

# Тема: «Оценка химической обстановки при авариях на химически опасных объектах»

---

*Выполнили студенты группы 3-  
ДАСБ-3:*

*Ткачук Анна*

*Сазыкина Вероника*





## 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.

# 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.

Химически опасный объект народного хозяйства – объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений сильнодействующими ядовитыми веществами.

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

Площадь зоны фактического заражения АХОВ – площадь территории, зараженной АХОВ в опасных для жизни пределах.

Площадь зоны возможного заражения АХОВ – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения ветра может перемещаться облако АХОВ.

# Исходные данные

Значения параметра В	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
Т; 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
Q, 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
Н,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
V, 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
Т восх 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
t°. 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

**Примечания:**

*АД - аммиак под давлением;*

*АИ - аммиак при изотермическом хранении;*

*АГ - сжатый аммиак;*

*ХГ - сжатый хлор;*

*ХЖ –жидкий хлор;*

*Ф - жидкий фтор;*

*ОА - окислы азота;*

*СА - сернистый ангидрид, жидкий;*

*ВХ - водород хлористый, жидкий.*

# Исходные данные

- Наименование АХОВ – *аммиак под давлением*

Основные свойства:

- Количество АХОВ **11 тыс. тонн**
- Высота поддона или обваловки **2,1 м**
- Метеоданные: ветер южный; скорость – V= 3 м/сек;  
изотермия,
- Восход солнца **8 часов 47 минут**
- Температура воздуха t= 20 °С; ясно.
- Время начала аварии = **7 часов 47 минут**
- Время от начала аварии = 4 часа

Значения параметров	21
T; ч, мин.	7.47
ЗНАЧ.1	АД
Q, тыс.т	11
H,м	2,1
V, м/сек	0
T восх ч	8,47
t°. град.	-18



# Порядок выполнения расчетов

---



# 1. Определение количества эквивалентного вещества по первичному облаку

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

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

$K_1$  – коэффициент, зависящий от условия хранения АХОВ – прил. 1 (принимаем  $K_1 = 0,01$ );

$K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ - прил. 1 (принимаем  $K_3 = 0,04$ );

$K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха:

принимается равным при инверсии – 1, для изотермии – 0,23, для конвекции – 0,08.

Степень вертикальной устойчивости воздуха определяется по прил. 4;

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

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

Значения параметра В	21
T; ч, мин.	7.47
ЗНАЧ.1	АД
Q, тыс.т	11
H, м	2,1
V, м/сек	0
T восх ч	8,47
t°. град.	-18

- Инверсия – состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха отсутствуют, а температура почвы ниже температуры воздуха (обычно ночью, при ясной погоде, слабом ветре), ( $t_{п} < t_{в}$ );
- Конвекция – состояние атмосферы, при котором сильно развиты восходящие потоки воздуха, а температура поверхности почвы выше температуры воздуха ( $t_{п} > t_{в}$ );
- Изотермия – такое состояние атмосферы, при котором восходящие потоки воздуха очень слабы, а температура почвы равна температуре воздуха ( $t_{п} = t_{в}$ )

Определение степени вертикальной устойчивости воздуха по прогнозу погоды

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность						
<2	ин	из	из(ин)	из	к(из)	из	ин	из
2-3,9	ин	из	из(ин)	из	из	из	из(ин)	из
>4	из	из	из	из	из	из	из	из

Время суток – ночь (4 часов 59 минут)

Скорость ветра – 3 м/с, Ясно

Вертикальная устойчивость воздуха – определяется как ИЗОТЕРМИЯ

# Определяем значения для формулы определения эквивалентного количества вещества по первичному облаку

Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м³		Температура кипения, градусы	Пороговая токсидоза, мг. мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
	газ	жидкость			K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>7</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	0,3	0,6	1,0	1,4
изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15,0	0,01	0,025	0,04	0,0	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	0,5	1,0	1,0
Водород хлористый	0,0016	1,191	85,10	2,0	0,28	0,037	0,30	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,00	0,2	0,5	0,8	1,0	1,2
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	1,5	0,00	10,040	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	0,0	0,3	1,0	1,7
Фтор	0,0017	1,512	-188,20	0,2	0,95	0,038	3,00	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Хлор	0,0082	1,558	-31,10	0,5	0,18	0,052	1,00	0,0	0,2	0,6	1,0	1,4

Значения параметра В	21
T; ч, мин.	7.47
ЗНАЧ.1	АД
Q, тыс.т	11
H, м	2,1
V, м/сек	0
T восх ч	8,47
t°. град.	-18

Числитель - значение коэффициента K<sub>7</sub> для первичного облака АХОВ; знаменатель - для вторичного облака АХОВ

**Эквивалентное количество вещества по первичному облаку:**

$$Q_{Э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 0,3 \cdot 11000 = 5,465 \text{ т.}$$

$$Q_{Э1} = \frac{K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0}{1}$$

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

Время испарения аммиака с площади разлива:

$$T = hd / K_2 K_4 K_7$$

h – толщина слоя АХОВ при разливе в обваловании ( $h = 2,1 - 0,2 = 1,9$ );

d – плотность жидкого аммиака ( $d = 0,681$ );

K<sub>2</sub> – коэффициент, зависящий от физических свойств АХОВ

( $K_2 = 0,025$ );

K<sub>4</sub> – коэффициент, учитывающий скорость ветра; (так как скорость ветра 0 м/с –  $K_4 = 1,00$ );

K<sub>7</sub> – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха

( $K_7 = 0,3$ )

Скорость ветра, м/сек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Значение K <sub>4</sub>	1,00	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,00	3,34	3,67	4,00	5,68

Значения параметра В	21
T; ч, мин.	7.47
ЗНАЧ.1	АД
Q, тыс.т	11
H, м	2,1
V, м/сек	0
T восх ч	8,47
t°. град.	-18

Время испарения (продолжительности поражающего действия) аммиака с площади разлива:

$$T = h * d / (K_2 * K_4 * K_7) = 1,9 * 0,681 / (0,025 * 1,00 * 0,3) = 172,52 \text{ ч.}$$

# 3. Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке.

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле:

$$Q_{э2} = (1 - K1) * K2 * K3 * K4 * K5 * K6 * K7 * (Q_0 / (h * d)), \text{ т}$$

$K1 - 0,18;$

$K2 - 0.025;$

$K3 - 0.04;$

$K4 - 1,00$

$K5 - \text{при изотермии} - 0,23;$

$K6 - 3,03$  ( $T = 172,52$  часа,  $N = 4$  часа, т.к.  $T > N$ ,  $K_6 = 4^{0,8} = 3,03$ )

$K7 - 1,0$  - для вторичного облака (берем знаменатель из таблицы)

$Q_0 - 11000$  т.

$h$  – толщина слоя АХОВ при разливе в обваловании ( $h = 2,1 - 0,2 = 1,9$ )

$d$  – плотность жидкого ( $d = 0,681$ )

Значения параметра В	21
T; ч, мин.	7.47
ЗНАЧ.1	АД
Q, тыс.т	11
H, м	2,1
V, м/сек	0
T восх ч	8,47
t°. град.	-18

Эквивалентное количество АХОВ, образующее вторичное облако, равно:

$$Q_{э2} = (1 - 0,18) * 0,025 * 0,04 * 1,00 * 0,23 * 3,03 * 1 * (11000 / (1,9 * 0,681)) = 4,86 \text{ т}$$

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

Находим (интерполированием) глубину зоны заражения первичным облаком ( $\Gamma_1$ ) для  $Q_{Э1} = 5,465$  т., а также вторичным облаком ( $\Gamma_2$ ) для  $Q_{Э2} = 4,86$  т.

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
<b>3</b>	<b>0,22</b>	<b>0,48</b>	<b>0,68</b>	<b>1,53</b>	<b>2,17</b>	<b>3,99</b>	<b>5,34</b>	<b>7,96</b>	<b>11,94</b>	<b>15,18</b>	<b>20,59</b>	<b>25,21</b>	<b>31,30</b>	<b>61,47</b>	<b>84,50</b>	<b>130,00</b>
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

Глубина зоны заражения первичным облаком  $\Gamma_1 = 5.58$  км

Глубина зоны заражения вторичным облаком  $\Gamma_2 = 5.25$  км

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

$$\Gamma = \Gamma_1 + 0,5\Gamma_{II}$$

где  $\Gamma_1 = \Gamma_1$  – наибольший из размеров,  $\Gamma_{II} = \Gamma_2$  – наименьший из размеров

$$\Gamma = 5,58 + 0,5 * 5,25 = 8,205 \text{ км}$$

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

$$\Gamma_n = Nv$$

$N$  – время от начала аварии, **4 ч**;

$V$ – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха, **16 км/ч**

Таблица 6

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	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

$$\Gamma_n = 4 \cdot 16 = 64 \text{ км}$$

**Таким образом,  $\Gamma_n = 64$  км,  $\Gamma = 8,205$  км.**

$\Gamma_n > \Gamma$ , поэтому при расчете площади фактического заражения будем принимать  $\Gamma$ ,

т.к. за окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается минимальная из величин  $\Gamma$  и  $\Gamma_n$ .

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

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

$$S_B = 8,72 * 10^{-3} \Gamma^2 \omega$$

$S_B$  – площадь зоны возможного заражения АХОВ, км<sup>2</sup>;

$\Gamma$  – глубина зоны заражения, км;

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

Таблица 7

$v$ , м/с	< 0,5	1	2	> 2
$\phi$ , град	360	180	90	45

Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ

Из исходных данных: скорость ветра = 3 м/с , следовательно  $\omega = 45$

**Площадь зоны возможного заражения :**

$$S_B = 8,72 * 10^{-3} * 20,165^2 * 45 = 159,56 \text{ км}^2$$

## 2. Площадь зоны фактического заражения через 4 часа после аварии ( $S_{\phi}$ ):

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

Таблица 8

Наименование	Инверсия	Изотермия	Конвекция
$K_8$	0,081	0,133	0,235

$K_8 = 0,133$  для изотермии (таб.8);

$\Gamma$  – глубина зоны заражения, км,  $\Gamma = 8,205$  км

$N$  - время от начала аварии – 4 часа

### Площадь зоны фактического заражения

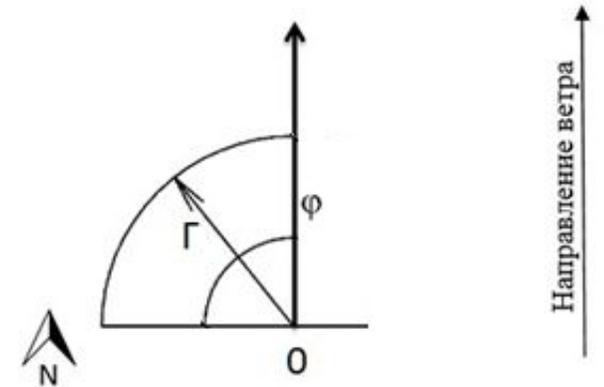
$$S_{\phi} = 0,133 * 8,205^2 * 4^{0,2} = 11,82 \text{ км}^2$$

# 6. 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  $\Gamma$  ( $\varphi = 45^\circ$ ,  $\Gamma = 8,205$

$$\varphi = \begin{cases} 90^\circ & \text{при } u = 1,1 \dots 2 \text{ м/с,} \\ 45^\circ & \text{при } u > 2 \text{ м/с;} \end{cases}$$

- . Точка «0» соответствует источнику заражения. Биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра;
- 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 3 м/с зона заражения имеет вид сегмента окружности
- Точка "0" соответствует источнику заражения; угол  $\varphi = 45^\circ$ ; радиус четверти окружности равен  $\Gamma = 8,205$  км; ось следа облака ориентирована по направлению ветра – на се



# 7. Вывод

- **Таким образом,** так как продолжительность поражающего действия АХОВ, в данном случае – аммиак под давлением.
- - равна времени испарения и составляет 172,52 часа, а глубина зоны заражения города 8,205 км, можно сделать вывод, что через 4 часа после аварии облако зараженного воздуха представит опасность для населения, проживающего на удалении 8,205 км от места аварии севернее, из-за южного ветра в 3 м/с, в течение последующих  $(172,52 - 4) = 168,52$  ч, или 7 суток, с площадью зоны заражения  $S_{\text{ф}} = 11,82$  км<sup>2</sup>. Площадь зоны возможного заражения  $S_{\text{в}} = 159,56$  км<sup>2</sup>.



# 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.

**Таким образом, уменьшить возможные потери, защитить людей от поражающих факторов аварий на ХОО можно проведением специального комплекса мероприятий. Часть этих мероприятий проводится заблаговременно, другие осуществляются постоянно, а третьи — с возникновением угрозы аварии и с ее началом.**

**Выбросы аммиака на Горловском химическом концерне в городе Горловка на Украине**



## Список используемой литературы

- 1) Конспект лекций по дисциплине.
- 2) В.В. Цаплин, С.Н. Панов «Безопасность жизнедеятельности» практикум, часть 1. Учебное пособие. СПбГАСУ, 2019 г.
- 3) СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90»)