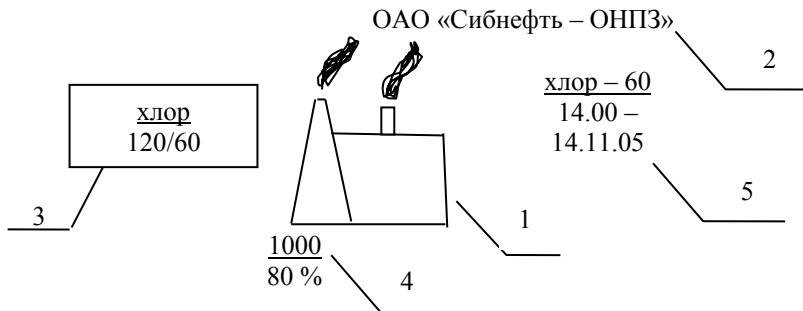


Рис. 3. Отображение на карте (схеме) химических источников чрезвычайной ситуации:

- 1 – условное обозначение ХОО; 2 – название ХОО;
- 3 – характеристика хранилища ХОО (в числителе – тип вещества, в знаменателе – максимальное количество всего и в максимальной по объему емкости, тонн);
- 4 – численность персонала (в числителе) и обеспеченность защитными сооружениями (в знаменателе);
- 5 – характеристика аварии (числитель – количество разлившегося ОХВ, т, знаменатель – время и дата аварии)

Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду возможных изменений направления ветра и, соответственно, перемещений облака ОХВ, зона фактического заражения наносится на время, прошедшее после аварии, равное 4 ч ( $T_{ав} = 4$  ч). За 4 ч с вероятностью 0,7 метеоусловия не изменятся.

Зона фактического химического заражения имеет форму эллипса, большая ось которой равна расчетной глубине зоны заражения на время, прошедшее после аварии на 4 ч, размер малой оси эллипса неизвестен, но известна площадь зоны фактического заражения ( $S_{ф}$ ) на 4 ч.

Ширина зоны фактического заражения определяется по формуле:

$$a = \frac{4 \cdot S_{ф}}{\pi \cdot \Gamma_{расч}},$$

где  $a$  – ширина зоны фактического заражения на 4 ч после аварии (малая – ось эллипса), км;  $S_{ф}$  – площадь фактической зоны зараже-

ния на 4 ч после аварии, км<sup>2</sup>;  $\Gamma_{\text{расч.}}$  – расчетная глубина зоны заражения на 4 ч после аварии, км.

Отображение зоны заражения на картах (схемах) отличается в зависимости от скорости ветра. При скорости ветра меньше 0,5 м/с, зона заражения имеет вид окружности (рис. 4).

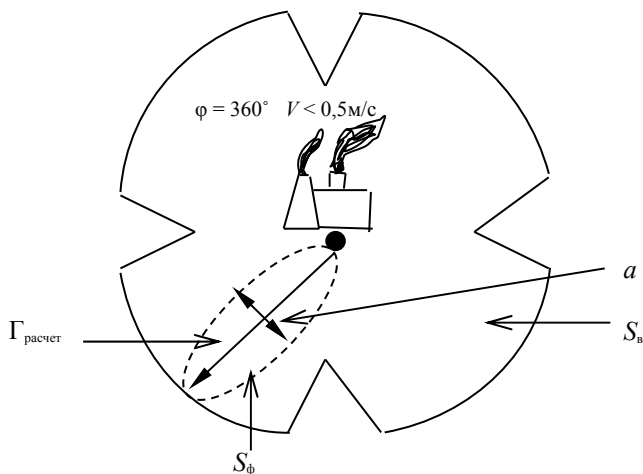


Рис. 4. Отображение на карте (схеме) химической зоны поражения при скорости ветра менее 0,5 м/с:

$S_{\text{в}}$  – зоны возможного заражения;  $S_{\text{ф}}$  – зоны фактического заражения;  $\varphi$  – угол сектора  $360^\circ$  (табл. П.5);  $\Gamma_{\text{расчет}}$  – расчетная глубина зоны заражения, км;  $V$  – скорость и направление ветра;  $O$  – центр источника химической опасности

Зона фактического заражения наносится на карту (схему) желтым цветом, а зона возможного заражения – красным цветом.

При скорости ветра более 0,5 м/с зона заражения имеет вид сектора в соответствии с табл. П.5 (рис. 5).

После отображения химической обстановки карта (схема) подписывается председателем комиссии по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности объекта экономики и руководителем структурного подразделения объекта экономики, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций.

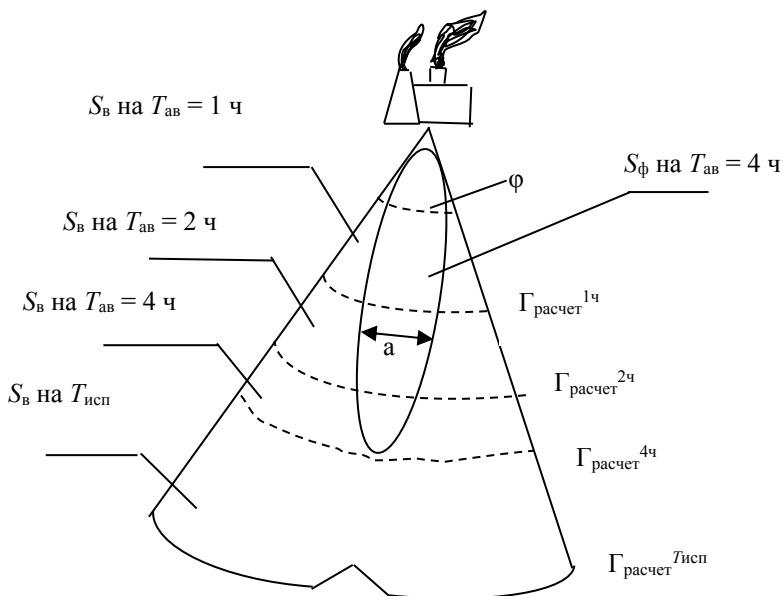


Рис. 5. Отображение на карте (схеме) химической зоны заражения при скорости ветра более 0,5 м/с:  
 $S_{\text{в}}$  – возможная площадь химического заражения на указанное время, прошедшее после аварии;  $\Gamma_{\text{расчет}}$  – расчетная глубина зоны заражения на указанное время, прошедшее после аварии;  
 $\phi$  – угол сектора химической зоны заражения;  $S_{\text{ф}}$  – фактическая зона заражения на время после аварии 4 ч;  $a$  – ширина зоны фактического заражения на 4 часа после аварии

К карте (схеме) прилагается пояснительная записка, включающая:

- описание физико-географических условий территории;
- экономическую характеристику региона или муниципального образования;
- перечень критически важных объектов с их краткой характеристикой;
- прогностическую оценку возможностей обстановки при возникновении чрезвычайной ситуации;
- состав сил и средств РСЧС и ГО, а также привлекаемых сил и средств для ликвидации чрезвычайной ситуации;

– указание пунктов управления, районов дислокации, численности личного состава, количества и типов технических средств, сроков готовности аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных формирований;

– экологическую характеристику района.

**Общее количество пострадавших среди населения в зоне химического заражения** определяется по формуле:

$$N = S_{\phi} \left[ \frac{\Gamma_r}{\Gamma_{\text{расч}}} \cdot \rho \cdot K + \left( 1 - \frac{\Gamma_r}{\Gamma_{\text{расч}}} \right) \cdot \rho' \cdot K' \right],$$

где  $N$  – общие потери людей в очаге поражения ОХВ, чел.;  $S_{\phi}$  – площадь зоны фактического заражения ОХВ на  $T_{\text{ав}} = 4$  ч, т. е.  $S_{\phi}$  на 4 ч, км<sup>2</sup>;  $\Gamma_r$  – глубина зоны распространения облака зараженного ОХВ в городе, км;  $\Gamma_{\text{расчет}}$  – расчетная глубина зоны заражения ОХВ, км;  $\rho$ ,  $\rho'$  – средняя плотность людей в городе и загородной зоне соответственно, чел./км<sup>2</sup>;  $K$ ,  $K'$  – доля незащищенного населения в городе и загородной зоне соответственно, вычисляется по формулам:

$$K = (1 - \pi_1) (1 - \pi_2),$$

$$K' = (1 - \pi'_1) (1 - \pi'_2),$$

где  $\pi_1$ ,  $\pi'_1$  – доля населения, обеспеченного средствами индивидуальной защиты, в городе и загородной зоне соответственно;  $\pi_2$ ,  $\pi'_2$  – доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты, в городе и загородной зоне соответственно.

Оперативные расчеты возможных потерь рабочих, служащих и населения в очаге химического поражения определяются по представленной ниже таблице.

### Возможные потери населения при химической аварии, %

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

Ориентировочная структура потерь людей в очаге поражения ОХВ составит:

- I степени – 25 % – санитарные потери легкой формы тяжести;
- II и III степени – 40 % – санитарные потери средней и тяжелой форм тяжести (выход людей из строя на срок не менее 2–3 недель с обязательной госпитализацией);
- IV степени – 35 % – безвозвратные потери (смертельный исход).

## **ВОПРОСЫ**

### **для самоподготовки студентов**

1. Основные нормативно-правовые и нормативно-технические документы в области химической безопасности.
2. Основные положения Технического регламента о безопасности химической продукции.
3. Основные определения в области химической безопасности и классификация ОХВ.
4. Токсическое воздействие ОХВ на человека. Факторы, влияющие на характер воздействия ОХВ на человека.
5. Основные показатели и параметры, характеризующие воздействие ОХВ на человека и окружающую природу и среду.
6. Симптомы отравлений ОХВ (органы зрения, кожа, пищеварительная система, органы дыхания).
7. Общие сведения о ХОО, их классификация, типы аварий на ХОО.
8. Критерии отнесения объектов, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду
9. Методика оценки последствий аварий на ХОО.
10. Виды классификаций ОХВ.
11. Способы поступления ОХВ в организм человека.
12. Факторы, влияющие на характер отравления человека.
13. Симптомы отравления органов слуха и пищеварительной системы ОХВ.
14. Симптомы отравления органов дыхания, кожи и слизистых оболочек человека ОХВ.
15. Показатели токсичности ОХВ.
16. Характеристика основных ОХВ (аммиак, соляная кислота, метиловый спирт, угарный газ / оксид) углерода, воздействие на человека и защита.
17. Уровни воздействия отравляющих химических веществ на человека.
18. Классификация ОХВ по токсикологическому признаку.

19. Приборы контроля химических факторов.
20. Показатели опасных уровней воздействия отравляющих химических веществ на организм человека.
21. Показатели безопасных уровней воздействия ОХВ на организм человека.
22. Характеристика основных фаз проникновения ОХВ в организм человека.
23. Расшифровать код экстренных мер (например: 5КЭ).
24. Прогнозирование масштабов заражения ОХВ при авариях на ХОО. Определение возможных потерь населения в очагах поражения.
25. Порядок нанесения зон заражения на карты и схемы. Знаки химической опасности.



## ЗАДАЧИ

### по методике оценки последствий аварий на химически опасных объектах

**Задача 3.1.** Определите продолжительность действия химического источника заражения (время испарения ОХВ) при аварии на химически опасных объектах (ХОО) и время подхода переднего фронта облака зараженного воздуха к объекту экономики (ОЭ).

Вариант	Вредное вещество	Высота обваловки, м	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Расстояние от ХОО до ОЭ, км	Степень вертикальной устойчивости воздуха
1	Аммиак	1,0	1,6	-23	24	Изотермия
2	Диметиламин	1,83	2,3	-5	40	Изотермия
3	Метиламин	1,5	3,3	-6	70	Инверсия
4	Метил бромистый	–	4,6	-7	10	Изотермия
5	Метилмеркаптан	2,0	5,7	+12	166	Изотермия
6	Окислы этилена	1,2	6,2	+14	127	Изотермия
7	Сернистый ангидрид	1,4	6,8	-8	279	Изотермия
8	Триметиламин	1,0	7,3	+9	90	Изотермия
9	Соляная кислота	2,4	7,4	+17	61	Изотермия
10	Формальдегид	1,8	2,9	-25	37	Инверсия
11	Фостан	0,5	3,1	+18	46,5	Изотермия
12	Хлор	1,3	3,3	-22	109	Изотермия
13	Хлорциан	1,2	10,2	+12	142	Изотермия
14	Этиленимин	0,5	9,4	+32	133	Изотермия
15	Хлор	1,4	1,4	+25	42	Изотермия
16	Хлорпикрин	–	1,4	+27	70	Инверсия
17	Сероводород	1,8	7,6	+32	180	Изотермия
18	Окислы этилена	2,1	5,6	19	65,2	Изотермия
19	Метил хлористый	–	1,2	-34	9	Инверсия
20	Метил бромистый	–	3,4	+12	18	Конвекция
21	Метиламин	2,3	2,9	-24	154	Инверсия
22	Диметиламин	0,8	1,6	+14	56	Конвекция
23	Ацетон циангидрид	–	1,1	18	10	Конвекция
24	Акролеин	1,3	3,3	+35	37	Конвекция
25	Адетонитрил	–	3,8	+18	80	Конвекция

**Задача 3.2.** Определите эквивалентное количество вещества в первичном и/или вторичном облаке за время  $T_{исп}$  испарения вредных веществ при аварии на ХОО и на время  $T_{ав}$  подхода зараженного воздуха к объекту (время, прошедшее после аварии).

Вариант	Вредное вещество	$T_{исп}$ , час	$T_{ав}$ , час	$Q_0$ , т
1	Аммиак	18,5	2,5	100
2	Диметиламин	28	2,9	60
3	Метиламин	16,6	4,0	140
4	Метил бромистый	1,4	0,4	50
5	Метилмеркаптан	15,3	5,0	300
6	Окислы этилена	8,6	3,5	250
7	Сернистый ангидрид	15,3	7,0	400
8	Триметиламин	3,9	2,1	200
9	Соляная кислота	44,7	1,4	150
10	Формальдегид	27,6	2,4	100
11	Фостан	4,3	2,5	150
12	Хлор	18,8	5,5	200
13	Хлорциан	7,44	2,5	400
14	Этиленимин	4,3	2,4	300
15	Хлор	31,8	5,0	80
16	Хлорпикрин	22,0	10	160
17	Сероводород	11,5	4,0	300
18	Окислы этилена	16,3	2	50
19	Метил хлористый	1,6	1,5	10
20	Метил бромистый	1,3	1,2	30
21	Метиламин	42,6	10	400
22	Диметиламин	8,8	5,0	200
23	Ацетонциангидрид	39	2,6	30
24	Акролеин	24,8	1,6	100
25	Адетонитрил	5,3	3,0	180

**Задача 3.3.** Определите глубину зоны заражения ОХВ на время  $T_{исп}$  действия химического источника заражения при аварии на ХОО и на время  $T_{ав}$ , прошедшее после аварии.

Вариант	Скорость ветра, м/с	$T_{исп}$ , час	$T_{ав}$ , час	Эквивалент количества вещества в облаке, т			Степень вертикальной устойчивости воздуха
				первичное	вторичное		
					$T_{исп}$	$T_{ав}$	
1	1	10	4	0,02	0,5	0,07	Инверсия
2	2	12	4	0,5	1,3	0,6	Конвекция
3	3	14	3	1,4	7,0	3,0	Инверсия
4	4	6	2	0,6	5,0	3,2	Инверсия
5	5	8	2	1,0	3,3	2,8	Изотермия
6	6	5	3	0,5	7,0	2,4	Изотермия
7	7	10	4	1,7	10	5,2	Изотермия
8	8	20	4	1,2	12	5,0	Изотермия
9	9	15	3	0,5	24	7,0	Изотермия
10	1	18	4	0,09	3	0,7	Инверсия
11	2	20	4	1,7	16	5	Конвекция
12	3	30	4	1,0	4	1,8	Инверсия
13	13	20	3	0,6	5	3,9	Изотермия
14	12	10	2	2,4	27	10	Изотермия
15	11	10	2	3,0	28	9	Изотермия
16	1	5	2	0,4	10	3,6	Конвекция
17	9	4	3	0,03	7,0	3,0	Изотермия
18	8	6	4	5,0	28	14	Изотермия
19	7	5	1	0,9	20	18	Изотермия
20	6	3	1	0,04	8,0	1,0	Изотермия
21	5	2	1	0,01	27	7,0	Изотермия
22	4	4	2	4,0	30	18	Инверсия
23	3	6	3	12	75	5,0	Инверсия
24	2	8	4	0,05	24	12	Инверсия
25	1	10	4	7,0	50	21	Инверсия

**Задача 3.4.** Определите глубину зоны заражения ОХВ на время  $T_{исп}$  действия химического источника заражения при аварии на ХОО и на время  $T_{ав}$ , прошедшее после аварии.

Вариант	Скорость ветра, м/с	$T_{исп}$ , час	$T_{ав}$ , час	Эквивалент количества вещества в облаке, т			Степень вертикальной устойчивости воздуха
				первичное	вторичное		
					$T_{исп}$	$T_{ав}$	
1	1,2	10	4	0,02	0,5	0,07	Инверсия
2	2,4	12	4	0,5	1,3	0,6	Конвекция
3	3,8	14	3	1,4	7,0	3,0	Инверсия
4	4,6	6	2	0,6	5,0	3,2	Изотермия
5	5,3	8	2	1,0	3,3	2,8	Изотермия
6	6,2	5	3	0,5	7,0	2,4	Изотермия
7	7,4	10	4	1,7	10	5,2	Изотермия
8	8,1	20	4	1,2	12	5,0	Изотермия
9	9,4	15	3	0,5	24	7,0	Изотермия
10	1,7	18	4	0,09	3	0,7	Инверсия
11	2,9	20	4	1,7	16	5	Конвекция
12	3,6	30	4	1,0	4	1,8	Инверсия
13	1,3	20	3	0,6	5	3,9	Изотермия
14	12,6	10	2	2,4	27	10	Изотермия
15	11,4	10	2	3,0	28	9	Изотермия
16	1,8	5	2	0,4	10	3,6	Конвекция
17	9,7	4	3	0,03	7,0	3,0	Изотермия
18	8,6	6	4	5,0	28	14	Изотермия
19	7,7	5	1	0,9	20	18	Изотермия
20	6,2	3	1	0,04	8,0	1,0	Изотермия
21	5,8	2	1	0,01	27	7,0	Изотермия
22	3,4	4	2	4,0	30	18	Инверсия
23	3,8	6	3	12	75	5,0	Инверсия
24	2,6	8	4	0,05	24	12	Инверсия
25	1,1	10	4	7,0	50	21	Инверсия

**Задача 3.5.** Определите площади зон возможного и фактического заражения на территории ОХВ в результате аварии на ХОО на время  $T_{исп}$  действия химического источника заражения и на время  $T_{ав}$ , прошедшее после аварии.

Вариант	Глубина зоны заражения, км			Скорость ветра, м/с	Степень вертикальной устойчивости атмосферы	$T_{исп}$ , час	$T_{ав}$ , час
	по первичному облаку	по вторичному облаку					
		$T_{исп}$	$T_{ав}$				
1	5	20	4	1,5	Инверсия	2	1
2	10	40	5	2,3	Изотермия	3	2
3	7	82	12	3,1	Конвекция	3	2
4	12	100	10	2,2	Инверсия	5	2
5	6	80	20	2,8	Изотермия	4	3
6	12	120	8	1,4	Конвекция	10	4
7	16	90	30	2,3	Инверсия	5	4
8	3	24	12	1,2	Изотермия	3	2
9	18	150	10	3,8	Изотермия	5	3
10	24	80	20	1,6	Конвекция	8	4
11	60	60	30	2,4	Изотермия	10	4
12	80	70	60	4,2	Изотермия	5	2
13	40	120	30	3,4	Конвекция	7	2
14	30	50	20	1,7	Инверсия	9	4
15	20	60	10	1,9	Изотермия	7	1
16	34	96	22	2,2	Изотермия	8	4
17	28	140	24	1,2	Изотермия	22	4
18	30	40	20	1,3	Конвекция	7	2
19	80	60	50	2,5	Изотермия	8	4
20	40	150	30	4,3	Изотермия	7	3
21	30	80	20	2,8	Инверсия	6	4
22	5	20	4	1,2	Изотермия	2	1
23	8	26	7	1,3	Инверсия	4	2
24	15	100	10	3,2	Изотермия	5	4
25	30	80	20	2,3	Изотермия	6	4

**Примечание.**  $S_e$  – определяется на время  $T_{исп}$  и  $T_{ав}$ ,  $S_{ф}$  – определить только на время  $T_{ав}$ .

**Задача 3.6.** Определите количество пострадавшего населения, а также структуру пораженных людей по тяжести химического поражения в результате аварии на ХОО.

Вариант	Расчет. глуб. зоны зараж., км	Глубина зоны заражения в городе, км	Площадь фактической зоны заражения, км <sup>2</sup>	Плотность населения $\rho \cdot 10^{-2}$ , чел/км <sup>2</sup>		Обеспеченность населения			
						СИЗОД, %		коллективными средствами защиты, %	
				в городе	в загородной зоне	в городе	в загородной зоне	в городе	в загородной зоне
1	20	10	70	8	0,5	30	20	10	5
2	25	10	75	7	0,4	40	30	15	5
3	30	20	80	4	0,3	50	40	10	10
4	25	10	60	5	0,4	60	20	20	10
5	20	10	50	6	0,5	70	10	20	10
6	15	5	24	7	0,6	40	20	30	15
7	10	5	20	8	0,7	30	10	30	20
8	12	4	22	9	0,8	20	10	40	15
9	13	5	25	10	0,9	10	5	30	10
10	14	6	20	11	1,0	20	10	20	10
11	15	7	35	12	1,1	30	10	15	5
12	16	8	38	13	1,2	40	20	20	10
13	17	9	40	15	0,6	50	20	30	10
14	20	10	100	20	0,7	60	20	20	10
15	22	11	80	10	0,8	50	10	30	5
16	24	12	120	6	0,9	30	10	15	5
17	25	13	130	7	1,0	40	15	30	10
18	26	14	140	8	1,2	30	15	15	10
19	27	15	150	10	1,3	40	20	20	10
20	29	16	140	15	1,5	35	12	20	5
21	30	17	150	20	2,0	38	14	20	10
22	35	18	200	10	3,0	40	12	30	10
23	40	19	300	15	4,0	50	10	30	10
24	42	20	400	20	5,0	25	17	20	10
25	30	21	200	17	6,0	27	10	20	10

**Задача 3.7.** Определите ожидаемое время распространения химической зоны заражения до объекта экономики при указанных условиях.

Вариант	Расстояние от ХОО до ОЭ (L), км	Глубина зоны заражения по первичному облаку (Г), км	Скорость ветра (V), м/с
1	5	2,5	1
2	10	6,0	2
3	12	5,0	5
4	5	3,0	4
5	5,0	2	1
6	17	6	2
7	10	8,0	4
8	18	9,0	2
9	3,5	1,7	2
10	5	3,0	10
11	6	4,0	4
12	3	1,0	15
13	10	7,0	3
14	6	2,0	4
15	12	5,0	3
16	7	3	3
17	5	3,1	2
18	0,5	0,3	5
19	3,0	1,5	1
20	6	3	2
21	10	8	2
22	15	7	1
23	5	3	3
24	20	16,5	3
25	8	3	1

**Примечание.** Для всех вариантов  $K_1 = 0,18$ ,  $K_2 = 0,052$ ,  $K_3 = 1,0$ ,  $K_5 = 0,23$ ,  $K_7 = 1,0$ ,  $Q_0 = 50$  м,  $H = 1,0$  м,  $d = 1,0$  м/м<sup>3</sup>.

## **СПИСОК использованной и рекомендуемой литературы**

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 20.06.1997 № 116-ФЗ (ред. от 21.07.1997).

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 20.12.2001 № 7-ФЗ (ред. от 10.02.2002).

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» принят 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 30.03.1999).

Постановление Правительства РФ «О техническом регламенте о безопасности химической продукции» от 07.10.2016 № 1019.

Постановление Правительства РФ «О ведении федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ, изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ» (вместе с «Положением о ведении федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ») от 20.07.2013 № 609.

Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878 «О принятии технического регламента Таможенного союза “О безопасности средств индивидуальной защиты”».

Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.03.2017 № 19 «О техническом регламенте Евразийского экономического союза “О безопасности химической продукции”».

Приказ Минпромторга России от 08.11.2010 № 1000 «Об утверждении норм естественной убыли при хранении (сливе, наливе) химической продукции» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 27.12.2010 г. № 19389).

Приказ Ростехнадзора от 21.11.2013 № 559 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности “Правила безопасности химически опасных производственных объектов”» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 № 30995).



Постановление Госстандарта РФ от 03.12.1999 № 61 «Об утверждении и введении в действие «Правил проведения сертификации химической продукции» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 27.03.2000 № 2167).

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17.04.2003 № 53 «О введении в действие СанПиН 2.1.7.1287-03» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 05.05.2003 № 4500).

ГОСТ 32640-2014. Межгосударственный стандарт. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение потенциальной способности химических веществ к биоразложению в почве (введен в действие Приказом Росстандарта от 26.09.2014 № 1230-ст).

Р 52.24.756-2011. Рекомендации. Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случаях загрязнения) (утв. Росгидрометом 26.04.2011).

СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне.

**Расчет показателей последствий возможных  
чрезвычайных ситуаций  
на химически опасных объектах**

**ФОРМУЛЫ**

**для расчета показателей последствий возможных  
чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах**

$h = H - 0,2$ или $h = 0,05$ 1	$T_{исп} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}$ 2	$K_5 = 1$ – инверсия $K_5 = 0,23$ – изотермия $K_5 = 0,08$ – конвекция                     3
$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0$ 4	$Q_{\text{э1}} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}$ 5	
$K_6^{T_{ав}} = T_{ав}^{0,8};$ $K_6^{T_{исп}} = T_{исп}^{0,8};$ при $T_{ав/исп} \leq 1K_6 = 1$ 6	$Q_{\text{э1}} \Rightarrow \Gamma_1$ $Q_{\text{э2}}^{T_{ав}} \Rightarrow \Gamma_2^{T_{ав}}$ $Q_{\text{э2}}^{T_{исп}} \Rightarrow \Gamma_2^{T_{исп}}$ 7	$\Gamma_{предел}^{T_{ав}} = V_n \cdot T_{ав}$ $\Gamma_{предел}^{T_{исп}} = V_n \cdot T_{исп}$ 8
$\Gamma_{пол}^{T_{ав}} = \max \{ \Gamma_1, \Gamma_2^{T_{ав}} \} + 0,5 \min \{ \Gamma_1, \Gamma_2^{T_{ав}} \}$ $\Gamma_{пол}^{T_{исп}} = \max \{ \Gamma_1, \Gamma_2^{T_{исп}} \} + 0,5 \min \{ \Gamma_1, \Gamma_2^{T_{исп}} \}$ 9		$K_8 = 0,081$ – инверсия $K_8 = 0,133$ – изотермия $K_8 = 0,235$ – конвекция                     10
$\Gamma_{расчет}^{T_{ав}} = \min \{ \Gamma_{пол}^{T_{ав}}, \Gamma_{предел}^{T_{ав}} \}$ $\Gamma_{расчет}^{T_{исп}} = \min \{ \Gamma_{пол}^{T_{исп}}, \Gamma_{предел}^{T_{исп}} \}$ 11	$S_{\phi}^{T_{ав}} = K_8 \cdot (\Gamma_{расчет}^{T_{ав}})^2 \cdot (T_{ав})^{0,2}$ $S_{\phi}^{T_{исп}} = K_8 \cdot (\Gamma_{расчет}^{T_{исп}})^2 \cdot (T_{исп})^{0,2}$ формулы справедливы при $T_{ав/исп} \leq 4$ ч                     12	
$S_g^{T_{ав}} = \frac{\pi \cdot (\Gamma_{расчет}^{T_{ав}})^2}{360} \cdot \Phi$ $S_g^{T_{исп}} = \frac{\pi \cdot (\Gamma_{расчет}^{T_{исп}})^2}{360} \cdot \Phi$ 13	$N = S_{\phi} \cdot \left[ \frac{\Gamma_z}{\Gamma_{расчет}} \cdot \rho \cdot K + \left( 1 - \frac{\Gamma_z}{\Gamma_{расчет}} \right) \cdot \rho' \cdot K' \right]$ $K = (1 - n_1) \cdot (1 - n_2); K' = (1 - n'_1) \cdot (1 - n'_2)$ $N_1 \Rightarrow 5 \%; N_2 \Rightarrow 15 \%; N_3 \Rightarrow 20 \%; N_4 \Rightarrow 60 \%$ 14	
$t_{подх} = \frac{L}{V_n}$ 15		$\alpha = \frac{4 \cdot S_{\phi}}{\pi \cdot \Gamma_{расчет}}$ 16

**Таблица П.1**  
**Глубины зон возможного заражения аварийно химически опасными веществами**

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество ОХВ, т														
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166,00	231,00
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121,00
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,96	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50
4	0,19	0,42	0,59	1,38	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	64,67
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,60
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,50
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,20
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,60
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,40
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,60
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,00
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,60
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,6	23,50

Таблица П.2

**Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха  
в зависимости от скорости ветра  
и вертикальной устойчивости воздуха**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч	<b>Инверсия</b>												
	5	10	16	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<b>Изотермия</b>												
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76
	<b>Конвекция</b>												
	7	14	21	28	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица П.3

**Вспомогательные коэффициенты  
для аварийно химически опасных веществ**

Наименование	Плотность ОХВ, т/м <sup>3</sup>	Значения вспомогательных коэффициентов							
		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub> ** для температур, °С				
					–40	–20	0	20	40
Акролеин	0,839	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2
Аммиак	0,681	0,18	0,025	0,04	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1
Адетонитрил	0,786	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6
Ацетонциан-гидрин	0,932	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
Водород мышьяковистый	1,64	0,17	0,054	0,857	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1
Водород фтористый	0,989	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1
Водород хлористый	1,191	0,28	0,037	0,3	<u>0,64</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1
Водород бромистый	1,49	0,13	0,055	6	<u>0,2</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1
Водород цианистый	0,687	0	0,026	3	0	0	0,4	1	1,3
Диметиламин	0,68	0,06	0,041	0,5	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,8	<u>1</u> 1	<u>2,5</u> 1
Метиламин	0,699	0,13	0,034	<u>0,5</u>	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>0,5</u> 1	<u>1</u> 1	<u>2,5</u> 1
Метил бромистый	1,732	0,04	0,039	0,5	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>2,3</u> 1
Метил хлористый	0,983	0,125	0,044	0,056	<u>0</u> 0,5	<u>0,1</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,5</u> 1
Метилакрилат	0,953	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1

## Окончание табл. П.3

Наименование	Плотность ОХВ, т/м <sup>3</sup>	Значения вспомогательных коэффициентов							
		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub> **				
					для температур, °С				
					-40	-20	0	20	40
Метилмеркаптан	0,867	0,06	0,043	0,353	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,4}{1}$
Нитрил акриловой кислоты	0,806	0	0,007	0,08	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Окислы азота	1,491	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1	1
Окислы этилена	0,882	0,05	0,041	0,27	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3,2}{1}$
Сернистый ангидрид	1,462	0,11	0,049	0,333	$\frac{0}{0,2}$	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,7}{1}$
Сероводород	0,964	0,27	0,042	0,036	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Сероуглерод	1,263	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
Соляная кислота (концентрир.)	1,198	0	0,021	0,3	0	0,1	0,3	1	1,6
Триметиламин	0,671	0,07	0,047	0,1	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,2}{1}$
Формальдегид	0,815	0,19	0,034	1	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,5}{1}$
Фостан	1,432	0,05	0,061	1	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,7}{1}$
Фтор	1,512	0,95	0,038	3	$\frac{0,7}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{0,9}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,1}{1}$
Фосфор треххлористый	1,57	0	0,01	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
Фосфор хлорокись	1,675	0	0,003	10	0,05	0,1	0,3	1	2,6
Хлор	1,558	0,18	0,052	1	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,4}{1}$
Хлорпикрин	1,658	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9
Хлорциан	1,22	0,04	0,048	0,8	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0,6}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3,9}{1}$
Этиленимин	0,838	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этиленсульфид	1,005	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этиленмеркантал	0,839	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

\* Все аварийно химически опасные вещества находятся в сжиженном состоянии.

\*\* Дробь понимать: в числителе значение для первичного облака; в знаменателе – значение для вторичного облака.

Таблица П.4

**Значения коэффициента  $K_4$  в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
$K_4$	1	1,33	1,67	2	2,34	2,67	3	3,34	3,67	4	5,68

Таблица П.5

**Угловые значения зоны возможного химического заражения**

Скорость ветра, м/с	менее 0,5	0,6–1,0	1,1–2,0	более 2,0
$\varphi$ , градусы	360	180	90	45

Таблица П.6

**Значения  $T_{ав}^{0,2}$  или  $T_{исп}^{0,2}$  для расчета площади фактического заражения территории при аварии на химически опасном объекте**

$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,2}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,2}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,2}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,2}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,2}$
1,0	1,0	2,7	1,22	4,8	1,37	17,0	1,76	80,0	2,40
1,1	1,02	2,8	1,23	5,0	1,38	18,0	1,78	90,0	2,46
1,2	1,04	2,9	1,24	5,5	1,41	19,0	1,80	100,0	2,51
1,3	1,05	3,0	1,25	6,0	1,43	20,0	1,82	110,0	2,56
1,4	1,07	3,1	1,25	6,5	1,45	21,0	1,84	120,0	2,60
1,5	1,08	3,2	1,26	7,0	1,48	22,0	1,86	130,0	2,65
1,6	1,10	3,3	1,27	7,5	1,50	23,0	1,87	140,0	2,69
1,7	1,11	3,4	1,28	8,0	1,52	24,0	1,89	150,0	2,72
1,8	1,12	3,5	1,28	8,5	1,53	28,0	1,95	160,0	2,76
1,9	1,14	3,6	1,29	9,0	1,55	32,0	2,0	170,0	2,80
2,0	1,15	3,7	1,30	10,0	1,58	36,0	2,05	180,0	2,83
2,1	1,16	3,8	1,31	11,0	1,62	40,0	2,09	190,	2,86
2,2	1,17	3,9	1,31	12,0	1,64	44,0	2,13	200,0	2,89
2,3	1,18	4,0	1,32	13,0	1,67	48,0	2,17	210,0	2,91
2,4	1,19	4,2	1,33	14,0	1,70	54,0	2,22	220,0	2,94
2,5	1,20	4,4	1,34	15,0	1,72	60,0	2,27	230,0	2,97
2,6	1,21	4,6	1,36	16,0	1,74	70,0	2,34	240,0	2,99

Таблица П.7

Значения коэффициента  $K_6 (T_{ав/исп})^{0,8}$  от времени,  
прошедшего после аварии

$T_{ав}$	$K_6$	$T_{ав}$	$K_6$	$T_{ав}$	$K_6$	$T_{ав}$	$K_6$	$T_{ав}$	$K_6$
1,0	1,0	2,7	2,21	4,8	3,51	17,0	9,65	80,0	33,30
1,1	1,08	2,8	2,28	5,0	3,62	18,0	10,1	90,0	36,59
1,2	1,16	2,9	2,34	5,5	3,91	19,0	10,54	100,0	39,81
1,3	1,23	3,0	2,41	6,0	4,19	20,0	10,99	110,0	42,96
1,4	1,30	3,1	2,47	6,5	4,47	21,0	11,42	120,0	46,06
1,5	1,38	3,2	2,54	7,0	4,74	22,0	11,86	130,0	49,11
1,6	1,46	3,3	2,60	7,5	5,01	23,0	12,29	140,0	52,10
1,7	1,53	3,4	2,66	8,0	5,28	24,0	12,71	150,0	55,06
1,8	1,60	3,5	2,72	8,5	5,54	28,0	14,38	160,0	57,98
1,9	1,67	3,6	2,79	9,0	5,80	32,0	16,0	170,0	60,86
2,0	1,74	3,7	2,85	10,0	6,31	36,0	17,58	180,0	63,71
2,1	1,81	3,8	2,91	11,0	6,81	40,0	19,13	190,0	66,53
2,2	1,88	3,9	2,97	12,0	7,30	44,0	20,64	200,0	69,31
2,3	1,95	4,0	3,03	13,0	7,78	48,0	22,13	210,0	72,07
2,4	2,01	4,1	3,15	14,0	8,26	54,0	24,32	220,0	74,81
2,5	2,08	4,2	3,27	15,0	8,73	60,0	26,46	230,0	77,51
2,6	2,15	4,3	3,39	16,0	9,19	70,0	29,93	240,0	80,20

Таблица П.8

Значения  $T_{ав}$  ожидаемого времени распространения зоны  
химического заражения от места аварии до объекта экономики

$T_{ав}^{0,0}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,8}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,8}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,8}$	$T_{ав}$	$T_{ав}^{0,8}$	$T_{ав}$
1,00	1,00	2,21	2,70	3,51	4,80	9,64	17,0	33,30	80,0
1,08	1,10	2,28	2,80	3,62	5,00	10,10	18,0	36,59	90,0
1,16	1,20	2,34	2,90	3,91	5,50	10,54	19,0	39,81	100
1,23	1,30	2,41	3,00	4,19	6,00	11,00	20,0	42,96	110
1,31	1,40	2,47	3,10	4,47	6,50	11,42	21,0	46,06	120
1,38	1,50	2,53	3,20	4,74	7,00	11,86	22,0	49,11	130
1,45	1,60	2,60	3,30	5,01	7,50	12,29	23,0	52,11	140
1,53	1,70	2,66	3,40	5,27	8,00	12,71	24,0	55,06	150
1,60	1,80	2,72	3,50	5,54	8,50	14,37	28,0	57,98	160
1,67	1,90	2,79	3,60	5,80	9,00	16,0	32,0	60,86	170
1,74	2,00	2,85	3,70	6,31	10,0	17,58	36,0	63,71	180
1,81	2,10	2,91	3,80	6,81	11,0	19,13	40,0	66,53	190
1,88	2,20	2,97	3,90	7,30	12,0	20,64	44,0	69,31	200
1,95	2,30	3,03	4,00	7,78	13,0	22,13	48,0	72,07	210
2,01	2,40	3,15	4,20	8,36	14,0	24,32	54,0	74,81	220
2,08	2,50	3,27	4,40	8,73	15,0	26,46	60,0	77,51	230
2,15	2,60	3,39	4,60	9,19	16,0	29,93	70,0	80,20	240

## Приложение 2

### Указатель опасных грузов

<i>Код ООН</i>	<i>Перевозимый опасный груз</i>
1203	Бензин
1202	Дизель
1006	Аргон сжатый
1013	Углерода диоксид
1046	Гелий сжатый
1066	Азот сжатый
1956	Газ сжатый
1951	Аргон жидкий
1977	Азот жидкий
2187	Двуокись углерода
1966	Водород жидкий
1073	Кислород охлажденный жидкий
1011	Бутан
1049	Водород сжатый
1954	Газ сжатый легковоспламеняющийся, н.у.к.
1965	Газ
1969	Изобутан
1978	Пропан
1001	Ацетилен растворенный
1072	Кислород сжатый
1017	Хлор
1005	Аммиак безводный
1120	Бутанолы
1170	Спирта этилового раствор
1223	Керосин
1267	Нефть сырая
1268	Нефтепродукты
1863	Топливо авиационное
3065	Напитки алкогольные
1090	Ацетон
1170	Спирт этиловый
1173	Этилацетат
1219	Изопропанол
1263	Краска
1267	Нефть сырая
1268	Нефтепродукты
1294	Толуол
1307	Ксилолы
1863	Топливо авиационное



Продолжение табл.

Код ООН	Перевозимый опасный груз
1866	Смолы раствор легковоспламеняющийся
1993	Легковоспламеняющаяся жидкость, н.у.к.
2398	Эфир метил-трет-бутиловый
1230	Метанол
1198	Формальдегида раствор легковоспламеняющийся
1309	Алюминий – порошок покрытый
1386	Жмых с массовой долей масла более 1,5 %
2217	Жмых с массовой долей масла не более 1,5 %
1396	Алюминий – порошок непокрытый
1479	Окисляющее вещество твердое, н.у.к.
1498	Натрия нитрат
1942	Аммония нитрат
2208	Кальция гипохлорит смесь сухая
1873	Кислота хлорная с массовой долей кислоты более 50 %, но не более 72 %
1888	Хлороформ
2294	n-Метиланилин
1689	Натрия цианид
2910	Радиоактивный материал
1789	Соляная кислота
1823	Натрия гидроксид твердый
1824	Натрия гидроксида раствор
1830	Кислота серная, содержащая более 51 % кислоты
2031	Кислота азотная, кроме красной дымящей, с содержанием азотной кислоты менее 65 %
2209	Формальдегида раствор
2672	Аммиака раствор
2794	Батареи жидкостные кислотные
2795	Батареи жидкостные щелочные
2796	Кислота серная, содержащая не более 51 % кислоты, или жидкость аккумуляторная кислотная
2789	Кислота уксусная ледяная
2031	Кислота азотная, кроме красной дымящей, с содержанием азотной кислоты более 70 %
3082	Вещество жидкое, опасное для окружающей среды
3257	Жидкость при повышенной температуре
<b>Табличка рельефная «Опасный груз» с оранжевым фоном, 300*400 мм</b>	
1.1D-0027	Порох дымный
1.1D-0072	Циклотриметилентринитрамин
1.1D-0082	Взрывчатое вещество, бризантное, тип В
1.1D-0209	Тринитротолуол
1.1D-0226	Октоген

Окончание табл.

<i>Код ООН</i>	<i>Перевозимый опасный груз</i>
1.1D-0286	Боеголовки ракет с разрывным зарядом
1.1D-0442	Заряды взрывчатые промышленные без детонатора
1.1D-0483	Циклотриметилентринитрамин
1.1D-0484	Циклотетраметилентетранитрамин
1.1E-0181	Ракеты с разрывным зарядом
1.1F-0180	
1.1B-0030	Детонаторы электрические для взрывных работ
1.1B-0031	Бомбы пиротехнические
1.1B-0042	Детонаторы вторичные без первичного детонатора
1.1B-0106	Трубки детонационные
1.1B-0360	Детонаторов сборки незлектрические для взрывных работ
1.3C-0275	Патроны для запуска механизмов
1.3G-0315	Воспламенители
1.4G-0325	
1.4G-0336	Пиротехнические средства
1.5D-0331	Взрывчатое вещество бризантное, тип В

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>Глава 1. Основы токсикологии опасных химических веществ</b> .....	5
1.1. Основные определения и классификация опасных химических веществ .....	5
1.2. Показатели и характеристика токсического воздействия опасных химических веществ на человека.....	8
1.3. Основные опасные химические вещества и их характеристика.....	13
1.4. Общие сведения о химически опасных объектах и авариях на них.....	18
<b>Глава 2. Расчет оценки последствий аварий на химически опасных объектах</b> .....	20
2.1. Алгоритм оценки последствий аварий на химически опасных объектах.....	21
2.2. Определение ожидаемого времени распространения зоны химического заражения до объекта экономики.....	28
2.3. Порядок нанесения химической обстановки на карты и схемы .....	32
<b>Вопросы для самоподготовки студентов</b> .....	39
<b>Задачи по методике оценки последствий аварий на химически опасных объектах</b> .....	41
<b>Список использованной и рекомендуемой литературы</b> .....	48
Приложение 1. Расчет показателей последствий возможных чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах.....	50
Приложение 2. Указатель опасных грузов.....	56

*Учебное издание*

**Ковалев** Станислав Александрович  
**Кузеванов** Виктор Сергеевич

# АНТОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ Химическая безопасность

Учебное пособие

Редактор *Д.С. Нерозник*  
Технический редактор *Е.В. Лозовая*  
Дизайн обложки *З.Н. Образова*

---

Подписано в печать 03.04.2019. Формат бумаги 60x84 1/16.  
Печ. л. 3,75. Усл. печ. л. 3,5. Уч.-изд. л. 2,5. Тираж 70 экз. Заказ 96.

---

*Издательство Омского государственного университета*  
*644077, Омск, пр. Мира, 55а*  
*Отпечатано на полиграфической базе ОмГУ*  
*644077, Омск, пр. Мира, 55а*