

«Оценка химической  
обстановки при  
авариях на химически  
опасных объектах»

# 1. Цель работы:

- Изучение практических расчетов основных показателей химической обстановки для определения масштаба и характера заражения, а также для проведения анализа их влияния на функционирование ОЭ и деятельность населения.

## 2. Теоретические данные

- АХОВ – аварийно-химические опасные вещества. К ним относятся химические вещества, применяемые в народнохозяйственных целях, которые при выливе или выбросе могут приводить к заражению воздуха с поражающими концентрациями.
- Химически опасный ОЭ – это объект при аварии и разрушении которого могут произойти массовые поражения людей и животных от АХОВ.
- Зона заражения АХОВ – территория, зараженная АХОВ в опасных для жизни людей пределах.
- Прогнозирование масштаба заражения АХОВ - определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.
- Авария - нарушение технологических процессов на производстве.
- Разрушением химически опасного объекта - его состояние в результате катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех ёмкостей и нарушению технологических коммуникаций.

# Исходные данные

$T=6$  ч 20 мин – время, когда произошла авария;

Знач.1 – АИ (аммиак при изотермическом хранении)

$Q=20$  тыс. т

$H=2,8$  м – высота обваловки;

$V=2$  м/с – скорость ветра;

$T_{\text{восх.}}=7$  ч 20 минут – время восхода солнца

$t=-7^{\circ}$

Значения параметр ов	Варианты исходных данных																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>T</i> ; ч, мин.	4,59	6,06	4,11	6,17	5,26	7,51	7,02	6,28	6,10	5,39	7,08	6,44	7,32	3,48	3,59	6,20	4,28	3,18	6,04	4,04	7,47	4,01	5,45	4,46
ЗНАЧ.1	АИ	АИ	АД	АИ	АИ	АД	ХЖ	АД	АИ	АИ	АИ	ХЖ	АИ	АИ	АИ	АИ	АД	АД	АИ	АИ	АД	АД	ХЖ	АИ
<i>Q</i> , тыс.т	28	21	33	20	25	11	16	19	21	24	15	18	13	35	34	20	31	38	22	34	11	34	23	29
<i>H</i> , м	-3,5	2,9	3,9	2,9	3,3	2,1	2,5	2,8	2,9	3,2	2,4	2,6	2,2	4,1	4,0	2,8	3,8	4,4	3,0	4,0	2,1	4,0	3,1	3,6
<i>V</i> , м/сек	3	2	4	2	3	0	1	2	2	2	1	1	0	4	4	2	4	5	2	4	0	4	2	3
<i>T</i> <u>восх</u> ч	5,59	7,06	5,11	7,17	6,26	8,51	8,02	7,28	7,10	6,39	8,08	7,44	8,32	4,48	4,59	7,20	5,28	4,18	7,04	5,04	8,47	5,01	6,45	5,46
<i>t</i> <sub>в</sub> <sup>о</sup> . град.	4	-5	11	-6	1	-19	-12	-8	-5	-1	-13	-10	-16	14	12	-7	8	18	-5	11	-18	12	-2	6

*АД - аммиак под давлением;*

*АИ - аммиак при изотермическом хранении;*

*АГ - сжатый аммиак;*

*Х Г - сжатый хлор;*

*ХЖ –жидкий хлор;*

*Ф - жидкий фтор;*

*ОА - окислы азота;*

*СА - сернистый ангидрид, жидкий;*

*ВХ - водород хлористый, жидкий.*



## 4. Выполнение расчетов

### 4.1 Определение количества эквивалентного вещества по первичному облаку

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

$$Q_{\text{Э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 ,$$

$K_1$  – коэффициент, зависящий от условия хранения АХОВ (=0,01);

$K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (= 0,04);

$K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха: принимается равным при инверсии – 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08. Степень вертикальной устойчивости воздуха (инверсия ->  $K_5=1$ );

$K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (= 1,0);

$Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т. (= 20 000 т)

Характеристика АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения



Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, градусы	Пороговая токсическая доза	Значения вспомогательных коэффициентов							
	газ	жид-			K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub> (для различных температур)				
								-40	-20	0	20	40
Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15,0	0,18	0,025	0,04	0,0 0,9	0,3 1,0	0,6 1,0	1,0 1,0	1,4 1,0
изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15,0	0,01	0,025	0,04	0,0 0,9	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0
Водород фтористый	-	0,989	19,52	4,0	0,00	0,028	0,15	0,1	0,2	0,3	1,0	1,0
Водород хлористый	0,0016	1,191	85,10	2,0	0,28	0,037	0,30	0,6 1,0	0,6 1,0	0,8 1,0	1,0 1,0	1,2 1,0
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,00	0,2 1,0	0,5 1,0	0,8 1,0	1,0 1,0	1,2 1,0
Водород цианистый	-	0,687	25,70	0,2	0,00	0,026	3,00	0,0	0,0	0,4	1,0	1,3
Окислы азота	-	1,491	21,00	1,3	0,00	10,04	0,40	0,0	0,0	0,4	1,0	1,0
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,10	1,8	0,11	0,049	0,33	0,0 0,2	0,0 0,5	0,3 1,0	1,0 1,0	1,7 1,0
Фтор	0,0017	1,512	-188,20	0,2	0,95	0,038	3,00	0,7 1,0	0,8 1,0	0,9 1,0	1,0 1,0	1,1 1,0
Хлор	0,0082	1,558	-31,10	0,5	0,18	0,052	1,00	0,0 0,9	0,2 1,0	0,6 1,0	1,0 1,0	1,4 1,0

Примечание:

- 1). Числитель - значение коэффициента K<sub>4</sub> для первичного облака АХОВ; знаменатель - для вторичного облака АХОВ;
- 2). Плотность газообразных АХОВ (графа 2) приведена для атмосферного давления; при давлении в емкости, отличающегося от атмосферного, плотность газообразных АХОВ определяется путем умножения данных графы 2 на значение давления. В работе принимаем значение давления для газообразных АХОВ пропорционально скорости ветра, увеличенная на 2 единицы, т.е. P<sub>н</sub> = V + 2.

$$Q_{э1} = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 20\ 000 = 8 \text{ т}$$





## 4.2 Определение времени испарения (продолжительности поражающего действия) аммиака с площади разлива (из обвалования).

Время испарения аммиака с площади разлива:

$$T = h \cdot d / K2 \cdot K4 \cdot K7$$

**h** – толщина слоя АХОВ при разливе в обваловании (**h = H-0,2 = 2,8-0,2=2,6**);

**d** – плотность жидкого АХОВ (=0,681);

**K2** – коэффициент, зависящий от физических свойств АХОВ (=0,025);

**K4** – коэффициент, учитывающий скорость ветра (=1,33);

**K7** – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (=1,0)

Таблица 4

Зависимость коэффициента  $K_4$  от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4
$K_4$	1,0	1,33	1,67	2,0

### 4.3 Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке.

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле:

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

$K_5$ -Инверсия-1;Изотермия-0,23;Конвекция-0,08

$K_6$ -

*Определение  $K_6$  после расчета продолжительности времени испарения АХОВ*

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T \\ T^{0,8} & \text{при } N > T \end{cases}$$

*Примечание:  $N$  – время, прошедшее после аварии, ч,  $T$  – время испарения АХОВ, ч. При  $T \leq 1$  ч  $K_6$  принимается как для 1 ч.*

$$Q=(1-0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,03 \cdot 1 \cdot 20000 / (2,6 \cdot 0,681) = 45 \text{ т}$$

$$\text{Так как } N < T, K_6 = N^{0,8} = 4^{0,8} = 3,03$$

#### 4.4 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте.

Находим (интерполированием) глубину зоны заражения первичным облаком ( $\Gamma_1$ ) для  $Q_{Э1}$ , а также вторичным облаком ( $\Gamma_2$ ) для  $Q_{Э2}$

Полная глубина зоны заражения  $\Gamma$  (км), определяется по формуле

$$\Gamma = \Gamma_I + 0,5\Gamma_{II}$$

где  $\Gamma_I$  – наибольший из размеров,  $\Gamma_{II}$  –наименьший из размеров

$$\Gamma_1 = 9,2 \text{ км}; \quad \Gamma_2 = 26,8 \text{ км}$$

Полная глубина зоны заражения  $\Gamma$ (км),

$$\Gamma = \Gamma_I + 0,5\Gamma_{II} = 26,8 + 0,5 \cdot 9,2 = 31,4 \text{ км}$$



Глубины зон возможного заражения АХОВ, км

Таблица

Скорость ветра, м/сек	Эквивалентное количество АХОВ, т															
	0,01	0,05	0,10	0,50	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166,00	231,00	363,00
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121,00	189,00
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	130,00
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	101,00
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	83,60
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
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	63,16
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	56,70
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	51,60
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	47,53
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	44,15
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	41,30
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	38,90
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	36,81
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

Примечание: 1. При скорости ветра более 15 м/сек размеры зон заражения принимают как при скорости 15 м/сек.

2. При скорости ветра менее 1 м/сек размеры зон заражения принимают как при скорости 1 м/сек.



Полученное значение  $\Gamma$  сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $\Gamma_n$ , определяемым по формуле

$$\Gamma_n = N \cdot v$$

$N$  – время от начала аварии, 4 ч;

$v$  – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха,

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	86
	Конвекция														
	7	14	21	28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

$$\Gamma_n = N \cdot v = 4 \cdot 10 = 40 \text{ км}; \Gamma_n < \Gamma$$

За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается минимальная из величин  $\Gamma$  и  $\Gamma_n$ .

## 4.5 Определение площади зоны фактического заражения через 4 часа после аварии и площади зоны возможного заражения.

### 1. Площадь зоны возможного заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ:

$$S_{\text{В}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi$$

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

$\Gamma$  – глубина зоны заражения, км;

$\varphi$  – угловые размеры зоны возможного заражения, град.

$v, \text{ м/с}$	$< 0,5$	1	2	$> 2$
$\varphi, \text{ град}$	360	180	90	45

$$S_{\text{В}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi = 8,72 \cdot 31,4 \cdot 90 \cdot 10^{-3} = 763,93$$

**2. Площадь зоны фактического заражения через 4 часа после аварии (S<sub>ф</sub>):**

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma_n^2 N^{0,2}$$

Наименование	Инверсия	Изотермия	Конвекция
K <sub>8</sub>	0,081	0,133	0,235

Г<sub>н</sub> – глубина зоны заражения, км,

N - время от начала аварии – 4 часа

$$S_{\phi} = 0,081 \cdot 40^2 \cdot 4^{0,2} = 171 \text{ км}^2$$

## 5. Нанесение зон заражения на топографические карты и схемы.

- Зона возможного заражения облаком на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры  $\varphi$  и радиус, равный глубине зоны заражения  $\Gamma$  ( $\varphi$ ,  $\Gamma$ );
- Центр окружности, полуокружности или сектора совпадает с источником заражения;
- Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду возможных перемещений облака под воздействием ветра фиксированное изображение зоны фактического заражения на карты (схемы) не наносится;
- Так как в исходных данных скорость ветра 1 м/с зона заражения имеет вид полуокружности (рис.1)
- Точка "0" соответствует источнику заражения; угол  $\varphi$ ; радиус полуокружности равен  $\Gamma$ ; ось следа облака ориентирована по направлению ветра – на север.

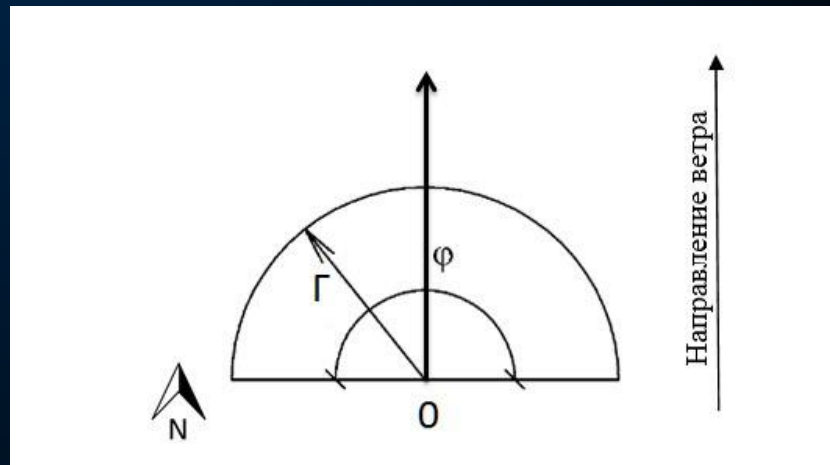


Рисунок 1

## 6. Вывод

- Таким образом, так как продолжительность поражающего действия АХОВ, в данном случае – аммиака при изотермическом хранении - равна времени испарения и составляет 53 часа 25 минут, а глубина зоны заражения города 31,4 км, можно сделать вывод, что через 4 часа после аварии облако зараженного воздуха представит опасность для населения, проживающего на удалении 31,4 км от места аварии севернее из-за южного ветра в 2 м/с в течение последующих  $(53,25-4) = 49,25$  ч (или более 2 суток) с площадью зоны заражения  $S_{\phi} = 171 \text{ км}^2$ . Площадь зоны возможного заражения  $S_{\text{в}} = 763,93 \text{ км}^2$ .





## Заблаговременно проводятся следующие мероприятия химической защиты:

- Создаются и эксплуатируются системы контроля за химической обстановкой в районах химически опасных объектов и локальные системы оповещения о химической опасности;
- Разрабатываются планы действий по предупреждению и ликвидации химической аварии;
- Накапливаются, хранятся и поддерживаются в готовности средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, приборы химической разведки, дегазирующие вещества;
- Поддерживаются в готовности к использованию убежища, обеспечивающие защиту людей от АХОВ;
- Принимаются меры по защите продовольствия, пищевого сырья, фуража, источников (запасов) воды от заражения АХОВ;
- Проводится подготовка к действиям в условиях химических аварий аварийно-спасательных подразделений и персонала ХОО;
- Обеспечивается готовность сил и средств подсистем и звеньев РСЧС, на территории которых находятся химически опасные объекты, к ликвидации последствий химических аварий.

# К основным мероприятиям химической защиты

## относятся:

- Обнаружение факта химической аварии и оповещение о ней;
- Выявление химической обстановки в зоне химической аварии;
- Соблюдение режимов поведения на зараженной территории, норм и правил химической безопасности;
- Обеспечение населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий химической аварии средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, применение этих средств;
- Эвакуация населения при необходимости из зоны аварии и зон возможного химического заражения;
- Укрытие населения и персонала в убежищах, обеспечивающих защиту от АХОВ;
- Оперативное применение антидотов (противоядий) и средств обработки кожных покровов;
- Санитарная обработка населения, персонала и участников ликвидации последствий аварий;
- Дегазация аварийного объекта, территории, средств и другого имущества.