

*Гринченко Е.Н., науч. сотр.,
Левтеров А.А., канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
Чернуха А.А., науч. сотр.*

Академия гражданской защиты Украины

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

В работе проведен анализ возможных типов чрезвычайных ситуаций в результатах технологических аварий на объектах, создающих химически опасные вещества. Приведена усовершенствованная методика оценки безопасности прилегающих территорий.

Постановка проблемы, анализ последних исследований и публикаций. Последние десятилетия во всем мире наблюдался постоянный рост количества разрабатываемых и быстро входивших в обиход химических веществ. В настоящее время известны более 60 тыс. различных химических соединений. Ежегодно разрабатывается более 600 новых химических средств, среди которых более 30% представляют угрозу здоровью человека. Существует также доля тех, чье влияние на здоровье человека при их выбросе в окружающую среду неизвестно [1,2].

Так, только в период с 1988 по 1992 г. в США было зарегистрировано 34575 случаев выброса токсичных химических веществ, из них 2186 привели к смертельным исходам и массовым поражениям людей, что потребовало эвакуации населения. Во всех этих случаях в окружающую среду было выброшено 280 млн. кг токсичных химических веществ. Как показывает анализ, суммарно почти 2/3 случаев были связаны с выбросом 15 химических веществ. Первое место в этом списке занимает полихлорбифенил (РСВ), затем следуют ангидрид аммиака, серная кислота, хлор, соляная кислота, этиленгликоль, двуокись серы, радиоактивные вещества и сульфид водорода [3].

Эта печальная тенденция наблюдается и в других регионах. Так в 1976 г. в городе Севезо (Италия) произошел взрыв на химическом комбинате, в результате которого возникла необходимость в эвакуации 17 тыс. человек. Внезапный выброс метилизоцианида и других отравляющих веществ в результате аварии на химическом заводе в городе Бхопал (Индия) в 1984 г. явился причиной гибели тысяч людей, слепоты и тяжелых расст-

ройств здоровья еще нескольких тысяч людей, более 300 тыс. человек, проживавших в близлежащих районах, было эвакуировано [4].

В связи с этим возрастает необходимость совершенствования методики оценки путей повышения эффективности мероприятий по обеспечению безопасности химически опасных объектов, при транспортировке сильнодействующих ядовитых веществ, для обслуживающего персонала и населения, которое может попасть в зону поражения при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Постановка задачи и ее решение. К химически опасным объектам (ХОО) относятся предприятия, на которых выполняется условие [5]

$$\sum_{i=1}^n \frac{M_i A_i K_i}{100 C_i X_i} \geq 0,1, \quad (1)$$

где:

M_i – масса обращающегося на производстве продукта, т.

Например, вместимость резервуаров, в которых хранится АХОВ, ограничивается, например, хлор – 1000 т, аммиак – 30 тыс. т, синильная кислота – 200 т, сернистый ангидрид и сероуглерод – 100 т и т.д.

A_i – процент содержания аварийно химически опасного вещества (АХОВ) в продукте;

C_i – поражающая концентрация, мг/м³;

K_i – коэффициент, равный 1 при $C_i < 100$ мг/м³;
2 при $C_i = 101 - 500$ мг/м³;
3 при $C_i > 500$ мг/м³;

X_i – коэффициент условий хранения под землей, равный 1,5 (газообразные вещества) и 3 (жидкие и твердые вещества).

Безопасность функционирования ХОО зависит от физико-химических свойств АХОВ, характера технологического процесса, условий хранения, использования и транспортировки веществ. В зависимости от данных параметров при крупных авариях на ХОО могут возникать ЧС четырех основных типов, отличающиеся друг от друга характером воздействия поражающих факторов, организацией и технологией ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ:

- 1) с образованием только первичного облака АХОВ;
- 2) с образованием пролива, первичного и вторичного облаков АХОВ;
- 3) с образованием пролива и только вторичного облака АХОВ;
- 4) с заражением территории (грунта, воды) малолетучими АХОВ.

Первый тип ЧС может возникнуть в случае мгновенной разгерметизации, например в результате взрыва, емкостей или технологического обо-

рудования с газообразными, криогенными, перегретыми сжиженными АХОВ, в результате чего образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако АХОВ с высокой концентрацией токсичного вещества в воздухе. Пролива жидкостей, как правило, при этом не происходит или пролитое вещество быстро испаряется за счет тепла окружающей среды. В зависимости от метеоусловий облако АХОВ распространяется на прилегающую к аварийному объекту территорию, неся смертельную опасность для проживающего на ней населения.

Первый тип ЧС является наиболее опасным как с точки зрения интенсивности воздействия поражающих факторов, так и трудности быстрого реагирования на ЧС для предотвращения или снижения потерь. Основным поражающим фактором при этом является ингаляционное воздействие высоких концентраций паров АХОВ. При этом масштабы поражения зависят от размеров первичного облака (количества выброшенного в воздух АХОВ), концентрации ядовитого вещества в нем, скорости ветра, состояния приземного слоя атмосферы (инверсия или конвекция), плотности паров вещества, времени суток, характера местности, плотности населения, проживающего в вероятной зоне химического заражения и др. В этих условиях аварийно-спасательные работы необходимо проводить в максимально короткие сроки.

Второй тип ЧС может возникнуть при аварийных проливах АХОВ на ХОО, использующих сжиженные ядовитые газы (аммиак, хлор и др.), перегреты летучие токсичные жидкости с температурой кипения ниже температуры окружающей среды (окись этилена, фосген, окислы азота, сернистый ангидрид, синильная кислота и др.). При разгерметизации емкостей или технологического оборудования с указанными АХОВ часть вещества (обычно не более 10%) мгновенно испаряется, образуя первичное облако паров со смертельными концентрациями, а часть выливается в обваловку или на подстилающую поверхность и постепенно испаряется за счет тепла окружающей среды, создавая вторичное облако паров с поражающими концентрациями. В зависимости от времени года, метеоусловий, характера и геометрических размеров пролива время испарения может составить от десятков минут до нескольких суток.

Поведение облака АХОВ в воздухе зависит от его плотности по отношению к воздуху, концентрации и скорости ветра. Хлор, сернистый ангидрид тяжелее воздуха, поэтому облака данных веществ распространяются по ветру, прижимаясь к земле. В городах и населенных пунктах вследствие нагревания домов наблюдается распространение облака по магистральным улицам от периферии к центру. Это способствует проникновению АХОВ во дворы, тупики и создает опасность поражения людей.

Второй тип ЧС характеризуется ингаляционным поражающим воздействием (кратковременно) первичным облаком АХОВ со смертельными

концентраціями паров и более продолжительное время (часы и сутки) вторичным облаком с опасными поражающими концентрациями паров. Кроме того, пролитый продукт может заражать грунт и воду. Указанный тип ЧС также очень опасен для населения, но в отличие от первого позволяет по времени привлечь достаточное количество сил и средств для эффективного проведения аварийно-спасательных работ.

Третий тип ЧС может возникнуть при крупных авариях на ХОО в результате больших проливов в поддон (обваловку) или на подстилающую поверхность сжиженных или жидких АХОВ с температурой кипения ниже или близкой к температуре окружающей среды, когда, вследствие испарения пролитого продукта, образуется только вторичное облако паров токсичного вещества с поражающими концентрациями, которое, при благоприятных метеоусловиях, может распространиться на значительные расстояния от места аварии. Указанный тип ЧС может возникнуть, например, при аварийном проливе фосгена или компонента ракетного топлива - четырехокси азота и др. К этому типу ЧС могут быть отнесены и случаи крупномасштабного горения нитрофоски или комковой серы с образованием вторичного облака токсичных продуктов горения.

Третий тип ЧС менее опасен для населения, чем первые два, так как позволяет по времени принять эффективные меры по защите населения и ликвидации последствий аварии. Основными поражающими факторами при указанном типе ЧС являются ингаляционное воздействие вторичного облака АХОВ и заражение грунта и воды на месте пролива. В зависимости от физических свойств АХОВ, характера и размеров пролива, метеоусловий и эффективности работ по локализации и обезвреживанию пролива АХОВ, время его испарения может составлять от нескольких часов до нескольких суток, следовательно, будет достаточно времени для защиты населения и успешного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Четвертый тип ЧС – при крупных авариях на ХОО может возникнуть в результате аварийного выброса (пролива) значительного количества мало летучего АХОВ (жидкого с температурой кипения значительно выше температуры окружающей среды или твердого), в связи с чем может произойти заражение местности (грунта, воды) с опасными последствиями для живых организмов и растительности. Вторичного облака паров с поражающими концентрациями при этом не образуется, но длительное пребывание на зараженной территории без средств индивидуальной защиты органов дыхания при определенных метеоусловиях может привести к ингаляционному отравлению. Основным поражающим фактором при указанном типе ЧС является возможное пероральное или в ряде случаев резорбтивное воздействие на организм.

К числу АХОВ, которые могут при авариях на ХОО стать причиной ЧС четвертого типа, могут быть отнесены несимметричный диметилгидразин, фенол, сероуглерод, ацетонитрил, диоксины, металлическая ртуть, соли синильной кислоты, ряд боевых отравляющих веществ и др.

При четвертом типе ЧС опасность поражения людей может быть сведена к минимуму, так как зона заражения при этом, как правило, невелика и может быть быстро локализована, если своевременно будут проведены работы по локализации и ликвидации последствий аварии. Наибольшую опасность при указанной ЧС представляет заражение АХОВ рек и водоемов, которые служат источниками питьевой воды для населения.

Указанные типовые варианты ЧС, особенно второй и третий, могут быть осложнены взрывами и пожарами, что станет причиной возникновения дополнительных поражающих факторов, таких, как ударная волна, обрушение зданий и сооружений с образованием завалов, прямое воздействие огня, тепловое излучение, задымление, образование токсичных продуктов горения и др. Взрывоопасны – окислы азота, гидразины, аммиак; пожароопасны – хлор и фосген. При горении серы выделяется сернистый ангидрид; полиуретана – синильная кислота; герметика – фосген, окись углерода и т.д. Таким образом, авария может носить комплексный характер, что может увеличить потери и ущерб от аварии на ХОО, а также значительно осложнить проведение аварийно-спасательных работ.

Особо отметим, что при проведении аварийно-спасательных работ большую роль играет прогнозирование обстановки при авариях на ХОО. Но из-за сложности последнего приняты следующие допущения:

1. Если нет данных о количестве разгерметизированного АХОВ считается, что емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушены полностью и все, содержащиеся в них, АХОВ попали в окружающую среду. При этом принято:

- в мирное время выброс АХОВ происходит из одного источника наибольшей емкости;
- для военного времени – из всех резервуаров.

2. Толщина h слоя жидкости для АХОВ определяется следующим образом:

- для разлившейся свободно на подстилающей поверхности принимается равной 0,05 м по всей площади разлива;
- для разлившейся в поддон или обваловку:

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

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

где H – высота поддона (обваловки), м;

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

$$h = Q_0 / F d, \quad (3)$$

где:

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

d – плотность АХОВ, т/м³;

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

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

4. При авариях на газо- и продуктопроводах выброс АХОВ принимается равным максимальному количеству АХОВ, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими. Например, для аммиакопроводов он составляет 275–500 т.

Далее рассмотрим методику прогнозирования и оценки обстановки при аварии на ХОО и транспортировке АХОВ в любом агрегатном состоянии при принятых допущениях.

На первом этапе необходимо определить эквивалентное количество АХОВ.

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

$$Q_{э1} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0, \quad (4)$$

где:

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

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (см. табл. 1);

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

K_7 – коэффициент температуры воздуха (см. табл. 1). Для сжатых газов $K_7 = 1$;

Таблица 1 – Значения коэффициентов для прогнозирования обстановки

АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Значения коэффициентов						
	газ	жидк.	K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха			
						- 40	- 20	0	20
Аммиак:									
под давлением	0,0008	-	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1
изотермический	-	0,681	0,01	0,025	0,04	1/1	1/1	1/1	1/1
Фторо-водород	-	0,989	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1
Окислы азота	-	1,491	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1
Окись этилена	-	0,882	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	0,11	0,049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1
Сероводород	0,0015	0,964	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1
Сероуглерод	-	1,236	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1
Соляная кислота	-	1,198	0	0,021	0,3	0	0,1	0,3	1
Синильная кислота	-	0,7	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1
Триметиламин	-	0,672	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0,0/0,4	0/0,9	1/1
Формальдегид	-	0,815	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1
Фосген	0,0035	1,432	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1
Фтор	0,0017	1,512	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1
Фосфор хлористый	-	1,57	0	0,01	0,2	0,1	0,2	0,4	1
Хлор	0,0032	1,553	0,18	0,052	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1
Хлорциан	0,0021	1,22	0,04	0,048	0,8	0/0	0/0	0/0,6	1/1
Хлорпикрин	-	1,658	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1
Этиленимин	-	0,8387	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1
Этилмеркаптан	-	0,839	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1
Этиленсульфид	-	1,005	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1

Примечание: в числителе приведены значения коэффициентов для первичного облака, в знаменателе – для вторичного.

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т. При авариях на хранилищах сжатого газа Q_0 рассчитывается по формуле

$$Q_0 = d V_x, \quad (5)$$

где:

d – плотность АХОВ, т/м³ (см. табл. 1);

V_x – объем хранилища, м³.

При авариях на газопроводе Q_0 находят из уравнения

$$Q_0 = n d V_r / 100, \quad (6)$$

где:

n – содержание АХОВ в продукте, %;

V_r – объем секции газопровода между автоматическими отсекаателями, м³.

При определении величины Q_{01} для сжиженных газов, не вошедших в табл.1, значение коэффициента K_7 принимается равным 1, а коэффициент K_1 рассчитывается по соотношению

$$K_1 = C_p \cdot \Delta T / \Delta H_{исп}, \quad (7)$$

где:

C_p – удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/(кг °С);

ΔT – разность температур жидкого АХОВ до и после разрушения емкости °С;

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

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке определяется по формуле

$$Q_{02} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / h d, \quad (8)$$

где:

K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (см. табл. 1);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 2);

Таблица 2 – Коэффициент K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_4	1,00	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,00	3,34	3,67	4,00	5,68

K_6 – коэффициент, зависящий от времени N , прошедшего после начала аварии (табл. 3). Значение коэффициента K_6 также можно выяснить после расчета продолжительности испарения вещества T , ч

$$K_6 = N^{0,8} \text{ при } N \leq T;$$

$$K_6 = T^{0,8} \text{ при } N > T; (9)$$

при $T < 1$ ч K_6 принимается для 1 ч;

h – толщина слоя АХОВ, м.

Таблица 3 – Значение коэффициента K_6 в зависимости от времени N , прошедшего после аварии

N , час	1	2	3	4
K_6	1,00	1,74	2,41	3,13

Таблица 4 – Глубины зон заражения, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т							
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10
1 и менее	0,3	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83
3	0,22	0,48	0,6,8	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46
5	0,17	0,3	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07

Продолжение таблицы 4

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т					
	20	30	50	70	100	500
1 и менее	29,56	38,13	52,7	65,23	82,00	231,0
2	16,44	21,00	28,80	35,35	44,10	121,0
3	11,94	15,20	20,60	25,20	31,80	84,5
4	9,62	12,18	16,43	20,00	24,80	65,90
5	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	54,67
6	7,20	9,06	12,14	14,80	18,20	47,10
7	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	41,63
8	5,92	7,42	9,90	12,00	14,68	37,50
9	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	34,24
10	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	31,61

При определении Q_{32} для веществ, не вошедших в таблицу 1, значение коэффициента K_7 принимается равным 1, а коэффициент K_2 определяется по формуле

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

где:

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

μ – молекулярная масса вещества.

Нахождение глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте ведется с использованием табл. 4.

В данной таблице приведены максимальные значения глубины зоны заражения первичным (Γ_1) или вторичным (Γ_2) облаком АХОВ, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества и скорости ветра. Полная глубина зоны заражения Γ (км), обусловленной воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется как

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (11)$$

где Γ' - наибольший, а Γ'' - наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 .

Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{\text{п}}$, рассчитывается по формуле

$$\Gamma_{\text{п}} = N \cdot V_{\text{п}}, \quad (12)$$

где:

N – время от начала аварии, ч;

$V_{\text{п}}$ – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при заданной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости атмосферы (табл. 5), км/ч (табл. 6).

Таблица 5 – Зависимость степени вертикальной устойчивости атмосферы от метеорологических факторов

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, перем. облач.	Сплошная облач.	Ясно, перем. облач.	Сплошная облач.	Ясно, перем. облач.	Сплошная облач.	Ясно, перем. облач.	Сплошная облач.
0-0,5	ин	из	ин	из	к	из	ин	из
0,6 - 2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2,1 - 4	ин	из	из (ин)	из	из	из	из (ин)	из
4-20	из	из	из	из	из	из	из	из

Примечание: ин – инверсия, из – изотермия, к – конвекция. В скобках приведены значения степени вертикальной устойчивости при снеговом покрове.

Таблица 6 – Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха (км/ч) в зависимости от скорости ветра

Степень вертикальной устойчивости атмосферы	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Полученные из таблиц значения глубины зоны заражения Γ сравниваются с предельно возможной глубиной переноса воздушных масс $\Gamma_{\text{п}}$. За окончательную расчетную величину глубины зоны заражения принимается меньшее из этих значений.

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 выше методу для вторичного облака при свободном разливе. При этом суммарное эквивалентное количество Q_3 рассчитывается по формуле:

$$Q_3 = 20K_4K_5 \sum_{i=1}^n (K_{2i}K_{3i}K_{6i}K_{7i} \frac{Q_i}{d_i}), \quad (13)$$

где:

K_{2i} – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го АХОВ (см. табл. 1);

K_{3i} – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -го АХОВ (см. табл. 1);

K_{6i} – временной коэффициент i -го вещества, определяемый вышеописанным методом;

K_{7i} – поправка на температуру для i -го АХОВ (см. табл. 1);

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

d_i – плотность i -го АХОВ, т/м³ (см. табл. 1).

Время подхода облака зараженного воздуха к объекту получаем поделив расстояние от объекта до места аварии (км) на скорость переноса облака $V_{п}$, км/ч (см. табл. 6)

$$t_{\text{подх}} = L / V_{п}. \quad (14)$$

Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения T (ч) с площадки разлива

$$T = \frac{hd}{K_2K_4K_7}. \quad (15)$$

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

$$S_в = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma_{1,2}^2 \cdot \varphi, \quad (16)$$

где:

$S_в$ – площадь зоны возможного заражения АХОВ, км²,

$\Gamma_{1,2}$ – глубина зоны заражения первичным или вторичным облаком, км;
 φ – угловые размеры зоны возможного заражения, град. При скорости ветра менее 0,5 м/с зона имеет вид окружности $\varphi=360^\circ$; при скорости ветра от 0,6 до 1 м/с $\varphi=180^\circ$; от 1 до 2 м/с $\varphi=90^\circ$; и выше 2 м/с $\varphi=45^\circ$.

Площадь зоны фактического заражения S_ϕ (км²) вычисляется по следующему уравнению

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (17)$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы: 0,081 – при инверсии, 0,133 – при изотермии, 0,235 – при конвекции.

В конце прогнозирования производят оценку обстановки и намечают наиболее целесообразные действия по защите людей.

Выводы. Основную сложность при получении прогноза возможных зон поражения при авариях на ХОО представляет неоднозначный выбор коэффициентов влияния, что, в свою очередь, может привести к существенной погрешности как при прогнозировании зон поражения, так и при определении сил и средств, необходимых для ликвидации возможных аварий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляревский В.А., Кочетков К.Е., Носач А.А., и др. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 1995.
2. Серебровский А.Н. Об оценках ситуаций по потенциально опасным объектам на этапе превентивного мониторинга // Мат. машини і системи. – 2000. – № 1. – С. 57 – 64.
3. Ambient air monitoring system // Process Eng. (Austral.). – 1993. – v.21. – N.12. – P.16-18.
4. Маршалл В. Основные опасности химических производств. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982 г. – 320 с.