УТВЕРЖДЕНО
Приказ Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациями ликвидации последствий стихийных бедствий
Донецкой Народной Республики
09.06.2015 № 354

Зарегистрировано в Министерстве юстиции Донецкой Народной Республики за регистрационным № 238 от 29.06.2015 г.

# МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ ЗАРАЖЕНИЯ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПРИ АВАРИЯХ (РАЗРУШЕНИЯХ) НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ И ТРАНСПОРТЕ

Методика предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов аварийно химически опасных веществ в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте.

Предназначена для использования в органах исполнительной власти Донецкой Народной Республики, администрациях в городах, районах, районах в городах и объектах при планировании мероприятий по защите рабочих, служащих и населения от аварийно химически опасных веществ и принятия мер защиты непосредственно после аварии.

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.2. Настоящая Методика позволяет осуществлять прогнозирование масштабов зон заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов.

1.2. Методика распространяется на случай выброса аварийно химически опасных веществ в атмосферу в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии.

1.3. Масштабы заражения аварийно химически опасными веществами в зависимости от их физических свойств и агрегатного состояния рассчитываются по первичному и вторичному облаку, например:

для сжиженных газов – отдельно по первичному и вторичному облаку;

для сжатых газов – только по первичному облаку;

для ядовитых жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, – только по вторичному облаку.

1.4. Исходные данные для прогнозирования масштабов заражения аварийно химически опасных веществ:

общее количество аварийно химически опасных веществ на объекте и данные по размещению их запасов в емкостях и технологических трубопроводах;

количество аварийно химически опасных веществ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива на подстилающей поверхности ("свободно", "в поддон" или "обваловку");

высота поддона или обваловки складских емкостей;

метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 метров (на высоте флюгера), степень вертикальной устойчивости воздуха.

1.5. При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения на случай производственных аварий в качестве исходных данных рекомендуется принимать: за величину выброса аварийно химически опасных веществ (Qo) – его содержание в максимальной по объёму единичной ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.),

метеорологические условия – инверсия, скорость ветра – 1 м/с, температура окружающего воздуха – $+20^{o}C$, направление ветра – равновероятное от 0 до $360^{o}$.

Для прогноза масштабов заражения непосредственно после аварии должны браться конкретные данные о количестве выброшенных (разлившихся) аварийно химически опасных веществ и реальные метеоусловия.

1.6. Внешние границы зоны заражения аварийно химически опасными веществами рассчитываются по пороговой токсодозе при ингаляционном воздействии на организм человека.

Порядок нанесения зон заражения на топографические карты изложен в Приложении 3 к настоящей Методике.

1.7. Принятые допущения:

ёмкости, содержащие аварийно химически опасные вещества, при авариях разрушаются полностью;

толщина слоя жидкости для аварийно химически опасных веществ (**h**), разлившихся свободно на подстилающей поверхности, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива; для аварийно химически опасных веществ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется из соотношений:

при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование)

$$\mathbf{h = H - 0{,}2,}$$

где: **H** – высота поддона (обвалования), м;

при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обвалование),

$$\mathbf{h = \frac{Q_o}{F \cdot d}}$$

где:

**$Q_o$** – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;

**d** – плотность аварийно химически опасных веществ, т/куб. м;

**F** – реальная площадь разлива в поддон (обвалование), кв. м;

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

при авариях на газо- и продуктопроводах величина выброса аварийно химически опасных веществ принимается равной его максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекателями, например, для аммиакопроводов – 275 - 500 т.

## 1.8. Термины и определения

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

**Зона заражения АХОВ** – территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены опасные химические вещества в количествах, создающих опасность для людей, сельскохозяйственных животных в течение определённого времени.

Под **прогнозированием масштаба заражения аварийно химически опасными веществами** понимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

Под **аварией** понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств при осуществлении перевозок и т.п., приводящие к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, представляющих опасность массового поражения людей и животных.

Под **разрушением химически опасного объекта** следует понимать его состояние в результате катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

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

**Санитарно-защитная зона** – зона, отделяющая жилые и общественные здания от промышленных предприятий, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, которые являются источниками химических, физических и биологических воздействий на состояние окружающей среды и здоровье людей.

**Первичное облако** – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1 – 3 мин.) перехода в атмосферу части содержимого ёмкости с АХОВ при её разрушении.

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

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

Под **эквивалентным количеством аварийно химически опасного вещества** понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного вещества, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

**Площадь зоны фактического заражения аварийно химически опасными веществами** – площадь территории, зараженной АХОВ в опасных для жизни пределах.

**Площадь зоны возможного заражения аварийно химически опасными веществами** – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

## II. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЛУБИН ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ АХОВ

Расчёт глубины зоны заражения АХОВ ведётся с помощью данных, приведённых в табл. П1 – П3 Приложения 1 и Приложения 2.

Значение глубины зоны заражения при аварийном выбросе (разливе) АХОВ определяется по табл. П1 и табл. Приложения 2 в зависимости от количественных характеристик выброса и скорости ветра.

### 2.1. Определение количественных характеристик выброса АХОВ

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

#### *2.1.1. Определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку.*

Эквивалентное количество вещества по первичному облаку (в тоннах) определяется по формуле:

$$\mathbf{Q_{э1} = K_1 * K_3 * K_5 * K_7 * Q_o,} \qquad (1)$$

где:

$\mathbf{K_1}$ – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ, – табл. П2 (для сжатых газов $K_1 = 1$);

$\mathbf{K_3}$ – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (табл. П2);

$\mathbf{K_5}$ – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха: принимается равным для инверсии – 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08;

**$K_7$** – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, – табл. П2 (для сжатых газов $K_7 = 1$);

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

При авариях на хранилищах сжатого газа величина $Q_o$ рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{Qo = d * Vx,} \tag{2}$$

где:

**d** – плотность АХОВ, т/куб. м (табл. П2);

**Vx** – объем хранилища, куб. м.

При авариях на газопроводе величина Qo рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{Qo} = \frac{n * d * V_г}{100}, \tag{3}$$

где:

**n** – процентное содержание АХОВ в природном газе;

**d** – плотность АХОВ, т/куб. м (табл. П2);

**Vг** – объем секции газопровода между автоматическими отсекателями, куб. м.

При определении величины $Q_{э1}$ для сжиженных газов, не вошедших в табл. П2, значение коэффициента $K_7$ принимается равным 1, а значение коэффициента $K_1$ рассчитывается по соотношению:

$$\mathbf{K_1} = (C_p * (-T)/H_{исп}, \tag{4}$$

где:

**$C_p$** – удельная теплоёмкость жидкого АХОВ, кДж/кг. град;

Δ(ДЕЛЬТА) **T** – разность температур жидкого АХОВ до и после разрушения ёмкости, град. С;

Δ(ДЕЛЬТА) **$H_{исп}$** – удельная теплота испарения жидкого АХОВ при температуре испарения, кДж/кг.

2.1.2. Определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку.

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{Q_{э2} = (1 - K_1) * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7 *} \frac{Q_o}{h * d}. \tag{5}$$

где:

**$K_2$** – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (табл. П2);

**$K_4$** – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. П3);

**$K_6$** – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии **N**;

значение коэффициента определяется после расчёта продолжительности испарения вещества Т согласно п. 4.2.

$$\mathbf{K_6} = \begin{cases} \mathbf{N^{0,8}} \text{ при } \mathbf{N < T} \\ \mathbf{T^{0,8}} \text{ при } \mathbf{N >= T;} \end{cases}$$ при Т < 1 час $K_6$ принимается для 1 часа;

**d** – плотность АХОВ, т/куб. м (табл. П2);

**h** – толщина слоя АХОВ, м.

При определении величины $Q_{э2}$ для веществ, не вошедших в табл. П2, значение коэффициента $K_7$ принимается равным 1, а значение коэффициент $K_2$ определяется по формуле:

$$\mathbf{K_2 = 8{,}10 * 10^{-6} * P * \sqrt{M}}, \qquad (6)$$

где:

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

**M** – молекулярный вес вещества.

## 2.2. Расчёт глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте

Расчёт глубин зон заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте ведётся с помощью табл. П1 и табл. 2.

В табл. П1 приведены максимальные значения глубин зон заражения первичным **Г1** или вторичным облаком АХОВ **Г2**, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества (его расчёт проводится согласно п. 2.1) и скорости ветра. Полная глубина зоны заражения **Г** (км), обусловленной воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется:

$$\mathbf{Г = Г' + 0{,}5\ Г''},$$

где: **Г'** – наибольший, **Г''** – наименьший из размеров Г1 и Г2. Полученное значение Г сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Гп, определяемым по формуле:

$$\mathbf{Г_п = N * V}, \qquad (7)$$

где:

**N** – время от начала аварии, ч;

**V** – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч (табл. 2).

За окончательную расчётную глубину зоны заражения принимается меньшее из 2-х сравниваемых между собой значений.

**Пример** 2.1. На химическом опасном объекте произошла авария на технологическом трубопроводе с жидким хлором, находящимся под давлением. В результате аварии возник источник заражения аварийно химически опасным веществом. Количество вытекшей из трубопровода жидкости не установлено. Известно, что в технологической системе содержалось 40 т сжиженного хлора. Требуется определить глубину возможного заражения хлором при времени от начала аварии 1 ч и продолжительность действия источника заражения.

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

**Решение**. 1. Так как объем разлившегося жидкого хлора неизвестен, то для расчёта согласно п. 1.5 принимаем его равным максимальному количеству в системе – 40 т.

2. По формуле (1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:

$$Q_{э1} = 0{,}18 * 1 * 0{,}23 * 0{,}6 * 40 = 1 \text{ т.}$$

3. По формуле (12) определяем время испарения хлора:

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

4. По формуле (5) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{э2} = (1 - 0{,}18) * 0{,}052 * 1 * 2{,}34 * 0{,}23 * 1 * 1 * \frac{40}{0{,}05 \times 1{,}553} = 11{,}8 \text{ т.}$$

5. По табл. П1 для 1 т находим глубину зоны заражения первичным облаком Г1 – 1,68 км.

6. Находим глубину зоны заражения вторичным облаком. По табл. П1 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.

$$Г_2 = 5{,}53 + \left(\frac{8{,}19 - 5{,}53}{20 - 10}\right) * (11{,}8 - 10) = 6{,}0 \text{ км.}$$

7. Находим полную глубину зоны заражения:

$$Г = 6 + 0{,}5 * 1{,}68 = 6{,}84 \text{ км.}$$

8. По формуле (7) находим предельно возможные значения глубины переноса воздушных масс:

$$Г_п = 1 * 29 = 29 \text{ км.}$$

Соответственно глубина зоны заражения хлором в результате аварии может составить 6,8 км.

Продолжительность действия источника заражения – около 40 мин.

**Пример** 2.2. Необходимо оценить опасность возможного очага химического поражения через 1 час после аварии на химически опасном объекте, расположенном в южной части города. На объекте в газгольдере ёмкостью 2000 куб. м хранится аммиак. Температура воздуха +40 град. С. Граница объекта в северной его части проходит на удалении 200 м от возможного места аварии. Далее проходит на глубину 300 м санитарно-защитная зона, за которой расположены жилые кварталы.

Давление в газгольдере – атмосферное.

**Решение**. 1. Согласно п. 1.5 принимаются: метеоусловия – инверсия, скорость ветра – 1 м/с, направление ветра – 180 град.

2. По формуле (2) определяем величину выброса АХОВ:

$$Q_0 = 0{,}0008 * 2000 = 1{,}6 \text{ т.}$$

3. По формуле (1) определяем эквивалентное количество вещества в облаке АХОВ:

$$Q_{э1} = 1 * 0{,}04 * 1 * 1 * 1{,}6 = 0{,}06 \text{ т.}$$

4. По табл. П1 интерполированием находим глубину зоны заражения:

$$Г_1 = 0{,}85 + \frac{1{,}25 - 0{,}85}{0{,}05} * 0{,}01 = 0{,}93 \text{ км.}$$

5. По формуле (7) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$Г_п = 1 * 5 = 5 \text{ км.}$$

6. Расчетная глубина зоны заражения принимается равной 0,93 км.

7. Глубина заражения в жилых кварталах:

$$0{,}93 – 0{,}2 – 0{,}3 = 0{,}43 \text{ км.}$$

Таким образом, облако зараженного воздуха через 1 час после аварии может представлять опасность для рабочих и служащих химически опасного объекта, а также населения города, проживающего на удалении 430 м от санитарно-защитной зоны объекта.

**Пример** 2.3. Оценить, на каком удалении через 4 часа после аварии будет сохраняться опасность поражения населения в зоне химического заражения при разрушении изотермического хранилища аммиака ёмкостью 30 000 т.

Высота обваловки ёмкости - 3,5 м. Температура воздуха 20 град. С.

Разлив в поддон.

**Решение**. 1. Поскольку метеоусловия и величина выброса неизвестны, то согласно п. 1.5 принимается: метеоусловия – инверсия, скорость ветра – 1 м/с, величина выброса равна общему количеству вещества, содержащегося в ёмкости – 30000 т.

2. По формуле (1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:

$$Q_{э1} = 0{,}01 * 0{,}04 * 1 * 1 * 30000 = 12 \text{ т.}$$

3. По формуле (12) определяем время испарения аммиака:

$$T = \frac{(3{,}5 - 0{,}2) \times 0{,}681}{0{,}025 \cdot 1 \cdot 1} = 89{,}9 \text{ ч.}$$

4. По формуле (5) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{э2} = (1 - 0{,}01) * 0{,}025 * 0{,}04 * 1 * 1 * 4^{0,8} * \frac{1 \times 30000}{(3{,}5 - 0{,}2) \times 0{,}681} = 40 \text{ т.}$$

5. По табл. П1 Приложения 1 для 12 т интерполированием находим глубину заражения первичным облаком аммиака:

$$Г_1 = 19{,}20 + \left(\frac{29{,}56 - 19{,}20}{20 - 10} * 2\right) = 21{,}3 \text{ км.}$$

6. Аналогично для 40 т находим глубину заражения вторичным облаком аммиака:

$$Г_2 = 38{,}13 + \left(\frac{52{,}67 - 38{,}13}{50 - 30} * 10\right) = 45{,}4 \text{ км.}$$

7. Полная глубина зоны заражения:

$$Г = 45{,}4 + 0{,}5 * 21{,}3 = 56{,}05 \text{ км.}$$

8. По формуле (7) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$Г_п = 4 * 5 = 20 \text{ км.}$$

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

**Пример** 2.4. На участке аммиакопровода Тольятти – Одесса произошла авария, сопровождавшаяся выбросом аммиака. Величина выброса не установлена. Требуется определить глубину возможного заражения аммиаком через 2 часа после аварии. Разлив аммиака на подстилающей поверхности – свободный.

Температура воздуха – 20 град. С.

**Решение**. 1. Так как объем разлившегося аммиака неизвестен, то согласно п. 1.7 принимаем его равным максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекателями, 500 т. Метеоусловия согласно п. 1.5 принимаются: инверсия, скорость ветра – 1 м/с.

2. По формуле (1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:

$$Q_{э1} = 0{,}18 * 0{,}04 * 1 * 1 * 500 = 3{,}6 \text{ т.}$$

3. По формуле (12) определяем время испарения аммиака:

$$T = \frac{0{,}05 \times 0{,}681}{0{,}025 \times 1 \times 1} = 1{,}4 \text{ ч}$$

4. По формуле (5) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{э2} = (1 - 0{,}18) \times 0{,}025 \times 0{,}04 \times 1 \times 1 \times 1{,}4^{0{,}8} \times 1 \times \frac{500}{0{,}05 \times 0{,}681} = 15{,}8 \text{ т}$$

5. По табл. П1 для 3,6 т интерполированием находим глубину зоны заражения первичным облаком:

$$Г_1 = 9{,}18 + \left(\frac{12{,}53 - 9{,}18}{5 - 3} * 0{,}6\right) = 10{,}2 \text{ км}$$

6. По табл. П1 для 15,8 т интерполированием находим глубину зоны заражения вторичным облаком:

$$Г_2 = 19{,}2 + \left(\frac{29{,}56 - 19{,}20}{20 - 10} * 5{,}8\right) = 25{,}2 \text{ км}$$

7. Полная глубина зоны заражения:

$$25{,}2 + 0{,}5 * 10{,}2 = 30{,}3 \text{ км}$$

8. По формуле (7) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$Г_п = 2 * 5 = 10 \text{ км}$$

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

## 2.3. Расчёт глубины зоны возможного заражения аварийно химически опасными веществами при разрушении химически опасного объекта

В случае разрушения химически опасного объекта при прогнозировании глубины заражения АХОВ 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 п. 2.1.2 методу для вторичного облака при свободном разливе. При этом суммарное эквивалентное количество $Q_э$ рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{Q_э = 20 * K_4 * K_5 * \sum_{i=1}^{n} K_{2i} * K_{3i} * K_{6i} * K_{7i} * \frac{Q_i}{d_i}} \qquad (8)$$

где:

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

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

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

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

$\mathbf{Q_i}$ – запасы i-го АХОВ на объекте, т;

$\mathbf{d_i}$ – плотность i-го АХОВ, т/куб. м.

Полученные по табл. П1 значения глубины зоны заражения Г в зависимости от рассчитанной величины $Q_э$ и скорости ветра сравниваются с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс $Г_п$ (формула 7). За окончательную расчётную глубину зоны заражения принимается меньшее из 2-х сравниваемых между собой значений.

**Пример** 2.5. На химически опасном объекте сосредоточены запасы АХОВ, в т.ч. 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 град. С.

**Решение**. 1. По формуле (12) определяем время испарения АХОВ:

$$\text{хлора } T = \frac{0{,}05 * 1{,}55_3}{0{,}052 * 1 * 1} = 1{,}49 \text{ ч};$$

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

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

2. По формуле (8) рассчитываем суммарное эквивалентное количество АХОВ в облаке зараженного воздуха:

$$Q_э = 20 * 1 * 1 * (0{,}052 * 1 * 1{,}49^{0{,}8} * 1 * + 0{,}025 * 0{,}04 * 1{,}36^{0{,}8} * 1 * \frac{150}{0{,}681} + 0{,}07 * 0{,}8 * 3^{0{,}8} * 0{,}4 * \frac{200}{0{,}806}) = 60 \text{ т}$$

3. По табл. П1 интерполированием находим глубину зоны заражения:

$$Г_п = 52{,}67 + (\frac{65{,}23 - 52{,}67}{70 \quad 50} * 10) = 59 \text{ км}$$

4. По формуле (7) находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$Г = 3 * 5 = 15 \text{ км}.$$

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

## III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗОНЫ ЗАРАЖЕНИЯ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Площадь зоны возможного заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ определяется по формуле:

$$\mathbf{S_в = 8{,}72 * 10^{-3} * Г^2 * \varphi}, \qquad (9)$$

где:

**$S_в$** – площадь зоны возможного заражения АХОВ, кв. км;

**Г** – глубина зоны заражения, км;

**φ** – угловые размеры зоны возможного заражения, град.

Таблица 1

**УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ ЗОНЫ ВОЗМОЖНОГО ЗАРАЖЕНИЯ АХОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВЕТРА U**

| **U, м/с** | < 0,5 | 0,6 – 1 | 1,1 – 2 | > 2 |
|---|---|---|---|---|
| **φ, град.** | 360 | 180 | 90 | 45 |

Площадь зоны фактического заражения $S_ф$ в кв. км рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{S_ф = K_в * Г^2 * N^{0,2}} \qquad (10)$$

где:

**$K_в$** – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 – при инверсии; 0,133 – при изотермии; 0,235 – при конвекции;

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

**Пример** 3.1. В результате аварии на химически опасном объекте образовалась зона заражения глубиной 10 км. Скорость ветра – 2 м/с, инверсия. Определить площадь зоны заражения при времени, прошедшем после начала аварии, 4 ч.

**Решение**. 1. Рассчитываем площадь зоны возможного заражения по формуле (9):

$$S_в = 8,72 * 10^{-3} * 10^2 * 90 = 78,5 \text{ кв. км.}$$

2. Рассчитываем площадь зоны фактического заражения по формуле (10):

$$S_ф = 0,081 ** 10^2 * 4^{0,2} = 10,7 \text{ кв. км.}$$

## IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОДХОДА ЗАРАЖЕННОГО ВОЗДУХА К ОБЪЕКТУ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

### 4.1. Определение времени подхода зараженного воздуха к объекту

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

$$\mathbf{T = \frac{x}{v}} \qquad (11)$$

где:

**x** – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

**V** – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

Таблица 2

**СКОРОСТЬ ПЕРЕНОСА ПЕРЕДНЕГО ФРОНТА ОБЛАКА ЗАРАЖЕННОГО ВОЗДУХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ВЕТРА**

| Скорость ветра, м/с | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Скорость переноса, км/ч | **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** | | | | | | | | | | | |

**Пример** 4.1. В результате аварии на объекте, расположенном на расстоянии 5 км от города, произошло разрушение ёмкости с хлором.

Метеоусловия: изотермия, скорость ветра – 4 м/с.

Определить время подхода облака зараженного воздуха к границе города.

**Решение**. 1. Для скорости ветра в условиях изотермии, равной 4 м/с, по табл. 2 находим скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха – 24 км/ч.

2. Время подхода облака зараженного воздуха к городу:

$$t = \frac{5}{24} = 0{,}2 \text{ ч.}$$

### 4.2. Определение продолжительности поражающего действия АХОВ

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

Время испарения АХОВ с площади разлива (в часах) определяется по формуле:

$$T = \frac{h * d}{K2 * K4 * K7} \qquad (12)$$

где:

**h** – толщина слоя АХОВ, м;

**d** – удельный вес АХОВ, т/куб. м;

$\mathbf{K_2}$, $\mathbf{K_4}$, $\mathbf{K_7}$ – коэффициенты формул (1, 5).

**Пример** 4.2. В результате аварии произошло разрушение обвалованной ёмкости с хлором. Требуется определить время поражающего действия АХОВ.

Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра – 4 м/с, температура воздуха – 0 град. С, изотермия.

Высота обвалования – 1 м.

**Решение**. По формуле (12) время поражающего действия:

$$T = \frac{(1 - 0{,}2) * 1{,}553}{0{,}052 * 2 * 1} = 12 \text{ ч.}$$

## 4.3. Определение возможных потерь рабочих, служащих и населения от АХОВ в очаге поражения

Определение возможных потерь рабочих, служащих и населения от АХОВ в очаге поражения проводится по табл. П4 Приложения № 1.

Директор Департамента
гражданской обороны и защиты населения
полковник службы гражданской защиты

В.Б. Капустин