

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Управление эксплуатационной работой  
и охрана труда»**

**А. Н. КИШКУН**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА  
ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ  
НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2018**

**0**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление эксплуатационной работой  
и охрана труда»

А. Н. КИШКУН

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА

*Одобрено методической комиссией факультета  
«Управление процессами перевозок»  
в качестве учебно-методического пособия*

Гомель 2018

УДК 658.345 (075.8)  
ББК 26.23  
К46

Р е ц е н з е н т – начальник учебно-методической части военно-транспортного факультета подполковник **П. Г. Демидов** (БелГУТ)

**Кишкун, А. Н.**

К46 Прогнозирование и оценка химической обстановки в чрезвычайных ситуациях на объектах транспорта : учеб.-метод. пособие / А. Н. Кишкун ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 36 с.

ISBN 978-985-554-713-7

Рассматриваются классификации химически опасных объектов, аварийно опасных химических веществ, организация мероприятий химической защиты населения и объектов.

Приведена методика расчетов зон возможного химического заражения в стационарных метеорологических условиях.

Предназначено для студентов всех специальностей, а также инженерно-технических работников и специалистов строительного и транспортного комплекса.

**УДК 658.345 (075.8)**  
**ББК 26.23**

**ISBN 978-985-554-713-7**

© Оформление. БелГУТ, 2018

© Кишкун А. Н., 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из побочных негативных проявлений научно-технического прогресса является производство для нужд промышленности и сельского хозяйства химических веществ, являющихся токсичными (греч. *toxikon* – яд, т. е. ядовитыми), которые при определенных условиях могут нанести вред здоровью человека или даже привести к его гибели. Без этих веществ, к сожалению, на современном этапе развития человечества обойтись невозможно.

В конце прошлого века часть токсичных веществ (более сотни) отнесли к категории **сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ)**. СДЯВ – это химические соединения, обладающие высокой токсичностью и способные при определенных условиях вызывать массовые отравления людей и животных, а также заражать окружающую среду.

В настоящее время из этой большой группы выделено 34 вещества, обладающих следующими свойствами:

- способностью по направлению ветра переноситься на большие расстояния, где и вызывать поражение людей;
- объемом действия, то есть способностью зараженного воздуха проникать в негерметизированные помещения;
- способностью оказывать не только непосредственное действие, но и заражать людей посредством воды, продуктов, окружающих предметов.

Этой группе веществ присвоен термин **аварийно химически опасные вещества (АХОВ)**. АХОВ – это опасное химическое вещество, применяемое в промышленности или сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

Техногенные чрезвычайные ситуации происходят, как правило, внезапно в результате аварий или катастроф на объектах хозяйствования и при перевозках опасных грузов, а одним из самых распространенных их источников является выброс АХОВ. Нередко такие аварии имеют катастрофические последствия, как это было в 1984 г. в индийском городе Бхопал, где количество пострадавших и погибших при выбросе АХОВ исчислялось десятками тысяч.

Поэтому одной из важнейших задач, стоящих перед дисциплинами «Безопасность жизнедеятельности человека» и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций», стоит обучение методам защиты населения от поражения АХОВ, прогнозированию и оценке зон химического заражения, образующихся в результате выбросов АХОВ на химически опасных объектах, чему и посвящено настоящее учебно-методическое пособие.

## 1 ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

В Республике Беларусь работает около 540 предприятий, на которых используются в своем технологическом процессе (либо находятся на хранении) опасные химические вещества, при аварийном выбросе (разливе) которых может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях. Такие предприятия являются **химически опасными объектами (ХОО)**.

Крупными запасами ядовитых опасных химических веществ располагают предприятия химической, целлюлозно-бумажной, оборонной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии. Создаваемые в них минимальные (неснижаемые) запасы в среднем рассчитаны на трое суток работы, а для предприятий по производству, например, минеральных удобрений – 10–15 суток. В результате на крупных предприятиях, расположенных в черте или вблизи городов, могут одновременно храниться тысячи тонн АХОВ.

Значительные запасы этих веществ также сосредоточены на объектах пищевой, мясомолочной промышленности, в холодильниках торговых баз, жилищно-коммунального хозяйства. Так, на овощебазах содержится до 150 т аммиака, используемого в качестве хладагента, а на станциях водопроводных сетей – от 10 до 400 т хлора. Причем эти объекты находятся, как правило, в непосредственной близости от жилых домов и районов.

Определенную опасность представляет железная дорога: здесь часто сходят вагоны с рельс и происходит их опрокидывание. В результате таких происшествий выливаются на землю хлор, аммиак, бензол, формалин, различные кислоты и другие химические вещества. При этом заражается вся окружающая среда.

Среди объектов, содержащих АХОВ, самыми многочисленными (более 90 %) являются хранилища хлора и аммиака, обладающие к тому же наиболее значительным потенциалом по химическим поражающим факторам. По другим АХОВ, сравнимыми с ними по токсичности и возможностям поступления в атмосферу, эти показатели в 10–100 раз ниже.

Большинство крупных производств АХОВ находятся вблизи и даже в границах крупных городов.

Основными источниками опасности в случае аварий на химически опасном объекте являются: залповые выбросы АХОВ в атмосферу с последующим заражением воздуха, местности и водоемов; сброс АХОВ в водоемы; «химический» пожар с поступлением АХОВ и продуктов их горения в окружающую среду; взрывы АХОВ, сырья для их получения или исходных продуктов; образование зон задымления с осаждением АХОВ в виде «пятен» по следу распространения облака зараженного воздуха, возгонкой и миграцией.

Каждый из источников опасности по месту и времени может проявляться отдельно, последовательно или в сочетании с другими источниками. Все зависит от физико-химических характеристик АХОВ, условий аварии, метеоусловий и топографии местности. В случае возникновения аварий на химически опасном объекте с выбросом АХОВ очаг химического поражения будет иметь следующие особенности:

– образование облаков паров АХОВ и их распространение в окружающей среде являются сложными процессами, которые определяются характеристиками АХОВ, условиями хранения, метеоусловиями, рельефом местности и т. д., поэтому прогнозирование масштабов химического заражения (загрязнения) затруднено;

– в разгар аварии на объекте действует, как правило, несколько поражающих факторов: химическое заражение местности, воздуха, водоемов; высокая или низкая температура; ударная волна, а вне объекта – химическое заражение окружающей среды.

К химически опасным отнесены 19 городов Беларуси.

Наиболее опасные в химическом отношении города – г. Гродно, г. Новополоцк, г. Волковыск.

При чрезвычайных ситуациях на химически опасных объектах в зонах заражения АХОВ могут оказаться миллионы жителей Беларуси, из них 90 % – городское население.

Наиболее сложная химическая обстановка может сложиться:

– в г. Гродно и Гродненском районе при аварии на ПО «Азот», где содержится около 20 тыс. т аммиака, что составит глубину заражения до 24 км, площадь зоны заражения – до 900 км<sup>2</sup>;

– в г. Новополоцке, где сосредоточено около 11 тыс. т различных АХОВ, глубина зоны заражения может составить до 20 км, площадь зоны заражения – до 1000 км<sup>2</sup>.

В соответствии с Законом Республики Беларусь 5 января 2016 г. № 354-З «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» классификация химически опасных объектов осуществляется в зависимости от объема эксплуатируемых АХОВ на **потенциально опасных и опасных производственных объектах.**

**Потенциально опасный производственный объект** – объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят, транспортируют или уничтожают радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации.

К потенциально опасным производственным объектам в области промышленной безопасности относятся аммиачно-холодильные установки с содержанием аммиака от 1000 до 3000 килограммов.

**Опасный производственный объект** – объект, указанный в перечне опасных производственных объектов (таблица 1.1).

Опасные производственные объекты в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них подразделяются на три типа:

- I – опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II – опасные производственные объекты высокой опасности;
- III – опасные производственные объекты средней опасности.

Т а б л и ц а 1.1 – **Перечень опасных производственных объектов**

Наименование опасного вещества	Количество опасного вещества, тонн		
	I тип опасности	II тип опасности	III тип опасности
Аммиак	200 и более	50 и более, но менее 200	3 и более, но менее 50
Хлор	25 и более	10 и более, но менее 25	0,8 и более, но менее 10

В соответствии с ТКП 304-2011 (02300) «Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций» при авариях с выбросом аварийно опасных химических соединений на объектах к чрезвычайным ситуациям приводят угроза выброса или выброс АХОВ из технологического оборудования (транспортных коммуникаций), которые могут создать или создают факторы поражения для населения, персонала, прилегающей местности или самого промышленного предприятия:

- 1-го класса опасности: 1–10 кг (локальная), 10–50 кг (местная), 50–1000 кг (региональная), более 1 т (государственная);
- 2-го класса опасности: 10–50 кг (локальная), 50–100 кг (местная), 100–5000 кг (региональная), более 5 т (государственная);
- 3-го класса опасности: 50–100 кг (локальная), 100–1000 кг (местная), 1–100 т (региональная), более 100 т (государственная);
- 4-го класса опасности: 100–500 кг (локальная), 500–3000 кг (местная), 3–300 т (региональная), более 300 т (государственная).

Зона распространения заражения (фактическая или прогнозируемая) аварийно опасными химическими соединениями:

- в пределах объекта (локальная);
- в пределах санитарно-охранной зоны (местная);
- за пределами санитарно-охранной зоны (региональная).

*Санитарно-охранная зона (СОЗ)* – территория вокруг потенциально опасного объекта, устанавливаемая для предотвращения или уменьшения влияния вредных факторов его воздействия на людей, сельскохозяйственных животных и растения, а также на окружающую природную среду.

## 2 АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 (99) «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», по степени воздействия на организм человека АХОВ разделяются на четыре класса опасности (таблица 2.1):

- 1-й класс, чрезвычайно опасные: хлорокись фосфора, этиленмин, ртуть;
- 2-й класс, высокоопасные: мышьяковистый водород, синильная кислота, диметиламин, фтор, хлор и т. д.;
- 3-й класс, умеренноопасные: триметиламин и др.;
- 4-й класс, малоопасные: аммиак, метилакрилат, ацетон.

Т а б л и ц а 2.1 – Классы опасности АХОВ

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50000

Вещества 1-го и 2-го классов опасности способны образовывать опасные для жизни концентрации даже при незначительных утечках.

По степени стойкости АХОВ подразделяются на стойкие и нестойкие. *Стойкость* – это способность вещества сохранять свои поражающие действия в воздухе или на местности в течение определенного времени. Стойкость в основном зависит от физико-химического состава вещества, метеорологических условий, рельефа местности, степени вертикальной устойчивости воздуха или состояния атмосферы в приземном слое.

Важнейшей характеристикой опасности АХОВ является относительная плотность их паров (газов) по отношению к воздуху (приложение А). Если относительная плотность пара какого-либо вещества меньше 1 (например, аммиак), то это значит, что он легче воздуха и будет быстро рассеиваться. Большую опасность представляет АХОВ, относительная плотность паров которых больше 1 (например, хлор), они дольше удерживаются у поверхности земли, накапливаются в различных углублениях местности, их воздействие на людей будет более продолжительным.



Значительная часть АХОВ является легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами и обладает свойствами самовозгорания и горения даже после удаления источника огня.

Механизм токсического действия АХОВ заключается в следующем. Внутри человеческого организма, а также между ним и внешней средой происходит интенсивный обмен веществ. Наиболее важная роль в этом обмене принадлежит ферментам (биологическим катализаторам).

Ферменты – это химические (биохимические) вещества или соединения, способные в ничтожно малых количествах управлять химическими и биологическими реакциями в организме.

Токсичность тех или иных АХОВ заключается в химическом взаимодействии между ними и ферментами, которое приводит к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма. Полное подавление тех или иных ферментных систем вызывает общее поражение организма, а в некоторых случаях – его гибель.

Характер и тяжесть поражений АХОВ определяются следующими основными факторами:

- видом и характером токсического действия;
- степенью токсичности;
- концентрацией химических веществ на пострадавшем объекте;
- сроками воздействия на человека.

Признаки отравления – явления раздражения (кашель, першение и боль в горле, слезотечение и резь в глазах, боли в груди, головная боль), развитие явлений со стороны центральной нервной системы (головная боль, головокружение, чувство опьянения и страха, тошнота, рвота, состояние эйфории, нарушение координации движений, сонливость, общая заторможенность, апатия и т. п.).

Для оценки токсичности АХОВ используют ряд характеристик, основными из которых являются концентрация и токсическая доза.

*Концентрация* – количество вещества (АХОВ) в единице объема, массы (мг/л, г/м<sup>3</sup> и т. д.).

*Пороговая концентрация* – это минимальная концентрация, которая может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют работоспособность.

*Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (ПДК)* – концентрация вредного вещества в воздухе, которая при ежедневной работе в течение 8 ч в день (но не более 40 часов в неделю) за время всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья работающих, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений (таблица 2.2).

Т а б л и ц а 2.2 – ПДК наиболее распространенных АХОВ

Наименование АХОВ	ПДК (мг/м <sup>3</sup> ) в воздухе		
	рабочей зоны	населенных пунктов	
		разовая	суточная
Азотная кислота (концентрированная)	5,0	0,4	0,15
Аммиак	20	0,2	0,04
Водород хлористый	5,0	0,2	0,01
Водород цианистый	0,3	–	0,01
Окись этилена	1,0	0,3	0,3
Соляная кислота (концентрированная)	5,0	0,2	0,2
Формальдегид	0,5	0,035	0,003
Фосген	0,5	–	–
Хлор	1,0	0,1	0,03
Хлорпикрин	0,7	0,007	0,007

*Средняя смертельная концентрация в воздухе* – концентрация вещества в воздухе, вызывающая гибель 50 % пораженных при 2, 4-часовом ингаляционном воздействии.

*Токсическая доза* – количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект.

Для характеристики токсичности веществ при их попадании в организм человека ингаляционным путем выделяют следующие токсодозы: *средняя смертельная (LC<sub>50</sub>)* – приводит к смертельному исходу 50 % пораженных; *средняя выводящая (IC<sub>50</sub>)* – приводит к выходу из строя 50 % пораженных; *средняя пороговая (PC<sub>50</sub>)* – вызывает начальные симптомы поражения у 50 % пораженных. Средняя смертельная доза приводит к гибели 50 % пораженных при однократном введении в желудок (мг/кг) или однократном нанесении на кожу.

*Пути воздействия АХОВ на организм человека:*

- с пищей и водой (пероральный);
- через кожу и слизистые оболочки (кожно-резорбтивный);
- при вдыхании (ингаляционный).

*По степени токсичности* при ингаляционном и пероральном путях поступления в организм АХОВ можно разбить на шесть групп:

- 1 Чрезвычайно токсичные,  $LC_{50} < 1$  мг/л.
- 2 Высокотоксичные,  $LC_{50} = 1 \dots 5$  мг/л.
- 3 Сильнотоксичные,  $LC_{50} = 6 \dots 20$  мг/л.
- 4 Умеренно токсичные,  $LC_{50} = 21 \dots 80$  мг/л.
- 5 Малотоксичные,  $LC_{50} = 81 \dots 160$  мг/л.
- 6 Нетоксичные,  $LC_{50} > 160$  мг/л.

Большой разброс концентраций объясняется индивидуальными особенностями организма.

По клинической картине поражения различают следующие в и д ы АХОВ:

1 С преимущественно удушающими свойствами:

- с выраженным прижигающим действием: хлор, трёххлористый фосфор;
- со слабым прижигающим действием: фосген, хлорпикрин, хлорид серы.

2 Преимущественно общеядовитого действия: оксид углерода, синильная кислота, этиленхлорид и др.

3 Обладающие удушающим и общеядовитым действием:

- с выраженным прижигающим действием: акрилонитрил;
- со слабым прижигающим действием: оксиды азота, сернистый ангидрид.

4 Нейротропные яды (вещества, действующие на проведение и передачу нервного импульса, нарушающие действия центральной и периферической нервных систем): фосфорорганические соединения, сероуглерод.

5 Обладающие удушающим и нейротропным действием: аммиак.

6 Метаболические яды:

– с алкилирующей активностью: бромистый метил, этиленоксид, метилхлорид, диметилсульфат;

- изменяющие обмен веществ: диоксин.

Одномоментное загрязнение двумя и более токсичными агентами может стать причиной комбинированного действия на организм нескольких ядов. При этом токсический эффект может быть усилен (синергизм) или ослаблен (антагонизм).

Рассмотрим физико-химические и поражающие свойства некоторых наиболее распространенных АХОВ и способы защиты от них.

*Аммиак* – бесцветный газ с характерным удушливым резким запахом. Относится к сильно токсичным химическим веществам. При обычном давлении температура кипения  $-33,4$  °С. Плотность газообразного аммиака при нормальных условиях составляет  $0,77$  кг/м<sup>3</sup>, т. е. он легче воздуха. Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом (образует взрывоопасные смеси в пределах 15–28 об. % аммиака). Его растворимость в воде больше, чем всех других газов: один объем воды поглощает при 20 °С около 700 объемов аммиака.

Общие запасы аммиака в Беларуси составляют около 26 тыс. т.

ПДК в воздухе населенных пунктов: среднесуточная –  $0,04$  мг/м<sup>3</sup> и максимально разовая –  $0,2$  мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны производственных помещений –  $20$  мг/м<sup>3</sup>. Порог ощущения обонянием –  $0,5$  мг/м<sup>3</sup>. При концентрациях  $40$ – $80$  мг/м<sup>3</sup> происходит резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, вплоть до рефлекторной задержки дыхания, появляется головная боль. Смертельными считаются концентрации  $1500$ – $2700$  мг/м<sup>3</sup> при экспозиции  $0,5$ – $1$  ч.

Жидкий безводный аммиак используется как высококонцентрированное удобрение. 10%-й раствор аммиака поступает в продажу под названием «нашатырный спирт». 18–20%-й раствор называется «аммиачная вода».

В природе аммиак образуется при разложении азотсодержащих органических веществ. Основным промышленным методом получения аммиака является прямой синтез из газообразного азота и водорода. Мировое производство – около 100 млн т. Он применяется при изготовлении синильной и азотной кислот, азотсодержащих солей, соды, удобрений, а также при крашении тканей и серебрении зеркал. Жидкий аммиак используется в качестве рабочего вещества холодильных машин. Аммиак транспортируется и хранится в сжиженном состоянии под давлением собственных паров 600–1800 кПа, а также может храниться в изотермических резервуарах при давлении, близком к атмосферному. Емкости могут взрываться при нагревании.

Аммиак относится к АХОВ удушающего и нейротропного действия. Пары сильно раздражают слизистые оболочки и кожные покровы. Вещество вызывает поражение дыхательных путей. При высоких концентрациях возбуждает центральную нервную систему и вызывает судороги. Смерть наступает через несколько часов или суток после отравления от отека легких и гортани, от сердечной слабости или остановки дыхания. При попадании на кожу может вызывать ожоги различной степени.

Обнаружение – универсальным газоанализатором УГ-2, ВПХР с индикаторной трубкой (одно желтое кольцо).

Защита – фильтрующие промышленные противогазы марки «К», «КД», «М»; газовые респираторы РУ-60М КД, РПГ-67 КД. При высоких концентрациях – изолирующие противогазы и защитная одежда.

Первая помощь: немедленно вынести пострадавшего на свежий воздух, обильно промыть глаза и пораженные участки кожи водой и надеть противогаз. После эвакуации пострадавшему необходим покой, тепло, при резких болях в глазах – 1–2 капли 1%-го раствора новокаина или 1 капля 0,5%-го раствора дикаина с 0,1%-м раствором адреналина. На пораженные участки кожи – примочки 5%-го раствора уксусной, лимонной или соляной кислоты. Внутрь – теплое молоко с питьевой содой.

*Хлор* – зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом. Хлор в 2,5 раза тяжелее воздуха, поэтому облако хлора будет перемещаться по направлению ветра, прижимаясь к земле, скапливаясь в подвалах, низинах, но даже зимой хлор находится в газообразном состоянии, сжижается при температуре  $-34,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , затвердевает при  $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для перевозки используются цистерны и баллоны под давлением. Взрывоопасен в смеси с водородом. Негорюч, но пожароопасен, поддерживает горение многих органических веществ. Емкости могут взрываться при нагревании.

При испарении в воздухе жидкий хлор образует с водяными парами белый туман. 1 кг жидкого хлора образует 316 л газа.

Хлор применяется для хлорирования питьевой воды и для получения хлорорганических соединений (винилхлорида, хлоропренового каучука, дихлорэтана, хлорбензола и др.). Общие запасы в Беларуси – около 300 т.

ПДК хлора в атмосферном воздухе в рабочей зоне производственных помещений –  $1 \text{ мг/м}^3$ , минимально ощутимая концентрация хлора –  $2 \text{ мг/м}^3$ . Раздражающее действие возникает при концентрации около  $10 \text{ мг/м}^3$ . Смертельная концентрация хлора при экспозиции 1 час составляет  $100\text{--}200 \text{ мг/м}^3$ . В воздухе определяется прибором УГ-2 или ВПХР с индикаторной трубкой (три зеленых кольца).

Защита – промышленные фильтрующие противогазы марки «В» и «М», гражданские противогазы ГП-5, ГП-7 (ГП-7В), детские противогазы, камеры защитные детские. При очень высоких концентрациях (больше  $3600 \text{ мг/м}^3$ ) – изолирующие противогазы. Хлор относится к веществам удушающего действия.

Хлор раздражает дыхательные пути и вызывает отек легких. При высоких концентрациях смерть наступает от 1–2 вдохов, при нескольких меньших – дыхание останавливается через 5–25 минут.

Первая помощь: надеть противогаз и вывести на свежий воздух. При раздражении дыхательных путей – вдыхание нашатырного спирта. Промывание глаз, носа и рта 2%-м раствором соды. Употребление теплого молока с боржоми или содой, кофе.

Дегазация – водные растворы гипосульфита, гашеной извести, щелочные отходы производства. Нейтрализация – водой.

*Цианистый водород (синильная кислота)* – бесцветная легкоподвижная жидкость с запахом горького миндаля, застывающая при температуре  $-13^\circ\text{C}$ . Температура кипения  $+27,5^\circ\text{C}$ , очень летуча. Капли ее в воздухе испаряются: летом – в течение 5 мин, зимой – 1 ч.

Синильная кислота и ее соли выпускаются химической промышленностью в больших количествах. Используется при производстве пластмасс и искусственных волокон, в гальванопластике, при извлечении золота из золотых руд, как средство борьбы с вредителями в сельском хозяйстве. Относится к веществам общеядовитого действия.

Смешивается с водой, легко растворяется в спирте, бензине. Смеси паров с воздухом при содержании 6–40 об. % могут взрываться.

Защита – фильтрующие и изолирующие противогазы, а также промышленные типа «В», «М», «БКФ». Наличие синильной кислоты в воздухе можно определить с помощью ВПХР с индикаторной трубкой (три зеленых кольца).

Для нейтрализации синильной кислоты используется гипохлорит кальция, формалин.

Воду, растворы щелочей для дегазации синильной кислоты использовать нельзя, т. к. ее соли с щелочными металлами (KCN, NaCN) являются сильными ядами.

### 3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Возникновение техногенных аварий при попадании в окружающую среду АХОВ сопряжено с угрозой жизни и здоровья населения и является острой проблемой современного индустриального общества. Опасности подвергаются работники предприятий и население, проживающее в непосредственной близости к потенциально опасным объектам.

Под *химической обстановкой* понимают возникающие в результате аварий на химически опасном объекте условия, которые определяются масштабами и степенью химического заражения местности, объектов, материальных средств, которые могут оказать влияние на жизнедеятельность населения, работу объектов экономики и действия сил ликвидации чрезвычайной ситуации.

С целью определения влияния химического заражения на жизнедеятельность населения, работу объекта экономики и действия сил ликвидации чрезвычайной ситуации, обоснования и принятия мер защиты осуществляется выявление и оценка химической обстановки.

Под *выявлением химической обстановки* понимается сбор и обработка исходных данных об авариях на химически опасном объекте (наименование, количество и условия хранения выброшенного в окружающую среду АХОВ, метеорологические условия, время аварии и т. д.), определение размеров зон химического заражения и нанесение их на карту (план).

Под *оценкой химической обстановки* понимается определение влияния химического заражения на работу объекта экономики, жизнедеятельности населения и действия сил ликвидации чрезвычайных ситуаций.

*Оценка включает* решение задач по различным вариантам действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций, работы объекта экономики и жизнедеятельности населения, анализ полученных результатов и выбор целесообразных вариантов действий, которые обеспечивают минимальные потери (исключают их) при условии выполнения поставленных задач.

**К основным задачам оценки химической обстановки** относят определение:

- возможных потерь населения и сил ликвидации чрезвычайных ситуаций в зонах химического заражения;
- количества зараженных людей, техники, транспорта, материальных средств, требующих проведения работ по дегазации;
- стойкости (времени самоиспарения) АХОВ;
- времени подхода облака зараженного АХОВ воздуха к определенному рубежу (объекту).

Выявление и оценка химической обстановки осуществляется в т р и э т а п а :

*I этап* – заблаговременное выявление и оценка химической обстановки по прогнозу по оценочным параметрам аварий на химически опасном объек-

те с учетом среднегодовых метеоусловий. Основанием для прогнозирования являются сведения о химически опасных объектах и преобладающих метеоусловиях от соответствующих министерств и ведомств.

Полученные результаты необходимы для планирования мероприятий по защите населения и территорий.

*II этап* – выявление и оценка химической обстановки по прогнозу после аварий на химически опасном объекте. Основанием для прогнозирования являются данные от вышестоящих, нижестоящих и взаимодействующих с ОУ ГСЧС и подчиненных сил разведки, наблюдения и контроля с учетом реальных метеоданных.

Полученные результаты необходимы для принятия решения КЧС по защите населения и территорий, для уточнения задач органам разведки и проведения неотложных мероприятий по защите.

*III этап* – выявление и оценка фактической химической обстановки на основании данных от органов разведки, наблюдения и контроля о концентрации АХОВ в отдельных точках местности на определенное время.

Эти данные необходимы для уточнения ранее принятых решений по защите населения и проведения работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Прогнозирование масштабов заражения АХОВ осуществляется по методике прогнозирования масштабов заражения сильно действующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на ХОО, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов.

Методика предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов АХОВ в окружающую среду в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии.

При авариях с выбросом АХОВ в атмосферу образуется *первичное* и (или) *вторичное облако*.

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

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

В случае разрушения емкости, содержащей АХОВ под давлением, за счет бурного, почти мгновенного испарения основное количество вещества поступит в первичное облако, концентрации АХОВ значительно превышают смертельные.

В случае разрушения изотермического хранилища в первичное облако поступит 3–5 % АХОВ (при температуре окружающего воздуха 25–30 °С).

Основное же количество разлившегося в поддон (обваловку) АХОВ поступит за счет испарения во вторичное облако.

Комбинацией этих облаков образуется **зона химического заражения**.

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

В зависимости от количества выброшенного (вылившегося) ядовитого вещества в зоне химического заражения может образоваться один или несколько очагов химического поражения.

Размеры зоны химического заражения характеризуются глубиной распространения зараженного воздуха с поражающими концентрациями, шириной и площадью (рисунок 3.1). Они зависят от количества АХОВ, их физических и токсических свойств, условий хранения, метеоусловий, рельефа местности и плотности застройки.

Под *поражающими концентрациями* понимается такое содержание в воздухе паров АХОВ, при которых исключается пребывание людей без противогазов.

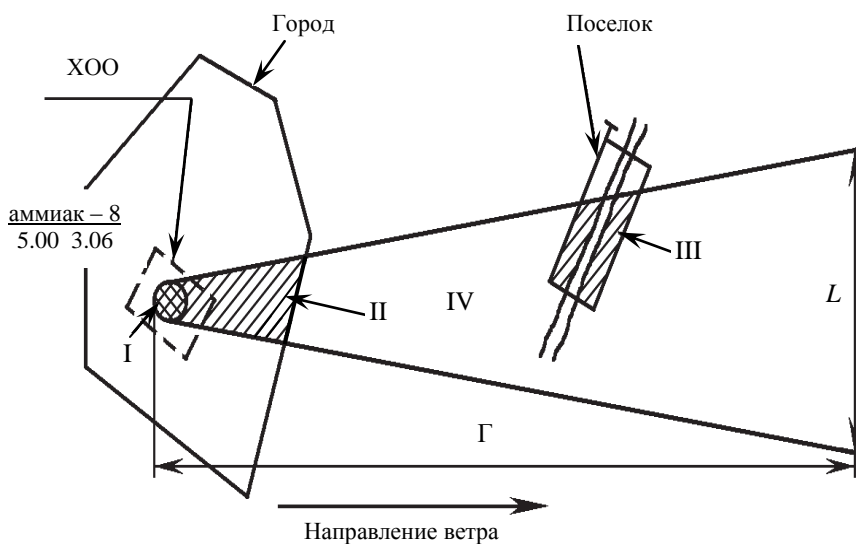


Рисунок 3.1 – Зона химического заражения АХОВ:  
 I – участок разлива АХОВ; II–III – очаги поражения; IV – территория распространения АХОВ;  $\Gamma$  – глубина зоны;  $L$  – ширина зоны

На глубину распространения АХОВ и на их концентрацию в воздухе значительно влияют вертикальные потоки воздуха. Их направление характеризуется **степенью вертикальной устойчивости атмосферы**.



Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: *инверсию, изотермию, конвекцию* (таблица 3.1).

*Инверсия* – это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты. Она чаще всего образуется в безветренные ясные ночи в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью. Инверсия препятствует рассеиванию воздуха по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения высоких концентраций (застой) АХОВ.

*Изотермия* характеризуется стабильным равновесием воздуха. Она наиболее типична для пасмурной погоды и также, как инверсия, способствует длительному застою паров АХОВ на открытой местности, в лесу, жилых кварталах населенных пунктов.

*Конвекция* – это вертикальное перемещение воздуха с одних высот на другие. Более теплый воздух перемещается вверх, а более холодный и более плотный – вниз. Конвекция вызывает сильное рассеивание загрязненного воздуха, поэтому концентрация АХОВ в воздухе быстро снижается. Отмечается конвекция в весенне-летне-осенний период в ясные дни при отсутствии снежного покрова.

Т а б л и ц а 3.1 – Степени вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность
< 2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2–3,9	ин	из	из (ин)	из	из	из	из (ин)	из
≥ 4	из	из	из	из	из	из	из	из

**П р и м е ч а н и я**

1 Обозначения: ин – инверсия; из – изотермия; к – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове.

2 Под термином «утро» понимается период времени в течение двух часов после восхода солнца; под термином «вечер» – в течение двух часов после захода солнца. Период от восхода до захода солнца за вычетом двух утренних часов – день, а период от захода до восхода солнца за вычетом двух вечерних часов – ночь.

3 Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчетах на момент аварии.

Масштабы заражения АХОВ в зависимости от их физических свойств и агрегатного состояния рассчитываются для первичного и вторичного облаков:

- для сжиженных газов – отдельно для первичного и вторичного;
- сжатых газов – только для первичного;
- ядовитых жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, – только для вторичного.

Исходные данные для прогнозирования масштабов заражения АХОВ:

- общее количество АХОВ на объекте и данные о размещении их запасов в технологических емкостях и трубопроводах;
- количество АХОВ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива на подстилающей поверхности («свободно», «в поддон» или «в обваловку»);
- высота поддона или обваловки складских емкостей;
- метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м (на высоте флюгера), степень вертикальной устойчивости атмосферы (см. таблицу 3.1).

При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения на случай производственных аварий в качестве исходных данных рекомендуется принимать: выброс АХОВ ( $Q_0$ ) – количество АХОВ в максимальной по объему единичной емкости (технологической, складской, транспортной и др.), метеорологические условия – инверсия, скорость ветра 1 м/с, температура воздуха +20 °С, направление ветра равновероятное от 0 до 360°.

Для сейсмических районов за количество АХОВ принимается его общий запас.

Для прогноза масштабов заражения непосредственно после аварии должны браться конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) АХОВ и реальные метеоусловия, а также учитываться рельеф местности. В случае распространения зараженного воздуха на закрытой местности глубина зоны заражения уменьшается в 3 раза.

Внешние границы зоны заражения АХОВ рассчитываются по **пороговой токсодозе** (см. приложение А).

*Пороговая токсодоза* – ингаляционная токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения.

Принятые допущения и ограничения:

- емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью;
- толщина  $h$  слоя жидкости для АХОВ, разлившихся свободно на подстилающей поверхности, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива; для АХОВ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется следующим образом:

а) при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку):

$$h = H - 0,2, \quad (3.1)$$

где  $H$  – высота поддона (обваловки), м;

б) при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку):

$$h = \frac{Q_0}{Fd}, \quad (3.2)$$

где  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;  
 $d$  – плотность СДЯВ, т/м<sup>3</sup>;  
 $F$  – реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м<sup>2</sup>.

Предельное время пребывания людей в зоне заражения и продолжительность сохранения неизменными метеорологических условий (степени вертикальной устойчивости атмосферы, направления и скорости ветра) составляет 4 часа. По истечении указанного времени прогноз обстановки должен уточняться.

При авариях на газо- и продуктопроводах выброс АХОВ принимается равным максимальному количеству АХОВ, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекаателями, например, для аммиакопроводов – 275–500 т.

Количественные характеристики выброса АХОВ для расчета масштабов заражения определяются по их эквивалентным значениям.

Под *эквивалентным количеством* АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Эквивалентное количество  $Q_{э1}$  (т) вещества в первичном облаке определяется по формуле:

$$Q_{э1} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0, \quad (3.3)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (приложение Б): для сжатых газов  $K_1 = 1$ ; для жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды,  $K_1 = 0$ ;

$K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (см. приложение Б);

$K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы: для инверсии принимается равным 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08;

$K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (приложение Б);

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

При авариях на хранилищах сжатого газа  $Q_0$  рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = dV_x, \quad (3.4)$$

где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (см. приложение А);

$V_x$  – объем хранилища, м<sup>3</sup>.

При авариях на газопроводе  $Q_0$  рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = \frac{ndV_r}{100}, \quad (3.5)$$

где  $n$  – содержание АХОВ в природном газе, %;

$d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (см. приложение А);

$V_i$  – объем секции газопровода между автоматическими отсекаателями, м<sup>3</sup>.

При определении величины  $Q_{э1}$  для сжиженных газов, не вошедших в приложение Б, значение коэффициента  $K_7$  принимается равным 1, а коэффициент  $K_1$  рассчитывается по соотношению

$$K_1 = \frac{c_p \Delta T}{\Delta H_{исп}}, \quad (3.6)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/(кг·°С);

$\Delta T$  – разность температур жидкого АХОВ до и после разрушения емкости, °С;

$\Delta H_{исп}$  – удельная теплота испарения жидкого АХОВ при температуре испарения, кДж/кг.

Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения с площади разлива.

Время испарения  $T$  (ч) АХОВ (продолжительности поражающего действия) с площади разлива определяется по формуле:

$$T = \frac{hd}{K_2 K_4 K_7}, \quad (3.7)$$

где  $h$  – толщина слоя АХОВ, м;

$d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (см. приложение Б);

$K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Значение 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	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

**Пример 3.1.** В результате аварии произошло разрушение обвалованной емкости с хлором. Требуется определить время поражающего действия АХОВ. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра 4 м/с, температура воздуха 0 °С, изотермия. Высота обваловки – 1 м.

**Решение.** По формуле (3.7) время поражающего действия составит:

$$T = \frac{(1 - 0,2) \cdot 1,533}{0,052 \cdot 2 \cdot 1} = 12 \text{ ч.}$$

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке рассчитывается по формуле:

$$Q_{э2} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 \frac{Q_0}{hd}, \quad (3.8)$$

где  $K_6$  – коэффициент, зависящий от времени  $N$ , прошедшего после начала аварии.

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T, \end{cases} \quad (3.9)$$

где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (см. приложение А);

$h$  – толщина слоя АХОВ, м.

При  $T < 1$  ч  $K_6$  принимается для 1 ч.

При определении  $Q_{32}$  для веществ, не вошедших в приложения А и Б, значение коэффициента  $K_7$  принимается равным 1, а коэффициент  $K_2$  определяется по формуле:

$$K_2 = 8,1 \cdot 10^{-6} P \sqrt{M}, \quad (3.10)$$

где  $P$  – давление насыщенного пара вещества при заданной температуре воздуха, мм рт. ст.;

$M$  – молекулярный вес вещества.

Расчет глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте ведется методом интерполирования с использованием приложения Б.

В приложении Б приведены максимальные значения глубины зоны заражения первичным ( $\Gamma_1$ ) или вторичным ( $\Gamma_2$ ) облаком АХОВ, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества и скорости ветра.

Полная глубина зоны заражения  $\Gamma_{\text{полн}}$  (км), обусловленная воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется по формуле:

$$\Gamma_{\text{полн}} = \Gamma_{\text{б}} + 0,5 \Gamma_{\text{м}}, \quad (3.11)$$

где  $\Gamma_{\text{б}}$  – наибольший;

$\Gamma_{\text{м}}$  – наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $\Gamma_{\text{лим}}$ , определяемым по формуле:

$$\Gamma_{\text{лим}} = N v_{\text{п}}, \quad (3.12)$$

где  $N$  – время от начала аварии, ч;

$v_{\text{п}}$  – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Скорость переноса переднего фронта облака АХОВ

В километрах в час

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

За окончательную расчетную глубину зоны заражения (глубину зоны возможного заражения) принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений:

$$\Gamma_{\text{в}} = \min \begin{cases} \Gamma_{\text{полн}}; \\ \Gamma_{\text{lim}}. \end{cases} \quad (3.13)$$

**Пример 3.2.** На химическом предприятии произошла авария на технологическом трубопроводе с жидким хлором, находящимся под давлением. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 40 т сжиженного хлора.

Определить глубину зоны возможного заражения хлором при времени от начала аварии 1 ч и продолжительность действия АХОВ (время испарения хлора).

Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра 5 м/с, температура воздуха 0 °С, изотермия. Разлив АХОВ на подстилающей поверхности – свободный.

**Р е ш е н и е.** 1 Так как количество разлившегося жидкого хлора неизвестно, принимаем его равным максимальному – 40 т.

2 По формуле (3.3) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:  $Q_{\text{Э1}} = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 40 = 1 \text{ т}$ .

3 По формуле (3.7) определяем время испарения хлора:

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,553}{0,052 \cdot 2,34 \cdot 1} = 0,64 \text{ ч} = 38 \text{ мин}$$

4 По формуле (3.8) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{\text{Э2}} = (1 - 0,18) \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{96}{0,05 \cdot 1,553} = 11,8 \text{ т}$$

5 По приложению В для 1 т находим глубину зоны заражения для первичного облака:  $\Gamma_1 = 1,68 \text{ км}$ .

6 Находим глубину зоны заражения для вторичного облака. Согласно приложению В, глубина зоны заражения для 10 т составляет 5,53 км, а для 20 т – 8,19 км. Интерполированием находим глубину зоны заражения для 11,8 т:

$$\Gamma_2 = 5,53 + \frac{8,19 - 5,53}{20 - 10} \cdot (11,8 - 10) = 6,0 \text{ км}$$

7 По формуле (3.11) находим полную глубину зоны заражения:

$$\Gamma_{\text{полн}} = 6 + 0,5 \cdot 1,68 = 6,84 \text{ км}$$

8 По формуле (3.12) находим предельно возможные значения глубины переноса воздушных масс:  $\Gamma_{\text{lim}} = 1 \cdot 29 = 29 \text{ км}$ .

Таким образом, глубина зоны заражения хлором в результате аварии может составить 6,84 км; продолжительность действия источника заражения – 38 мин.

**Пример 3.3.** Оценить, на каком расстоянии через 4 ч после аварии будет сохраняться опасность поражения населения в зоне химического заражения при разрушении изотермического хранилища аммиака емкостью 30 000 т.

Высота обваловки емкости – 3,5 м. Температура воздуха 20 °С.

**Решение.** 1 Поскольку метеоусловия и выброс неизвестны, то, согласно методике прогнозирования, принимается: метеоусловия – инверсия, скорость ветра – 1 м/с, выброс равен общему количеству вещества, содержащегося в емкости, – 30 000 т.

2 По формуле (3.3) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:  $Q_{Э1} = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 30000 = 12 \text{ т}$ .

3 По формуле (3.7) определяем время испарения аммиака:

$$T = \frac{(3,5 - 0,2) \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 89,94 \text{ ч.}$$

4 По формуле (3.8) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{Э2} = (1 - 0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4^{0,8} \cdot 1 \cdot \frac{30000}{(3,5 - 0,2) \cdot 0,681} = 40 \text{ т.}$$

5 По приложению В для 12 т интерполированием находим глубину заражения для первичного облака аммиака:

$$Г_1 = 19,20 + \frac{29,56 - 19,20}{20 - 10} \cdot (12 - 10) = 21,3 \text{ км.}$$

6 Аналогично для 40 т находим глубину заражения для вторичного облака аммиака:

$$Г_2 = 38,13 + \frac{52,67 - 38,13}{50 - 30} \cdot (40 - 30) = 45,4 \text{ км.}$$

7 По формуле (3.11) находим полную глубину зоны заражения:

$$Г_{\text{полн}} = 45,4 + 0,5 \cdot 21,3 = 56,05 \text{ км.}$$

8 По формуле (3.12) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:  $Г_{\text{lim}} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ км}$ .

Таким образом, через 4 ч после аварии облако зараженного воздуха может представлять опасность для населения, проживающего на расстоянии до 20 км.

**Пример 3.4.** На участке аммиакопровода произошла авария, сопровождавшаяся выбросом аммиака. Объем выброса не установлен. Требуется определить глубину зоны возможного заражения аммиаком через 2 ч после аварии. Разлив аммиака на подстилающей поверхности свободный. Температура воздуха +20 °С.

**Решение.** 1 Так как объем разлившегося аммиака неизвестен, то, согласно методике прогнозирования, принимаем его равным 500 т – максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими. Метеоусловия, согласно методике, принимаются: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

2 По формуле (3.3) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:  $Q_{Э1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500 = 3,6 \text{ т}$ .

3 По формуле (3.7) определяем время испарения аммиака:  $T = \frac{0,05 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 1,36 \text{ ч}$ .

4 По формуле (3.8) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{Э2} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4^{0,8} \cdot 1 \cdot \frac{5000}{0,05 \cdot 0,681} = 15,8 \text{ т.}$$

5 По приложению В для 3,6 т интерполированием находим глубину зоны заражения для первичного облака:

$$\Gamma_1 = 9,18 + \frac{12,53 - 9,18}{5 - 3} \cdot (3,6 - 3) = 10,2 \text{ км.}$$

6 По приложению В для 15,8 т интерполированием находим глубину зоны заражения для вторичного облака:

$$\Gamma_2 = 19,2 + \frac{29,56 - 19,20}{20 - 10} \cdot (15,8 - 10) = 25,2 \text{ км.}$$

7 По формуле (3.11) находим полную глубину зоны заражения:

$$\Gamma_{\text{полн}} = 25,2 + 0,5 \cdot 10,2 = 30,3 \text{ км.}$$

8 По формуле (3.12) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:  $\Gamma_{\text{lim}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ км.}$

Таким образом, глубина зоны возможного заражения через 2 ч после аварии составит 10 км.

В случае разрушения химически опасного объекта при прогнозировании глубины зоны заражения рекомендуется брать данные на одновременный выброс суммарного запаса АХОВ на объекте и следующие метеорологические условия: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Эквивалентное количество АХОВ в облаке зараженного воздуха определяется аналогично рассмотренному в методе для вторичного облака при свободном разливе. При этом суммарное эквивалентное количество  $Q_3$  рассчитывается по формуле:

$$Q_3 = 20K_4K_5 \sum_{i=1}^n \left( K_{2i}K_{3i}K_{6i}K_{7i} \frac{Q_i}{d_i} \right), \quad (3.14)$$

где  $K_{2i}$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств  $i$ -го АХОВ;

$K_{3i}$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе  $i$ -го АХОВ;

$K_{6i}$  – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после разрушения объекта;

$K_{7i}$  – поправка на температуру для  $i$ -го АХОВ;

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

$d_i$  – плотность  $i$ -го АХОВ, т/м<sup>3</sup>.

Полученные интерполированием по приложению В значения глубины зоны заражения  $\Gamma_v$  в зависимости от рассчитанного значения  $Q_3$  и скорости ветра сравниваются с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $\Gamma_{\text{lim}}$ .

За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.



**Пример 3.5.** На химически опасном объекте сосредоточены запасы АХОВ, в том числе хлора – 30 т, аммиака – 150 т, нитрила акриловой кислоты – 200 т. Определить глубину зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта, – 3 ч. Температура воздуха 0 °С.

Решение. 1 По формуле (3.7) определяем время испарения АХОВ:

$$\text{аммиака} - T = \frac{0,05 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 1,36 \text{ ч};$$

$$\text{хлора} - T = \frac{0,05 \cdot 1,553}{0,052 \cdot 1 \cdot 1} = 1,49 \text{ ч};$$

$$\text{нитрила акриловой кислоты} - T = \frac{0,05 \cdot 0,806}{0,007 \cdot 1 \cdot 0,4} = 14,39 \text{ ч}.$$

2 По формуле (3.14) рассчитываем суммарное эквивалентное количество АХОВ в облаке зараженного воздуха:

$$Q_3 = 20 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left( 0,052 \cdot 1 \cdot 1,49^{0,8} \cdot 1 \cdot \frac{30}{1,553} + 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1,36^{0,8} \cdot 1 \cdot \frac{150}{0,681} + 0,007 \cdot 0,8 \cdot 3^{0,8} \times \right. \\ \left. \times 0,4 \cdot \frac{200}{0,806} \right) = 60 \text{ т}.$$

3 По приложению В интерполированием находим глубину зоны заражения:

$$Г = 52,67 + \frac{65,23 - 52,67}{70 - 50} \cdot (60 - 50) = 59 \text{ км}.$$

4 По формуле (3.12) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:  $Г_{\text{lim}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ км}$ .

Таким образом, глубина зоны заражения в результате разрушения химически опасного объекта может составить 15 км.

**Площадь зоны возможного заражения** – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако зараженного воздуха.

Площадь зоны возможного заражения для первичного (вторичного) облака АХОВ определяется по формуле:

$$S_{\text{в}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma_{\text{в}}^2 \varphi, \quad (3.15)$$

где  $S_{\text{в}}$  – площадь зоны возможного заражения АХОВ, км<sup>2</sup>;

$\Gamma_{\text{в}}$  – глубина зоны заражения, км;

$\varphi$  – угловые размеры зоны возможного заражения (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ

Скорость ветра ( $v_{\text{в}}$ ), м/с	$\leq 0,5$	0,6–1	1,1–2	$> 2$
$\varphi$ , град	360	180	90	45

**Площадь зоны фактического заражения** – площадь территории, приземный слой воздуха на которой заражен парами (аэрозолем) ядовитого вещества в опасных концентрациях для жизни или здоровья людей.

Площадь зоны фактического заражения, км<sup>2</sup>,

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma_B^2 N^{0,2}, \quad (3.16)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы, который принимается равным: 0,081 – при инверсии; 0,133 – при изотермии; 0,235 – при конвекции;

$N$  – время, прошедшее после начала аварии, ч.

**Пример 3.6.** В результате аварии на химически опасном объекте образовалась зона заражения глубиной 10 км. Скорость ветра составляет 2 м/с, инверсия. Определить площадь зоны заражения, если после начала аварии прошло 4 ч.

**Решение.** 1 По формуле (3.15) рассчитываем площадь зоны возможного заражения:  $S_{\phi} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \cdot 90 = 78,5 \text{ км}^2$ .

2 По формуле (3.16) рассчитываем площадь зоны фактического заражения:  $S_{\phi} = 0,081 \cdot 10^2 \cdot 4^{0,2} = 10,7 \text{ км}^2$ .

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ на картах (планах) отображаются зоны возможного химического заражения (ВХЗ) (приложение Г).

Время подхода облака АХОВ к заданному объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле:

$$t = \frac{l}{v_{\Pi}}, \quad (3.17)$$

где  $l$  – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

$v_{\Pi}$  – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

**Пример 3.7.** В результате аварии на объекте, расположенном на расстоянии 5 км от города, произошло разрушение емкости с хлором. Метеоусловия: изотермия, скорость ветра 4 м/с. Определить время подхода облака зараженного воздуха к границе города.

**Решение.** 1 Для скорости ветра 4 м/с в условиях изотермии по таблице 3.3 находим, что скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха составляет 24 км/ч.

2 Время подхода облака зараженного воздуха к городу:  $t = \frac{5}{24} = 0,2 \text{ ч}$ .

Расчет возможных общих потерь населения в очаге поражения АХОВ (человек) определяется по формуле:

$$П_0 = S_{\phi} \left[ \frac{\Gamma_r}{\Gamma} \cdot \Delta \cdot K + \left( 1 - \frac{\Gamma_r}{\Gamma} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right], \quad (3.18)$$

где  $\Gamma_r$  – глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха в городе, км;

$\Gamma$  – общая глубина распространения облака, км;

$\Delta, \Delta'$  – средняя плотность населения, соответственно, в городе и загородной зоне (чел/км<sup>2</sup>);

$K, K'$  – доля незащищенного населения в городе и загородной зоне:

$$K = 1 - n_1 - n_2, \quad (3.19)$$

$$K' = 1 - n_1' - n_2', \quad (3.20)$$

где  $n_1, n_1'$  – доли населения, обеспеченного противогазами, соответственно, в городе и в загородной зоне;

$n_2, n_2'$  – доли населения, обеспеченного убежищами, соответственно, в городе и загородной зоне.

Для оперативных расчетов принимается, что структура потерь в очаге поражения АХОВ составит: 35 % – безвозвратные; 40 % – санитарные потери тяжелой и средней форм тяжести (выход людей из строя не менее чем на 2–3 недели с госпитализацией); 25 % – санитарные потери легкой формы тяжести.

#### **4 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧС НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ. ОРГАНИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ**

Предупреждение чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах непосредственно связано с соблюдением правил по обеспечению промышленной безопасности, которые являются техническими нормативными правовыми актами, устанавливающими обязательные для соблюдения требования промышленной безопасности, и разрабатываются с учетом научно-технических достижений и требований международных правил и норм. Правила утверждаются Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Идентификация опасного производственного объекта проводится субъектом промышленной безопасности до ввода его в эксплуатацию

Субъект промышленной безопасности обязан иметь декларацию промышленной безопасности на эксплуатируемые им опасные производственные объекты I и II типов опасности, утвержденную руководителем субъекта промышленной безопасности.

Декларация промышленной безопасности подлежит пересмотру субъектом промышленной безопасности в случаях реконструкции, технического перевооружения, консервации опасного производственного объекта, изменения технологических процессов, требований промышленной безопасности, но не реже одного раза в пять лет с даты ее утверждения руководителем субъекта промышленной безопасности.

Сведения, содержащиеся в декларации промышленной безопасности, относятся к служебной информации ограниченного распространения.

Защита от АХОВ представляет собой комплекс мероприятий, осуществляемых в целях исключения или максимального ослабления поражения персонала предприятия и населения, проживающего вблизи химически опасного объекта.

В организацию надежной защиты населения положены два основных принципа:

- заблаговременность подготовки органов управления, сил и средств ГСЧС и обучение населения способам защиты от АХОВ;

- дифференцированный подход к выбору способов защиты и мероприятий, их обеспечивающих, с учетом степени потенциальной опасности для проживания людей.

Заблаговременная подготовка включает организационные и инженерно-технические мероприятия по предупреждению возможных аварий на химических опасных объектах, которые направлены как на выявление, так и на устранение причин аварий, максимальное снижение возможных разрушений и потерь. Они должны также создать условия для быстрой локализации и ликвидации последствий ЧС.

Объем и порядок осуществления мероприятий по защите персонала предприятия и населения во многом зависят от конкретной обстановки, которая может сложиться в результате химически опасной аварии, наличия времени, сил и средств для осуществления мероприятий по защите и других факторов.

Дифференцированный подход заключается в поисках конкретных способов защиты населения, которые устанавливаются на основе анализа обстановки, складывающейся при аварии на химически опасных объектах, наличия времени, сил и средств.

Основные способы защиты населения от АХОВ:

- использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и защитных сооружений;

- временное укрытие населения в жилых и производственных зданиях;

- эвакуация людей из зон возможного заражения.

Каждый из перечисленных способов может применяться самостоятельно либо в сочетании с другими, в зависимости от конкретной обстановки.

Защита от АХОВ, прежде всего, организуется и осуществляется на самих химически опасных объектах, где основное внимание уделяется мероприятиям по предупреждению возможных аварий. Они носят как организационный, так и инженерно-технический характер и направлены на выявление и устранение причин аварий, максимальное снижение возможных разрушений и потерь, а также на создание условий для своевременного проведения локализации и ликвидации возможных последствий аварии.

Основное значение в мероприятиях по защите персонала предприятия и населения уделяется оповещению о химически опасных авариях. Своевременное оповещение персонала предприятия и населения позволяет снизить вероятность поражения людей. С этой целью на химически опасных предприятиях и вокруг них создаются локальные системы оповещения персонала объектов и населения близлежащих районов. Системы оповещения включают в себя аппаратуру и обслуживающий ее персонал.

Оповещение населения об угрозе поражения АХОВ возлагается на дежурных диспетчеров химически опасных объектов и местные органы управления

ГСЧС. Проводится оно незамедлительно после установления факта аварии и прогноза о направлении распространения облака зараженного воздуха.

Население вблизи химически опасных объектов (в радиусе до 2,5 км) оповещается диспетчерской службой предприятия с использованием своих технических средств и местных каналов радиовещания; те, кто проживает на удалении более 2,5 км, – оперативными службами городских органов управления по делам ГСЧС, которые используют телевизионную, радиотрансляционную сети и мобильную связь. В информации об аварии говорится, какое вещество выброшено в окружающую среду, в каких районах (жилых кварталах) может возникнуть наибольшая опасность распространения облака зараженного воздуха, какие меры защиты необходимо принять.

Повышение устойчивости работы химически опасных объектов экономики в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени достигается заблаговременным проведением комплекса организационных, инженерно-технических и технологических мероприятий.

*Организационные мероприятия* предусматривают планирование действий руководящего, командно-начальствующего состава, штаба, служб и формирований гражданской обороны по защите рабочих и служащих предприятий, проведению *аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР)*, восстановлению производства, а также по выпуску продукции на сохранившемся оборудовании.

*Инженерно-технические мероприятия* осуществляются заранее (в мирное время) и включают комплекс работ, обеспечивающих повышение устойчивости производственных зданий и сооружений, оборудования, коммунально-энергетических систем.

*Технологические мероприятия* обеспечивают повышение устойчивости работы объекта экономики путем изменения технологического процесса, способствующего упрощению производства продукции и исключающего возможность образования вторичных поражающих факторов.

*Меры по обеспечению защиты рабочих, служащих и членов их семей* включают:

- заблаговременное строительство убежищ на предприятиях, использующих в производственных целях АХОВ;

- планирование и подготовку к эвакуации населения из районов, подверженных катастрофическим затоплениям, землетрясениям, селевым потокам и заражению вредными веществами;

- разработку режимов работы рабочих и служащих в условиях заражения местности вредными веществами;

- обучение личного состава объекта выполнению работ по ликвидации очагов заражения, образованных вредными веществами;

- накопление для всех рабочих и служащих объекта средств индивидуальной защиты, их хранение и поддержание в готовности;

- обучение рабочих, служащих и членов их семей способам защиты при утечке вредных веществ;

– организацию и поддержание в постоянной готовности системы оповещения рабочих и служащих объекта и проживающего вблизи объекта населения об опасности поражения АХОВ и радиоактивных веществ;

– исключение возможности скопления на территории объекта большого количества людей, чем позволяет вместимость имеющихся убежищ.

К числу мероприятий, проводимых с целью уменьшения разрушения и поражения объектов от вторичных факторов при чрезвычайных ситуациях, относятся следующие:

– максимально возможное сокращение запасов АХОВ на промежуточных складах и технологических емкостей предприятия до необходимого уровня;

– защита емкостей для хранения АХОВ от воздействия взрывов, ураганов и т. п. путем расположения их в защищенных хранилищах, заглубленных помещениях, их обвалование, устройство специальных отводов от них в более низкие участки местности (овраги, лощины и др.). При обваловании сооружений высота вала рассчитывается на удержание полного объема жидкости, которая может вытекать при разрушении емкости;

– определение возможности сокращения или отказа от применения в производстве сильнодействующих ядовитых веществ и перехода на их заменители. Если перейти на заменители невозможно, разрабатываются способы нейтрализации особо опасных веществ;

– применение приспособлений, исключающих разлив АХОВ по территории предприятия: строительство подземных хранилищ, устройство самозакрывающихся и обратных клапанов, поддонов, ловушек и амбаров с направленным стоком, земляных валов, заглубление в грунт технологических коммуникаций; обеспечение надежной герметизации стыков и соединений в транспортирующих трубопроводах; оборудование плотно закрывающимися крышками всех аппаратов и емкостей с легковоспламеняющимися и сильнодействующими ядовитыми веществами;

– создание запасов нейтрализующих веществ (щелочей, кальцинированной соды и др.) в цехах, где используются ядохимикаты;

– внедрение автоматической сигнализации в цехах, которая позволила бы предотвратить аварии, взрывы, загазованность территории и т. п.;

– размещение складов ядохимикатов, легковоспламеняющихся жидкостей и других опасных веществ с учетом направления господствующих ветров;

– сведение до минимума возможности возникновения пожаров путем установки водяных завес, устройства противопожарных разрывов, обеспечения маневра пожарных сил и средств в период тушения или локализации пожаров, сооружения противопожарных резервуаров с водой, искусственных водоемов, применения огнестойких конструкций и т. д.;

– заглубление линий энергоснабжения и установка автоматических отключающих устройств, чтобы исключить воспламенение материалов при коротких замыканиях;

– установка в хранилищах взрывоопасных веществ (сжатых газов, летучих жидкостей, генераторов ацетилена и др.), устройств, локализирующих

разрушительный эффект взрыва: вышибных панелей, самооткрывающихся окон, различного рода клапанов-отсекателей.

На планирование мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях, влияет обеспечение максимальной эффективности проводимых мероприятий.

Под *эффективностью проводимых мероприятий по повышению устойчивости функционирования* объекта экономики понимается степень соответствия их результатов интересам достижения определённой цели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» предусмотрено создание и поддержание в пригодном к использованию состоянии систем наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий на опасных производственных объектах в случае аварии. Во исполнение этого требования на 96,7 % аммиачно-холодильных установок Республики Беларусь функционируют специализированные системы контроля обстановки и оповещения при авариях с выбросом аммиака. Аналогичные комплексы действуют и на предприятиях концерна Белнефтехим. Данные, поступающие от комплексов мониторинга состояния отдельных объектов хозяйствования, концентрируются и анализируются в 50 центрах оперативного управления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Реализованное в соответствии с данной методикой программное обеспечение созданных аппаратно-программных комплексов позволяет прогнозировать максимально возможную зону заражения для метеорологических условий, сложившихся на момент аварии. Эта методика изложена в настоящем учебно-методическом пособии.

В тоже время, как свидетельствуют результаты испытаний и эксплуатации этих комплексов, метеорологические условия зачастую меняются в течение достаточно короткого промежутка времени.

В рамках выполнения проекта «Разработка базовых элементов технологии визуализации зон заражения аварийно-химическими опасными веществами при авариях на химически опасных объектах при изменяющихся метеорологических условиях», профинансированного Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, в Белорусском государственном университете разработаны теоретические основы расчета линейных и угловых размеров зон заражения аварийно опасными химическими веществами в изменяющихся метеорологических условиях. Предложен оригинальный способ расчета и визуализации зон заражения в изменяющихся метеорологических условиях с использованием матриц по предложенной методике. В итоге можно получить зоны заражения для неограниченного количества изменений метеорологических условий.

Предложенная методика позволила разработать алгоритм и программное обеспечение автоматизированного прогнозирования зон максимального заражения в изменяющихся метеорологических условиях.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(справочное)

**Характеристики аварийно химически опасных веществ**

АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг·мин/л
	газ	жидкость		
1 Акролеин	–	0,839	52,7	0,2*
2 Аммиак: хранение под давлением изотермическое хранение	0,0008	0,681	–33,42	15
	–	0,681	–33,42	15
3 Ацетонитрил	–	0,786	81,6	21,6*
4 Ацетонциангидрин	–	0,932	120	1,9*
5 Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	–62,47	0,2*
6 Водород фтористый	–	0,989	19,52	4
7 Водород хлористый	0,0016	1,191	–85,10	2
8 Водород бромистый	0,0036	1,490	–66,77	2,4*
9 Водород цианистый	–	0,687	25,7	0,2
10 Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*
11 Метиламин	0,0014	0,699	–6,5	1,2*
12 Метил бромистый	–	1,732	3,6	1,2*
13 Метил хлористый	0,0023	0,983	–23,76	10,8*
14 Метилакрилат	–	0,953	80,2	6*
15 Метилмеркаптан	–	0,867	5,95	1,7*
16 Нитрил акриловой кислоты	–	0,806	77,3	0,75
17 Окислы азота	–	1,491	21,0	1,5
18 Окись этилена	–	0,882	10,7	2,2*
19 Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	–10,1	1,8
20 Сероводород	0,0015	0,964	–60,35	1
21 Сероуглерод	–	1,263	46,2	45
22 Соляная кислота (концентриров.)	–	1,198	–	2
23 Триметиламин	–	0,671	2,9	6*
24 Формальдегид	–	0,815	–19,0	0,6*
25 Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6
26 Фтор	0,0017	1,512	–188,2	0,2*
27 Фосфор треххлористый	–	1,570	75,3	3
28 Фосфора хлорокись	–	1,675	107,2	0,06*
29 Хлор	0,0032	1,553	–34,1	0,6
30 Хлорпикрин	–	1,658	112,3	0,02
31 Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75
32 Этиленимин	–	0,838	55,0	4,8
33 Этиленсульфид	–	1,005	55,0	0,1*
34 Этилмеркаптан	–	0,839	35	2,2*

\*Приведены расчетные значения токсодоз.



**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
(справочное)

**Вспомогательные коэффициенты для определения глубины ЗХЗ**

АХОВ	Значения вспомогательных коэффициентов							
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</sub> для температуры воздуха (°С)				
				-40	-20	0	20	40
1 Акролеин	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2
2 Аммиак:								
хранение под давлением	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
изотермическое хранение	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
3 Ацетонитрил	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6
4 Ацетонциангидрин	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
5 Водород мышьяковистый	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
6 Водород фтористый	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1/1	1
7 Водород хлористый	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
8 Водород бромистый	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
9 Водород цианистый	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1/1	1,3
10 Диметиламин	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1
11 Метиламин	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
12 Метил бромистый	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
13 Метил хлористый	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
14 Метилакрилат	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1
15 Метилмеркаптан	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1
16 Нитрил акриловой кислоты	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
17 Окислы азота	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
18 Окись этилена	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
19 Сернистый ангидрид	0,11	0,049	0,333	0/0,02	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
20 Сероводород	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
21 Сероуглерод	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
22 Соляная кислота (конц.)	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
23 Триметиламин	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1
24 Формальдегид	0,19	0,034	1,0	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
25 Фосген	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
26 Фтор	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
27 Фосфор треххлористый	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
28 Фосфора хлорокись	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
29 Хлор	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
30 Хлорпикрин	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
31 Хлорциан	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
32 Этиленмин	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
33 Этиленсульфид	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
34 Этилмеркаптан	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

*Примечание* – Значения K<sub>7</sub> в числителе для 1-го, в знаменателе – для 2-го облака.

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(справочное)

**Глубина зоны химического заражения**

В километрах

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,2	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,8	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т									
	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	38,1	52,7	65,2	81,9	166	231	288	363	572	
2	21,0	28,7	35,4	44,1	87,8	121	150	189	295	
3	15,2	20,6	25,2	31,3	61,5	84,5	104	130	202	
4	10,3	16,4	20,1	24,8	48,2	65,92	81,17	101	157	
5	9,06	13,9	16,9	20,8	40,1	54,67	67,15	83,6	129	
6	8,14	12,1	14,8	18,1	34,7	47,09	56,72	71,7	110	
7	7,42	10,9	13,2	16,2	30,7	41,63	50,93	63,2	96,30	
8	6,86	9,90	12,0	14,7	27,8	37,49	45,79	56,7	86,20	
9	6,50	9,12	11,0	13,5	25,4	34,24	41,76	51,6	78,30	
10	6,20	8,50	10,2	12,5	23,5	31,61	38,50	47,5	71,90	
11	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,2	66,62	
12	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,3	62,20	
13	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,9	58,44	
14	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	29,95	36,8	55,20	
15 и более	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	28,48	35	52,37	

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(справочное)

**Обращение зон возможного химического заражения на картах (схемах)**

Скорость ветра, (м/с)	Угловые размеры зоны ВХЗ, (град)	Вид зоны ВХЗ	Поясняющая надпись	Графическое изображение зоны ВХЗ
0,5 и менее	360	Окружность	<u>хлор – 10</u> 6.00 1.07	
0,6–1,0	180	Полуокружность	<u>хлор – 5</u> 7.00 1.08	
1,1–2,0	90	Сектор	<u>хлор – 8</u> 5.00 3.06	
Более 2,0	45	Сектор	<u>аммиак – 10</u> 4.00 5.03	
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Зона фактического заражения (отмечена пунктиром) имеет форму эллипса, входит в зону ВХЗ и обычно не наносится на карты (схему) ввиду возможного перемещения облака АХОВ.</p> <p>2 В числителе – тип и количество выброшенного АХОВ (т), в знаменателе – время (ч) и дата (день и месяц) аварии.</p>				

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 О промышленной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 5 января 2016 г. № 354-З / Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь, 14.01.2016, 2/2352. – 36 с.

2 ТКП 304–2011 (02300) «Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций» : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск, 2011. – 40 с.

3 ТКП 112–2011 (02300) «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны» : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Минск, 2011. – 27 с.

4 Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253–90. – Л. : Гидрометеоиздат, 1991. – 24 с.

3 **Клюев, В. А.** Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций : методические рекомендации / В. А. Клюев. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2014. – 51 с.

4 **Пустовит, В. Т.** Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : курс лекций. Ч. I / В. Т. Пустовит. – Минск : Акад. упр. при Президенте Республики Беларусь, 2005. – 192 с.

5 Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : курс лекций / Г. А. Чернушевич [и др.]. – Минск : БГТУ, 2014. – 260 с.

6 **Бражников, М. М.** Оценка химической обстановки в чрезвычайных ситуациях : метод. пособие / М. М. Бражников, И. И. Кирвель, А. С. Калинович. – Минск : БГУИР, 2010. – 26 с.

7 Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций : учеб. / В. А. Седнев [и др.]. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. – 229 с.

8 Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях : учеб.-метод. пособие / В. В. Перетрухин [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 105 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Химически опасные объекты, их классификация .....	4
2 Аварийно химически опасные вещества, их характеристики и влияние на организм человека .....	7
3 Прогнозирование возможной обстановки при авариях на химически опасных объектах .....	13
4 Предупреждение ЧС на химически опасных объектах. Организация мероприятий химической защиты.....	26
Заключение .....	30
Приложение А. Характеристики аварийно химически опасных веществ.....	31
Приложение Б. Вспомогательные коэффициенты для определения глубины ЗХЗ.....	32
Приложение В. Глубина зоны химического заражения .....	33
Приложение Г. Отображение зон возможного химического заражения на картах (схемах) .....	34
Список литературы.....	35

Учебное издание

*КИШКУН Александр Николаевич*

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА**

Учебно-методическое пособие

Редактор Л. С. Р е п и к о в а  
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а  
Компьютерный набор и верстка – А. Н. К и ш к у н

Подписано в печать 09.04.2018. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,38. Тираж 200 экз.  
Зак. № 1058. Изд. № 12.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель