

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ

Изложена методика заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов химического заражения при выбросах аварийно химически опасного вещества в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасном объекте.

Ключевые слова: химически опасный объект, авария.

V.A. Sednev

PREDICTION OF THE POSSIBLE SITUATION IN CASE OF ACCIDENTS ON CHEMICALLY HAZARDOUS OBJECTS FOR PLANNING OF MEASURES ON PROTECTION OF THE POPULATION

The method of early and rapid prediction of the extent of chemical contamination in case of emissions of hazardous chemical substances into the environment in accidents (destruction) on chemically hazardous objects is presented.

Key words: chemically dangerous object, accident.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 5 апреля 2017 г.

Прогнозирование масштабов заражения аварийно химически опасными веществами осуществляется по методике прогнозирования [1, 2] масштабов возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами при авариях на технологических ёмкостях и хранилищах, при транспортировании железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов.

Прогнозирование масштаба возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами – это опережающее отражение вероятности развития чрезвычайной ситуации, обусловленной аварией на химически опасном объекте или транспорте, на основе анализа возможных причин и условий её возникновения и развития.

Химически опасный объект – это объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений аварийно химически опасными веществами.

Разрушение химически опасного объекта – это результат катастрофы, стихийного и иного бедствия, а также воздействия по химически опасному объекту обычных средств поражения, приведший к полной разгерметизации всех ёмкостей и технологических коммуникаций с аварийно химически опасными веществами.

Зона возможного химического заражения – территория, в пределах которой в результате повреждения или разрушения ёмкостей (технологического оборудования) с аварийно химически опасными веществами возможно распространение этих веществ в концентрациях или количествах, создающих угрозу для жизни и здоровья людей.

Площадь зоны возможного химического заражения аварийно химически опасным веществом – это площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако аварийно химически опасного вещества.

Аварийно химически опасное вещество – 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).

Масштабы возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами, в зависимости от их физических свойств и агрегатного состояния в ёмкостях, хранилищах и технологическом оборудовании, *рассчитывают 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.

Первичное облако аварийно химически опасного вещества – это облако аварийно химически опасного вещества, образующееся в результате мгновенного перехода в атмосферу части аварийно химически опасного вещества из ёмкости при её разрушении.

Вторичное облако аварийно химически опасного вещества – это облако аварийно химически опасного вещества, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Под заблаговременным прогнозированием масштаба возможного химического заражения понимают прогнозирование масштаба возможного заражения аварийно химически опасными веществами, осуществляемое для различных сценариев развития вероятной чрезвычайной ситуации до факта её возникновения, основанное на предположениях и допущениях об условиях возможного развития чрезвычайной ситуации.

При заблаговременном прогнозировании масштабов возможного химического заражения на случай возможных производственных аварий в качестве исходных данных рекомендуется принимать:

- за величину выброса аварийно химически опасных веществ Q_0 – количество аварийно химически опасных веществ в максимальной по объёму единичной ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.);
- для химически опасных объектов в сейсмических районах, а также для объектов, отнесённых к категориям по гражданской обороне, в том числе атомных станций, за величину выброса следует принимать общий запас аварийно химически опасных веществ на объекте;
- метеорологические условия – изотермия, скорость ветра – 3 м/с;
- температура воздуха – 20 °С.

Под оперативным прогнозированием масштаба возможного химического заражения понимают прогнозирование масштаба возможного заражения аварийно химически опасными веществами, основанное на информации об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации или о произошедшей чрезвычайной ситуации.

Исходные данные для оперативного прогнозирования масштабов возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами:

- количество аварийно химически опасных веществ на объекте и данные о размещении их запасов в ёмкостях и технологических трубопроводах;
- количество аварийно химически опасных веществ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива на подстилающей поверхности (свободно, в поддон или в обваловку);
- высота поддона или обваловки складских ёмкостей;
- метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра в приземном слое (на высоте 10 м), степень вертикальной устойчивости атмосферы (табл. 1);
- плотность (количество) населения в зоне возможного химического заражения и степень его защиты.

Таблица 1

Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы по прогнозу погоды

Скорость ветра, м/с	Степень вертикальной устойчивости атмосферы по прогнозу погоды							
	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, перемен. облачность	сплошная облачность	ясно, перемен. облачность	сплошная облачность	ясно, перемен. облачность	сплошная облачность	ясно, перемен. облачность	сплошная облачность
Менее 2	ИН	ИЗ	ИЗ (ИН)	ИЗ	К (ИЗ)	ИЗ	ИН	ИЗ
2–3,9	ИН	ИЗ	ИЗ (ИН)	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ (ИН)	ИЗ
Более 4	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ

Примечания:

1. Обозначения: ИН – инверсия, ИЗ – изотермия, К – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове.
2. Под термином "утро" понимается период времени в течение 2 часов после восхода солнца; под термином "вечер" – в течение 2 часов после захода солнца. Период от восхода до захода солнца, за вычетом 2 утренних часов, – день, а период от захода до восхода солнца, за вычетом 2 вечерних часов, – ночь.
3. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчётах на момент аварии.

Для оперативного прогнозирования масштабов возможного химического заражения при угрозе или непосредственно после аварии должны принимать конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) аварийно химически опасного вещества, реальные метеоусловия, а также иные исходные данные, которые доступны на момент прогнозирования.

Принятые допущения:

1. Ёмкости, содержащие аварийно химически опасные вещества, при авариях разрушаются полностью.

2. Толщина слоя жидкости (h) для аварийно химически опасных веществ, разлившихся свободно на подстилающей поверхности, принимают равной 0,05 м по всей площади разлива; для аварийно химически опасных веществ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется по (1, 2):

- для жидкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку):

$$h = H - 0,2, \quad (1)$$

где H – высота поддона (обваловки), м;

- при разливах из ёмкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку):

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (2)$$

где Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, тонн;

d – плотность аварийно химически опасных веществ (табл. 2), тонн/м³;

F – реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м².

3. Предельное время пребывания людей в зоне химического заражения и продолжительность сохранения неизменными метеоусловий (степени вертикальной устойчивости атмосферы, направления и скорости ветра) составляет $N = 4$ ч. По истечении этого времени прогноз обстановки должен уточняться.

4. При авариях на газо- и продуктопроводах значение выброса аварийно химически опасных веществ должны принимать равным максимальному количеству этих веществ, содержащихся в трубопроводе между автоматическими запорными устройствами, например, для аммиакопроводов – 275-500 тонн.

Таблица 2

**Значения параметров аварийно химически опасных веществ
и вспомогательных коэффициентов
для определения глубины зоны возможного химического заражения**

Наименование АХОВ	Плотность, <i>тонн/м³</i>		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, <i>мг·мин/л</i>	Значения вспомогательных коэффициентов							
	газ	жидкость			<i>K</i> ₁	<i>K</i> ₂	<i>K</i> ₃	<i>K</i> ₇ для температуры воздуха, °С				
								-40	-20	0	20	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Акролеин	–	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2
Аммиак: хранение под давлением изотермическое хранение	0,0008 –	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
		0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
Ацетонитрил	–	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6
Ацетонциангидрин	–	0,932	120	1,9**	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2**	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Водород фтористый	–	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1/1	1
Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4*	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
Водород цианистый	–	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1/1	1,3
Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1
Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
Метил бромистый	–	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
Метилакрилат	–	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1
Метилмеркаптан	–	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1
Нитрил акриловой кислоты	–	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Окислы азота	–	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
Оксись этилена	–	0,882	10,7	2,2**	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0/0,02	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
Сероуглерод	–	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
Соляная кислота (концентриров.)	–	1,198	–	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
Триметиламин	–	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1
Формальдегид	–	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
Фосфор треххлористый	–	1,570	75,3	3	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
Фосфора хлорокись	–	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
Хлор	0,0062	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
Хлорпикрин	0	1,658	1112,3	0,02	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
Этиленимин	–	0,838	55,0	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этиленсульфид	–	1,005	55,0	0,1*	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этилмеркаптан	–	0,839	35,0	2,2**	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

Примечания: 1. Значения плотности газообразных аварийно химически опасных веществ в графе 2 приведены для атмосферного давления: при давлении в ёмкости, отличном от атмосферного, значения плотности определяются путём умножения данных графы 2 на значение давления в атмосферах (1 атм = 760 мм рт. ст.).

2. Значения K_7 в графах 9-13 в числителе приведены для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.

3. В графе 5 численные значения токсодоз, помеченные звёздочками, определены ориентировочно по соотношению:

$D = 240 \cdot K \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}$, где D – токсодоза, мг·мин./л.; $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ – ПДК рабочей зоны (мг/л) по ГОСТ 12.1.005; $K = 5$ – для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой); $K = 9$ – для всех прочих ядов (помечены двумя звездочками).

4. Значения K_1 для изотермического хранения аммиака приведены для случая разливов (выброса) в поддон.

Порядок проведения расчётов:

1. Прогнозирование глубины зоны возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами.

Количественные характеристики выброса аварийно химически опасных веществ для расчёта масштабов возможного химического заражения определяются по их эквивалентным значениям. Эквивалентное количество аварийно химически опасного вещества – количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством данного аварийно химически опасного вещества, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

1.1. Определяем эквивалентное количество аварийно химически опасного вещества ($т$) в первичном облаке:

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0, \quad (3)$$

где Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии аварийно химически опасного вещества, $т$;

K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения аварийно химически опасного вещества (табл. 2; для сжатых газов $K_1 = 1$);

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого аварийно химически опасного вещества (табл. 2);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии и 0,08 – для конвекции;

K_7' – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (табл. 2; для сжатых газов равен 1).

1.2. Определяем эквивалентное количество аварийно химически опасного вещества ($тонн$), перешедшего во вторичное облако:

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - K_1) K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7'' \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (4)$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств аварийно химически опасного вещества (табл. 2);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 3);

K_6 – коэффициент, зависящий от времени N , прошедшего после начала аварии, и определяемый из условия:

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T, \end{cases} \quad (5)$$

где T – продолжительность испарения аварийно химически опасного вещества с площади разлива, час, определяемая из уравнения (6), при $T < 1$ час K_6 принимается для 1 часа;

K_7'' – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования вторичного облака;

h – толщина слоя аварийно химически опасного вещества, $м$;

d – плотность аварийно химически опасного вещества, $тонн/м^3$ (табл. 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

1.3. Вычисляем продолжительность поражающего действия аварийно химически опасного вещества, которая определяется временем его испарения с площади разлива (час):

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7''}, \quad (6)$$

где h – толщина слоя аварийно химически опасного вещества, м;

d – плотность аварийно химически опасного вещества, $\text{тонн}/\text{м}^3$ (табл. 2).

1.4. По табл. 4 определяем глубину зоны заражения первичным (Γ_1) и вторичным (Γ_2) облаком аварийно химически опасного вещества, в зависимости от эквивалентного количества вещества и скорости ветра, а полную глубину зоны заражения Γ (км) вычисляем по формуле:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \Gamma'', \quad (7)$$

где Γ' – наибольший из размеров Γ_1 и Γ_2 , км;

Γ'' – наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 , км.

Глубина распространения первичного и вторичного облаков аварийно химически опасного вещества может также определяться (табл. 4) с применением формулы интерполирования:

$$\Gamma_x = \Gamma_m + \frac{\Gamma_b - \Gamma_m}{Q_b - Q_m} (Q_x - Q_m),$$

где Γ_b , Γ_m , Γ_x – соответственно, большее, меньшее и искомое значение глубины распространения аварийно химически опасного вещества, км;

Q_b , Q_m , Q_x – соответственно, большее, меньшее и непосредственно перешедшее в первичное (вторичное) облако количество аварийно химически опасного вещества, тонн .

1.5. Полученное значение сравниваем с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс, определяемым по формуле:

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v, \quad (8)$$

где N – время от начала аварии, ч;

v – скорость переноса переднего фронта облака заражённого воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, $\text{км}/\text{ч}$ (табл. 6).

За окончательную расчётную глубину зоны возможного химического заражения принимается меньшее из сравниваемых между собой значений:

$$\Gamma = \min \left\{ \Gamma_{\Sigma}, \Gamma_{\Pi} \right\}, \quad (9)$$

где Γ – глубина зоны возможного химического заражения аварийно химически опасным веществом, км.

Примечание: В случае полного разрушения химически опасного объекта эквивалентное количество аварийно химически опасного вещества в облаке заражённого воздуха определяется по методу для вторичного облака при свободном разливе (п. 1.2) при следующих метеорологических условиях: изотермия, скорость ветра – 3 м/с.

При этом суммарное эквивалентное количество аварийно химически опасных веществ рассчитывается по формуле:

$$Q_{\Sigma} = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i}'' \frac{Q_i}{d_i}, \quad (10)$$

где K_{2i} – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го аварийно химически опасного вещества;

K_{3i} – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -го аварийно химически опасного вещества;

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

K_{7i}'' – поправка на температуру для i -го аварийно химически опасного вещества;

Q_i – запасы i -го аварийно химически опасного вещества на объекте, тонн;

d_i – плотность i -го аварийно химически опасного вещества, тонн/м³ (табл. 2);

n – количество одновременно выброшенных в окружающую среду наименований аварийно химически опасных веществ.

Полученные по табл. 4 значения глубины зоны заражения Γ , в зависимости от рассчитанного значения Q_{Σ} и скорости ветра, сравниваются с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_{Π} . За окончательную расчётную глубину зоны возможного химического заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.

2. Вычисляем площадь зоны возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (11)$$

где φ – угловые размеры зоны возможного химического заражения аварийно химически опасным веществом, град (табл. 5).

Таблица 4

**Глубина зоны возможного химического заражения
аварийно химически опасными веществами, км**

Ско- рость ветра, м/с	Глубина зоны возможного химического заражения аварийно химически опасными веществами (км) для эквивалентного количества аварийно химически опасных веществ (тонн)																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1 и менее	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	363	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,60	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	44,70	56,72	71,70	110
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,30
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,70	86,20
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	41,76	51,60	78,30
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	38,50	47,53	71,90
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,15	66,62
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,30	62,20
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,90	58,44
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	29,95	36,81	55,20
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	28,48	34,98	52,37

Примечания: при скорости ветра более 15 м/с размеры зон возможного химического заражения следует принимать как при скорости ветра 15 м/с; при скорости ветра менее 1 м/с размеры зон возможного химического заражения следует принимать как при скорости ветра 1 м/с.

Таблица 5

**Угловые размеры зоны возможного химического заражения
в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, <i>u</i> , м/с	< 0,5	0,6-1	1,1-2	> 2
<i>φ</i> , град	360	180	90	45

3. Вычисляем время подхода (час) облака аварийно химически опасного вещества к заданному объекту, которое зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле:

$$t = \frac{x}{v}, \quad (12)$$

где x – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;
 v – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч (табл. 6).

Таблица 6

**Скорость переноса переднего фронта облака заражённого воздуха, км/ч,
в зависимости от скорости ветра, м/с**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Скорость (км/ч) переноса переднего фронта облака зараженного воздуха	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4. Вычисляем возможные общие потери населения в очаге поражения аварийно химически опасным веществом (чел) [2-5]:

$$P^o = S_b \cdot \left[\frac{\Gamma_r}{\Gamma} \cdot \Delta \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_r}{\Gamma} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right], \quad (13)$$

где Γ_r – глубина распространения облака заражённого аварийно химически опасным веществом воздуха в городе, км;

Γ – глубина зоны возможного химического заражения, км;

Δ, Δ' – средняя плотность населения, соответственно, в городе и безопасном районе (чел./км²);

K, K' – доля незащищённого населения, соответственно, в городе и безопасном районе:

$$K = 1 - n_1 - n_2; \quad (14)$$

$$K' = 1 - n_1' - n_2', \quad (15)$$

где n_1, n_1' – доли населения, обеспеченного противогазами, соответственно, в городе и в безопасном районе;

n_2, n_2' – доли населения, обеспеченного убежищами, соответственно, в городе и безопасном районе.

Для оперативных расчётов принимается, что структура потерь в очаге поражения составит [6, 7]:

35 % – безвозвратные потери;

40 % – санитарные потери тяжёлой и средней форм тяжести (выход людей из строя не менее чем на 2-3 недели с госпитализацией);

25 % – санитарные потери лёгкой формы тяжести.

При аварии (разрушении) объектов с аварийно химически опасным веществом на картах (планах) отображаются зоны возможного химического заражения. Зона возможного химического заражения на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, с угловыми размерами и радиусом, равным глубине зоны возможного химического заражения Γ [1]. Угловые размеры в зависимости от скорости ветра по прогнозу приведены в табл. 5.

Рассмотренная методика распространяется на случай выброса аварийно химически опасного вещества в атмосферу в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии.

Литература

1. СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2014. 68 с.
2. Седнев В.А. Управление безопасностью экономики и территорий: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 322 с.
3. Седнев В.А., Кошечкина Е.И. Методика определения объемов разрушений жилых зданий при воздействиях обычных средств поражения // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (71). 2017. С. 148-153. <http://academygps.ru/ttb>.
4. Седнев В.А. Методика обоснования и оценки эффективности комплекса средств механизации работ по развёртыванию аварийно-спасательных формирований // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (65). 2016. С. 165-177. <http://academygps.ru/ttb>.
5. Седнев В.А. Методика обоснования комплекса средств механизации работ по развёртыванию аварийно-спасательных формирований в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. 2016. № 1 (21). С. 102-112.
6. Седнев В.А., Кошечкина Е.И. Методика прогнозирования взрывоустойчивости жилых зданий при действии обычных средств поражения // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (71). 2017. С. 137-147. <http://academygps.ru/ttb>.
7. Седнев В.А. Требования к мероприятиям по повышению безопасности и устойчивости функционирования экономики в военное время // Технологии техносферной безопасности. Вып. 6 (70). 2016. С. 145-150. <http://academygps.ru/ttb>.

References

1. SP 165.1325800.2014. Inzhenerno-tekhnicheskie meropriyatiya po grazhdanskoi oborone (Engineering and technical measures of civil defense). Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.01.51-90. M.: Ministerstvo stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khoziaistva Rossiiskoi Federatsii, 2014. 68 p.
2. Sednev V.A. Upravlenie bezopasnostiu ekonomiki i territorii (Security management of the economy and territories): uchebnik. M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2017. 322.
3. Sednev V.A., Koshevaia E.I. Metodika opredeleniia obieemov razrushenii zhilykh zdaniy pri vozddeistviakh obychnykh sredstv porazheniia (Methods of determining the volume of destruction of residential buildings under the influence of conventional means of destruction) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 1 (71). 2017. Pp. 148-153. <http://academygps.ru/ttb>.
4. Sednev V.A. Metodika obosnovaniia i otsenki effektivnosti kompleksa sredstv mekhanizatsii rabot po razvertyvaniu avariino-spasatelnykh formirovaniy (Methods of study and assessment of the effectiveness of complex mechanization of works in the deployment of rescue units) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 1 (65). 2016. Pp. 165-177. <http://academygps.ru/ttb>.
5. Sednev V.A. Metodika obosnovaniia kompleksa sredstv mekhanizatsii rabot po razvertyvaniu avariino-spasatelnykh formirovaniy v Arkticheskoi zone Rossiiskoi Federatsii (Methodology substantiation of a complex of means of mechanization of works on time-vertybiniu of rescue units in the Arctic zone of the Russian Federation) // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2016. No 1 (21). Pp. 102-112.
6. Sednev V.A., Koshevaia E.I. Metodika prognozirovaniia vzryvoustoichivosti zhilykh zdaniy pri deistvii obychnykh sredstv porazheniia (Methods of predicting blast resistance design of residential buildings under the action of conventional means of destruction) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 1 (71). 2017. Pp. 137-147. <http://academygps.ru/ttb>.
7. Sednev V.A. Trebovaniia k meropriiatiiam po povysheniiu bezopasnosti i ustoichivosti funktsionirovaniia ekonomiki v voennoe vremia (Requirements for the measures to improve the security and stability of functioning of economy in war time) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 6 (70). 2016. Pp. 145-150. <http://academygps.ru/ttb>.