

АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА
ХОО**

Аварийно-химически опасные вещества (АХОВ) - это вещества, способные в случае разрушений (аварий) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей.

Классификация химически опасных веществ

В зависимости от поражающего действия на организм человека все АХОВ подразделяются на шесть групп:

- вещества с преимущественно удушающим действием (хлор, хлорпикрин, треххлористый фосфор, хлориды серы, фосген и др.);
- вещества преимущественно общеядовитого действия (оксид углерода, синильная кислота, оксиды азота, сероводород, цианиды и др.);
- вещества удушающего и общеядовитого действия (сернистый ангидрид, сероводород, акрилонитрил и др.);

- нейротропные яды – вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса (сероуглерод, фосфорорганические соединения);
- вещества удушающего и нейротропного действия (аммиак);
- метаболические яды (окись этилена, бромистый метил, диоксины, дихлорэтан).

Наиболее распространенными АХОВ являются хлор, аммиак, сероводород, диоксид серы (сернистый газ), нитрил акриловой кислоты, синильная кислота, фосген, метилмеркаптан, бензол, бромистый водород, фтор, фтористый водород.

Физико-химические и токсические свойства АХОВ

Для характеристики токсических свойств АХОВ используются понятия: **предельно допустимая концентрация (ПДК)** вредного вещества, **предельно допустимый уровень (ПДУ)** воздействия, **предельно допустимые выбросы (ПДВ)** и **токсическая доза** (токсодоза).

ПДК - концентрация, которая при ежедневном воздействии на человека в течение длительного времени не вызывает патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами диагностики.

ПДУ верхняя граница величины некоего воздействующего фактора (концентрация отравляющего вещества), которая допускается при той или иной человеческой деятельности, как не приводящая к травмам или другим повреждениям организма.

ПДВ физические воздействия на окружающую среду, устанавливаемые государственными органами охраны окружающей среды по каждому источнику загрязнения или иного вредного воздействия в целях предупреждения загрязнения окружающей среды, охраны здоровья человека, растительного и животного мира, материальных ценностей .

В чрезвычайных случаях время воздействия АХОВ весьма ограничено. Это воздействие носит понятие – **токсодоза**.

Под токсодозой понимается количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект.

Аварии на химически опасных объектах

Химически опасными объектами

(ХОО) называются такие предприятия, на которых хранят, перерабатывают и используют или транспортируют опасные химические вещества и при авариях, на которых может произойти гибель или химическое заражение людей, животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды

Облако газа (пара, аэрозоля) АХОВ образовавшееся в момент разрушения емкости в пределах первых 3 минут, **называется первичным облаком** зараженного воздуха. Оно распространяется на большие расстояния. Оставшаяся часть жидкости (особенно с температурой кипения выше 20°С) растекается по поверхности и также постепенно испаряется. Пары (газы) поступают в атмосферу, **образуя вторичное облако зараженного воздуха**, которое распространяется на меньшее расстояние. Таким образом, зона заражения АХОВ - это территория, зараженная АХОВ в опасных для жизни людей пределах (концентрациях).

Защита населения при авариях на ХОО

Наиболее надежным способом массовой защиты населения от воздействия АХОВ при авариях на ХОО является укрытие в защитных сооружениях и противорадиационных укрытиях (ПРУ).

В условиях очага химического заражения эффективная защита населения может быть обеспечена только с применением средств индивидуальной защиты (СИЗ). СИЗ предохраняют человека от попадания АХОВ внутрь организма, на кожные покровы и одежду

К **СИЗ** относятся:

- средства защиты органов дыхания (СИЗОД);
- средства защиты кожи;
- медицинские средства защиты

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ХОО

Исходные данные:

- количество АХОВ в ёмкостях и трубопроводах (на объекте);
- количество АХОВ, выброшенных в атмосферу и характер разлива («свободно», в «поддон» или в «обваловку»);
- высота поддона или обваловки ёмкостей;
- метеоусловия: t° , С – воздуха, скорость ветра в приземном слое воздуха, степень вертикальной устойчивости воздуха.

Примечание. При заблаговременном прогнозе принимают: за величину выброса АХОВ берут максимальный объем одной ёмкости, метеоусловия – *инверсия*, скорость ветра – 1 м/с.

Допущения:

- ёмкость АХОВ при аварии разрушается полностью;
- толщина слоя жидкости, разлившейся свободно на подстилающей поверхности принимается $h = 0,05$ м; для АХОВ, разлившихся в поддон или обваловку определяется по соотношению: $h = H - 0,2$ м, где H – высота поддона (обвалования), м;
- предельное время нахождения людей в зоне заражения и продолжительность сохранения метеоусловий составляет 4 часа (через 4 часа прогноз химической обстановки надо повторить);
- при аварии на газо- и продуктопроводах величина выброса АХОВ принимается равной его максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекателями до 500 тонн.

Существуют три основных состояния температуры приземного слоя воздуха:

- **Инверсия** – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего слоя меньше температуры верхнего слоя (устойчивое состояние воздуха).
- **Изотермия** – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего и верхнего слоев одинаковы.
- **Конвекция** – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего слоя выше температуры верхнего слоя (неустойчивое состояние атмосферы).

1. Расчет глубины зоны заражения

Расчет глубины зоны заражения как по первичному, так и по вторичному облаку ведется с помощью Таблиц 1.1, 1.5, 1.6, 1.7.

Таблица 1.6 составлена для температуры воздуха $+20^{\circ}\text{C}$. Для выполнения расчетов при других температурах приземного слоя воздуха следует вводить поправочные коэффициенты из Таблицы 1.5, а при их отсутствии они определяются интерполяцией. Интерполяция означает отыскание промежуточных значений величины по близким её значениям.

В отсутствии данных о состоянии атмосферы степень её устойчивости определяют по Таблице 1.1.

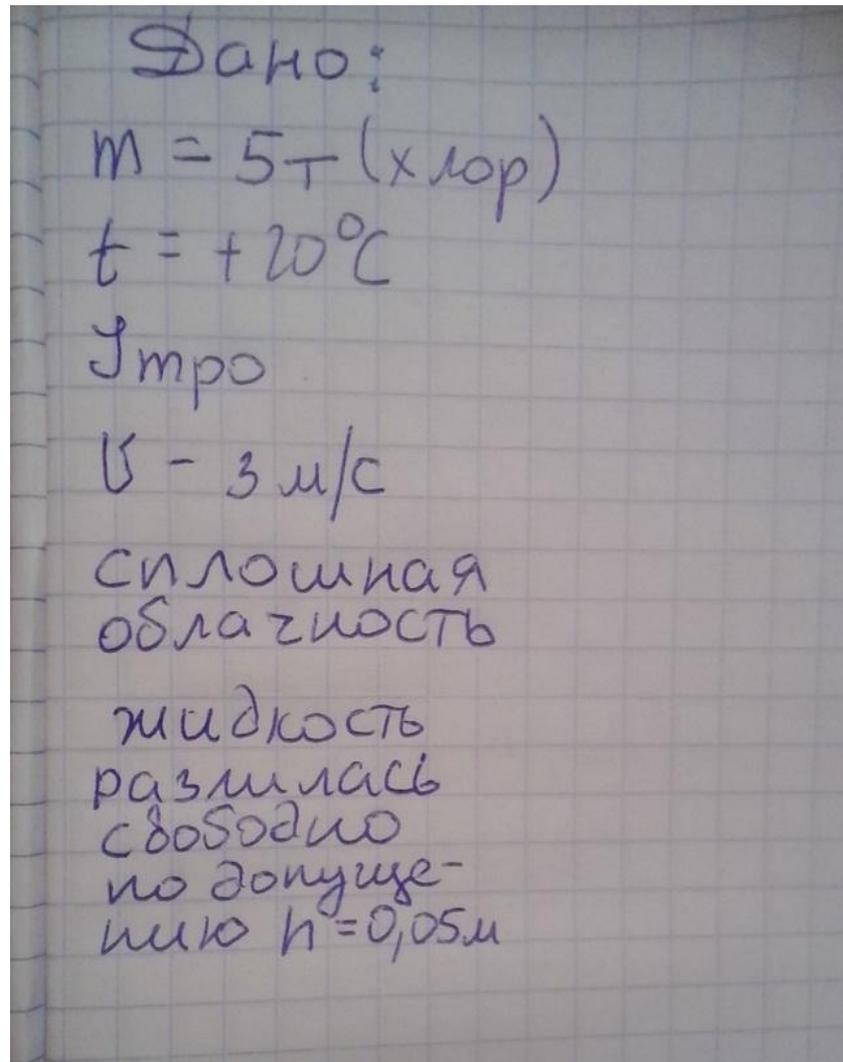
Задача 1.

На заводе по производству целлюлозы произошла авария с выбросом сжиженного хлора. Количество вытекшей из трубопровода жидкости составило 5 тонн.

Требуется определить глубину и площадь зоны возможного заражения по первичному и вторичному облаку для условий:

авария произошла утром в летний период, скорость ветра по данным прогноза – 3 м/с, температура воздуха +20°C, сплошная облачность, жидкость разлилась свободно на подстилающей поверхности.

Запишем исходные данные к задаче №1 в тетрадь:



Используя Таблицу 1.1 определяем вертикальную устойчивость воздуха для условий:

- утро;
- Сплошная облачность;
- Скорость ветра 3м/с.

1. По Таблице 1.1 определяем степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия.

Таблица 1.1

Определение степени вертикальной устойчивости воздуха

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, перем. облач.	Сплош. облач.						
< 2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2 - 4	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	из (ин)	из
> 4	из	из	из	из	из	из	из	из

«из» - изотермия, «ин» - инверсия, «к» - конвекция, буквы в скобках – при снежном покрове.

Теперь зная что мы имеем дело с **изотермией**, обращаемся к **Таблице 1.6**, чтобы определить глубину зоны заражения по первичному и вторичному облаку, для разлившегося **свободно хлора** в количестве **5 т.**

2. По Таблице 1.6 для свободного разлива 5 тонн хлора при изотермии и скорости ветра 3 м/с находим: глубина зоны заражения первичным облаком составляет 0,98 км, вторичным облаком – 2,59 км.

⊕ Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе) хлора (свободный разлив)

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км) / площадь заражения (км ²) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т									
	0,1	0,3	0,5	1	5	10	30	50	100	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Масса вещества
←

ИЗОТЕРМИЯ

1	0,24/0,00	0,41/0,01	0,53/0,018	0,76/0,04	1,89/0,29	2,81/0,70	5,37/2,91	7,29/5,70	11,1/14,3	24,0/78,3
	0,60/0,04	1,06/0,12	1,40/0,217	2,06/0,47	5,3/3,00	7,87/6,82	15,3/25,6	20,8/52,88	24,0/78,3	24,0/78,3
3	0,14/0,00	0,24/0,002	0,31/0,004	0,43/0,01	0,98/0,05	1,38/0,11	2,42/0,40	3,22/0,75	4,77/1,79	12,1/13,9
	0,36/0,01	0,63/0,04	0,81/0,07	1,15/0,13	2,59/0,67	3,74/1,42	6,89/4,81	9,22/8,65	13,8/19,3	35,9/95,5
5	0,10/0,00	0,18/0,001	0,24/0,002	0,34/0,005	0,76/0,03	1,07/0,06	1,86/0,20	2,40/0,36	3,40/0,77	8,3/5,5
	0,29/0,01	0,50/0,024	0,65/0,04	0,91/0,08	2,02/0,40	2,90/0,81	5,08/2,46	6,71/4,32	9,86/9,3	24,9/59,5
7	0,09/0,00	0,15/0,001	0,20/0,001	0,28/0,003	0,64/0,02	0,90/0,04	1,57/0,13	2,03/0,23	2,87/0,50	6,5/3,08
	0,25/0,00	0,45/0,017	0,56/0,029	0,79/0,058	1,77/0,29	2,50/0,58	4,34/1,74	5,60/2,90	8,08/6,0	19,8/36,45
9	0,08/0,00	0,14/0,001	0,17/0,001	0,25/0,002	0,56/0,01	0,80/0,03	1,38/0,09	1,79/0,16	2,56/0,36	5,6/2,12
	0,22/0,00	0,39/0,013	0,50/0,02	0,17/0,045	1,59/0,22	2,24/0,45	3,89/1,35	5,02/2,25	7,11/4,5	17,0/25,8
11	0,07/0,00	0,12/0,01	0,16/0,001	0,22/0,002	0,51/0,01	0,72/0,02	1,25/0,07	1,62/0,12	2,29/0,27	5,1/1,63
	0,20/0,00	0,35/0,01	0,46/0,02	0,65/0,037	1,45/0,18	2,06/0,37	3,57/1,10	4,61/1,84	6,52/3,69	15,1/19,85
13	0,06/0,00	0,11/0,00	0,15/0,001	0,21/0,001	0,47/0,01	0,66/0,02	1,15/0,05	1,49/0,10	2,11/0,22	4,7/1,31
	0,19/0,00	0,33/0,001	0,43/0,016	0,60/0,031	1,35/0,15	1,91/0,31	3,32/0,93	4,29/1,56	6,07/3,13	13,7/16,0
15	0,06/0,00	0,1/0,00	0,14/0,001	0,19/0,001	0,43/0,007	0,62/0,01	1,07/0,04	1,38/0,08	1,96/0,18	4,3/1,09
	0,1/0,002	0,3/0,00	0,40/0,01	0,57/0,027	1,27/0,13	1,80/0,27	3,13/0,81	4,03/1,35	5,71/2,7	12,7/13,5

↑ Примечание: При температуре отличной от +20°C вводится поправочный коэффициент из Таблицы 1.5

↑ скорость
ветра

В числителе значения относятся к первичному облаку, в знаменателе ко вторичному облаку.

Все что находится **слева от косой черты** относится к глубине зоны заражения, все что находится **справа от косой черты** относится к площади зоны заражения.

Таким образом глубина зоны заражения по первичному облаку равна:

$$\Gamma' = 0,98 \text{ км}$$

по вторичному облаку равна:

$$\Gamma'' = 2,59 \text{ км}$$

Определяем площадь зоны заражения по первичному и вторичному облаку используя значения расположенные справа от косой черты.

Используем ту же таблицу 1.6

По Таблице 1.6 находим: площадь зоны заражения первичным облаком составляет 0,05 км² и площадь зоны вторичным облаком 0,67 км².

(Продолжение Табл. 1.6)

⊕ Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе) хлора (свободный разлив)

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км) / площадь заражения (км ²) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, г									
	0,1	0,3	0,5	1	5	10	30	50	100	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ИЗОТЕРМИЯ

1	<u>0,24/0,00</u> <u>0,60/0,04</u>	<u>0,41/0,01</u> <u>1,06/0,12</u>	<u>0,53/0,018</u> <u>1,40/0,217</u>	<u>0,76/0,04</u> <u>2,06/0,47</u>	<u>1,89/0,29</u> <u>5,3/3,00</u>	<u>2,81/0,70</u> <u>7,87/6,82</u>	<u>5,37/2,91</u> <u>15,3/25,6</u>	<u>7,29/5,70</u> <u>20,8/52,88</u>	<u>11,1/14,3</u> <u>24,0/78,3</u>	<u>24,0/78,3</u> <u>24,0/78,3</u>
3	<u>0,14/0,00</u> <u>0,36/0,01</u>	<u>0,24/0,002</u> <u>0,63/0,04</u>	<u>0,31/0,004</u> <u>0,81/0,07</u>	<u>0,43/0,01</u> <u>1,15/0,13</u>	<u>0,98/0,05</u> <u>2,59/0,67</u>	<u>1,38/0,11</u> <u>3,74/1,42</u>	<u>2,42/0,40</u> <u>6,89/4,81</u>	<u>3,22/0,75</u> <u>9,22/8,65</u>	<u>4,77/1,79</u> <u>13,8/19,3</u>	<u>12,1/13,9</u> <u>35,9/95,5</u>
5	<u>0,10/0,00</u> <u>0,29/0,01</u>	<u>0,18/0,001</u> <u>0,50/0,024</u>	<u>0,24/0,002</u> <u>0,65/0,04</u>	<u>0,34/0,005</u> <u>0,91/0,08</u>	<u>0,76/0,03</u> <u>2,02/0,40</u>	<u>1,07/0,06</u> <u>2,90/0,81</u>	<u>1,86/0,20</u> <u>5,08/2,46</u>	<u>2,40/0,36</u> <u>6,71/4,32</u>	<u>3,40/0,77</u> <u>9,86/9,3</u>	<u>8,3/5,5</u> <u>24,9/59,5</u>
7	<u>0,09/0,00</u> <u>0,25/0,00</u>	<u>0,15/0,001</u> <u>0,45/0,017</u>	<u>0,20/0,001</u> <u>0,56/0,029</u>	<u>0,28/0,003</u> <u>0,79/0,058</u>	<u>0,64/0,02</u> <u>1,77/0,29</u>	<u>0,90/0,04</u> <u>2,50/0,58</u>	<u>1,57/0,13</u> <u>4,34/1,74</u>	<u>2,03/0,23</u> <u>5,60/2,90</u>	<u>2,87/0,50</u> <u>8,08/6,0</u>	<u>6,5/3,08</u> <u>19,8/36,45</u>
9	<u>0,08/0,00</u> <u>0,22/0,00</u>	<u>0,14/0,001</u> <u>0,39/0,013</u>	<u>0,17/0,001</u> <u>0,50/0,02</u>	<u>0,25/0,002</u> <u>0,17/0,045</u>	<u>0,56/0,01</u> <u>1,59/0,22</u>	<u>0,80/0,03</u> <u>2,24/0,45</u>	<u>1,38/0,09</u> <u>3,89/1,35</u>	<u>1,79/0,16</u> <u>5,02/2,25</u>	<u>2,56/0,36</u> <u>7,11/4,5</u>	<u>5,6/2,12</u> <u>17,0/25,8</u>
11	<u>0,07/0,00</u> <u>0,20/0,00</u>	<u>0,12/0,01</u> <u>0,35/0,01</u>	<u>0,16/0,001</u> <u>0,46/0,02</u>	<u>0,22/0,002</u> <u>0,65/0,037</u>	<u>0,51/0,01</u> <u>1,45/0,18</u>	<u>0,72/0,02</u> <u>2,06/0,37</u>	<u>1,25/0,07</u> <u>3,57/1,10</u>	<u>1,62/0,12</u> <u>4,61/1,84</u>	<u>2,29/0,27</u> <u>6,52/3,69</u>	<u>5,1/1,63</u> <u>15,1/19,85</u>
13	<u>0,06/0,00</u> <u>0,19/0,00</u>	<u>0,11/0,00</u> <u>0,33/0,001</u>	<u>0,15/0,001</u> <u>0,43/0,016</u>	<u>0,21/0,001</u> <u>0,60/0,031</u>	<u>0,47/0,01</u> <u>1,35/0,15</u>	<u>0,66/0,02</u> <u>1,91/0,31</u>	<u>1,15/0,05</u> <u>3,32/0,93</u>	<u>1,49/0,10</u> <u>4,29/1,56</u>	<u>2,11/0,22</u> <u>6,07/3,13</u>	<u>4,7/1,31</u> <u>13,7/16,0</u>
15	<u>0,06/0,00</u> <u>0,1/0,002</u>	<u>0,1/0,00</u> <u>0,3/0,00</u>	<u>0,14/0,001</u> <u>0,40/0,01</u>	<u>0,19/0,001</u> <u>0,57/0,027</u>	<u>0,43/0,007</u> <u>1,27/0,13</u>	<u>0,62/0,01</u> <u>1,80/0,27</u>	<u>1,07/0,04</u> <u>3,13/0,81</u>	<u>1,38/0,08</u> <u>4,03/1,35</u>	<u>1,96/0,18</u> <u>5,71/2,7</u>	<u>4,3/1,09</u> <u>12,7/13,5</u>

Примечание: При температуре отличной от +20⁰С водится поправочный коэффициент из Таблицы 1.5

Таким образом площадь по первичному облаку равна:

$$S' = 0.05 \text{ км}^2$$

по вторичному облаку равна:

$$S'' = 0.67 \text{ км}^2$$

$$m = 5 \tau (\text{х лор})$$

$$t = +20^{\circ}\text{C}$$

Утро

$$v = 3 \text{ м/с}$$

сплошная
облачность

жидкость
размлась
свободно
по донуше-
нию $h = 0,05 \text{ м}$

Решение

1. Изотермия.

$$2. \Gamma' = 0,98 \text{ км}$$

$$3. \Gamma'' = 2,59 \text{ км}$$

$$4. S' = 0,05 \text{ км}^2$$

$$5. S'' = 0,67 \text{ км}^2$$

Определим продолжительности поражающего действия хлора (времени испарения в районе аварии)

Время испарения АХОВ с площади разлива определяется по формуле:

$$T_{\text{пораж}} = \frac{h * d}{K_1 * K_2 * K_3} \quad (2)$$

где: h – толщина слоя АХОВ, м;

d – плотность АХОВ, т/м³;

K_1 – коэффициент физико-химических свойств АХОВ;

K_2 – коэффициент, учитывающий температуру воздуха;

K_3 – коэффициент, учитывающий скорость ветра.

По нашим условиям разлив произошел свободно, поэтому $h=0,05\text{м}$ по допущениям принятым в условиях нашей задачи.

Все остальные показатели мы возьмем из таблиц 1.3 и 1.4

1. По формуле (2) с использованием Таблиц 1.3 и 1.4 определяем время испарения хлора, где $h=0,05\text{м}$ (см. Допущения);
 $d=1,553\text{ т/м}^3$; $K_1=0,052$; $K_2=1$; $K_3=1,67$.

Таблица 1.3

Поправочные коэффициенты АХОВ

№	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, $d(\text{т/м}^3)$		K_1	K_2			
		Газ	Жидкость		-20°C	0°C	+20°C	+40°C
1	Аммиак	0,0008	0,681	0,025	1	1	1	1
2	Водород хлористый	0,0016	1,191	0,037	1	1	1	1
3	Сероуглерод	-	1,263	0,021	0,4	0,6	1	1,4
4	Соляная кислота	-	1,198	0,021	0,3	0,6	1	1,7
5	Формальдегид	-	0,815	0,034	1	1	1	1
6	Фосген	0,0035	1,432	0,061	0,5	0,9	1	1
7	Хлорпикрин	-	1,658	0,002	0,3	0,6	1	1,7
8	Хлор	0,0032	1,553	0,052	1	1	1	1

Таблица 1.4

Значение коэффициента K_3 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_3	1	1,33	1,67	2	2,34	2,67	3	3,34	3,67	4	5,68

$$T_{\text{пораж}} = \frac{h * d}{K_1 * K_2 * K_3} = \frac{0,05 * 1,553}{0,052 * 1 * 1,67} \approx 0,9 \text{ часа}$$

Примечание. Если бы емкость 5 т имела поддон высотой 0,8м, то при прочих равных условиях надо определить высоту столба разлившейся жидкости по формуле: $h = H - 0,2\text{м} = 0,8 - 0,2 = 0,6\text{м}$.

Для скорости ветра 3 м/с и $h = 0,6\text{м}$

$$T_{\text{пораж}} = \frac{0,6 * 1,553}{0,052 * 1 * 1,67} \approx 10,8 \text{ часов}$$

Дано:

$$m = 5 \text{ т (хлор)}$$

$$t = +20^\circ\text{C}$$

Итро

$$v = 3 \text{ м/с}$$

сплошная
область

жидкость
размлась
свободно
по допущению
 $h = 0,05 \text{ м}$

Решение

1. Изотермия.

$$2. \Gamma' = 0,98 \text{ км}$$

$$3. \Gamma'' = 2,59 \text{ км}$$

$$4. S' = 0,05 \text{ км}^2$$

$$5. S'' = 0,67 \text{ км}^2$$

$$6. T_{\text{пораж}} = \frac{h \cdot d}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}$$

$$h = 0,05$$

$$d = 1,553 \text{ (Табл. 1.3)}$$

$$k_1 = 0,052 \text{ (Табл. 1.3)}$$

$$k_2 = 1 \text{ (для } t = +20^\circ\text{)}$$

$$k_3 = 1,67 \text{ (для скорости } 3 \text{ м/с)}$$

Табл. 1.4

$$T_{\text{пораж}} = \frac{0,05 \cdot 1,553}{0,052 \cdot 1 \cdot 1,67} \approx 0,9 \text{ часа}$$

Все наши используемые таблицы определяют глубину и зону заражения при разливе хлора.

Теперь давайте рассмотрим вариант когда авария произошла с разливом какого то другого вещества.

Задача 2

На участке аммиакопровода «Тольятти – Одесса» в районе пункта «А» произошла авария с разливом жидкого аммиака в количестве 400т. Определить:

- глубину и площадь зоны заражения для первичного и вторичного облака;
- время подхода облака АХОВ к промышленному объекту «Б»;
- время токсичного действия.

Если известно что объект «Б» находится на расстоянии 10 км от пункта «А», вечер, скорость ветра 1м/с и направлена на пункт «Б»; погода ясная, температура 0⁰С.

Для прогнозирования и оценки обстановки в очагах поражения наиболее распространенными АХОВ необходимо использовать коэффициенты эквивалентности хлора ($K_{\text{ЭКВ}}$), поправочные коэффициенты к глубине (K_g) и площади (K_s) зоны заражения, приведенные в Таблице 1.5, и расчетных Таблицах 1.6 и 1.7.

Эквивалентное количество хлора ($Q_{\text{ЭКВ}}^{\text{ХЛ}}$) по сравнению с количеством выброшенного в окружающую среду АХОВ рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{ЭКВ}}^{\text{ХЛ}} = \frac{Q_{\text{АХОВ}}}{K_{\text{ЭКВ}}}$$

Таблица 1.5

**Коэффициенты эквивалентности наиболее
распространенных АХОВ к хлору и поправочные
(температурные) коэффициенты к глубине и площади зоны**

№	Наименование АХОВ	Коэффициент эквивалентности, ($K_{ЭКВ}$) при +20°C	Поправочные коэффициенты к глубине и площади зоны зара- жения (K_r/K_s)		
			Температура воздуха, °C		
			-20	0	+40
1	Аммиак	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> первичное облако 25 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> вторичное облако 25 </div>	<u>0,5/0,25</u> 1	<u>0,8/0,64</u> 1	<u>1,2/1,4</u> 1
2	Водород хлори- стый	<u>1,65</u> 3,7	<u>0,9/0,8</u> 1	<u>0,8/0,64</u> 1	<u>1,1/1,2</u> 1
3	Сероуглерод	<u>0</u> 350	<u>0</u> 0,4/0,16	<u>0</u> 0,6/0,36	<u>0</u> 1,4/2,0
4	Соляная кислота	<u>0</u> 7,0	<u>0</u> 0,3/0,09	<u>0</u> 0,6/0,36	<u>0</u> 1,7/2,9
5	Формальдегид	<u>1,2</u> 1	<u>0</u> 1	<u>0,7/0,5</u> 1	<u>1,2/1,4</u> 1
6	Хлорпикрин	<u>0</u> 0,52	<u>0</u> 0,3/0,09	<u>0</u> 0,6/0,36	<u>0</u> 1,7/2,9
7	Хлор	<u>1</u> 1	<u>0,5/0,25</u> 1	<u>0,8/0,64</u> 1	<u>1,2/1,4</u> 1

По условиям нашей задачи произошел разлив аммиака. Для определения эквивалентности разлива аммиака по отношению к хлору будем использовать таблицу 1.5

По формуле рассчитываем эквивалентное количество хлора для выброшенных 400 тонн аммиака:

$$\text{для первичного облака } Q_{\text{хл}} = \frac{400 \text{ т}}{25} = 16 \text{ т};$$

$$\text{для вторичного облака } Q_{\text{хл}} = \frac{400 \text{ т}}{25} = 16 \text{ т}.$$

Далее по Таблице 6.1 определяем глубину и площадь заражения для 16 тонн хлора, изотермии и скорости ветра равной 1 м/с (используя интерполяцию).

Глубина первичного облака равна:

$$G' = G_{10т} + \left(\frac{G_{30т} - G_{10т}}{30т - 10т} * n \right), \text{ где:}$$

$G_{10т}$ – глубина заражения по первичному облаку для 10 тонн;

$G_{30т}$ – глубина заражения по первичному облаку для 30 тонн;

$n = 16т - 10т = 6т$ – разность между массой, для которой надо найти глубину заражения и ближайшей массой, приведенной в Таблице 6.1.

Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе) хлора (свободный разлив)

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км) площадь заражения (км ²) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т									
	0,1	0,3	0,5	1	5	10	30	50	100	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ИНВЕРСИЯ

1	$\frac{0,50}{1,30} / \frac{0,01}{0,14}$	$\frac{0,88}{2,40} / \frac{0,045}{0,5}$	$\frac{1,17}{3,2} / \frac{0,084}{0,9}$	$\frac{1,74}{4,8} / \frac{0,2}{2,1}$	$\frac{4,44}{12,5} / \frac{1,56}{13,6}$	$\frac{6,71}{19,17} / \frac{3,87}{31,8}$	$\frac{13,0}{20,0} / \frac{16,8}{42,8}$	$\frac{17,5}{20,0} / \frac{33,5}{42,7}$	$\frac{20,0}{20,0} / \frac{42,7}{42,7}$	$\frac{20,0}{20,0} / \frac{42,7}{42,7}$
2	$\frac{0,35}{0,916} / \frac{0,005}{0,07}$	$\frac{0,61}{1,58} / \frac{0,017}{0,21}$	$\frac{0,79}{2,06} / \frac{0,03}{0,35}$	$\frac{1,12}{3,02} / \frac{0,66}{0,75}$	$\frac{2,6}{7,53} / \frac{0,44}{4,69}$	$\frac{3,9}{11,3} / \frac{1,05}{10,5}$	$\frac{7,5}{21,7} / \frac{4,3}{39,0}$	$\frac{10,1}{29,6} / \frac{8,3}{72,5}$	$\frac{15,3}{40,0} / \frac{20,8}{171,0}$	$\frac{40,0}{40,0} / \frac{171,0}{171,0}$
3	$\frac{0,28}{0,76} / \frac{0,003}{0,046}$	$\frac{0,50}{1,32} / \frac{0,01}{0,14}$	$\frac{0,65}{1,70} / \frac{0,018}{0,23}$	$\frac{0,92}{2,41} / \frac{0,04}{0,46}$	$\frac{2,05}{5,75} / \frac{0,22}{2,64}$	$\frac{2,98}{8,53} / \frac{0,51}{5,80}$	$\frac{5,52}{16,1} / \frac{2,0}{20,8}$	$\frac{7,4}{21,8} / \frac{3,8}{38,1}$	$\frac{11,1}{33,0} / \frac{9,4}{87,3}$	$\frac{29,2}{64,0} / \frac{78,06}{437,9}$
4	$\frac{0,25}{0,67} / \frac{0,002}{0,035}$	$\frac{0,43}{1,16} / \frac{0,01}{0,10}$	$\frac{0,56}{1,5} / \frac{0,012}{0,17}$	$\frac{0,79}{2,12} / \frac{0,026}{0,35}$	$\frac{1,77}{4,84} / \frac{0,15}{1,81}$	$\frac{2,51}{7,10} / \frac{0,33}{3,90}$	$\frac{4,5}{13,2} / \frac{1,2}{13,6}$	$\frac{6,0}{17,8} / \frac{2,3}{24,6}$	$\frac{9,0}{26,8} / \frac{5,56}{55,7}$	$\frac{23,1}{70,7} / \frac{44,4}{540,3}$

КОРРЕКЦИЯ

$$Г' = 6,7 \text{ км} + \left(\frac{13 \text{ км} - 6,7 \text{ км}}{30\Gamma - 10\Gamma} * 6\Gamma \right) = 6,7 \text{ км} + 1,89 \text{ км} \approx 8,59 \text{ км}$$



Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе) хлора (свободный разлив)

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Глубина (км) / площадь заражения (км ²) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, Г									
	0,1	0,3	0,5	1	5	10	30	50	100	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ИНВЕРСИЯ вторичное облако										
1	$\frac{0,50}{1,30} / \frac{0,01}{0,14}$	$\frac{0,88}{2,40} / \frac{0,045}{0,5}$	$\frac{1,17}{3,2} / \frac{0,084}{0,9}$	$\frac{1,74}{4,8} / \frac{0,2}{2,1}$	$\frac{4,44}{12,5} / \frac{1,56}{13,6}$	$\frac{6,71}{19,17} / \frac{3,87}{31,8}$	$\frac{13,0}{20,0} / \frac{16,8}{42,8}$	$\frac{17,5}{20,0} / \frac{33,5}{42,7}$	$\frac{20,0}{20,0} / \frac{42,7}{42,7}$	$\frac{20,0}{20,0} / \frac{42,7}{42,7}$
2	$\frac{0,35}{0,916} / \frac{0,005}{0,07}$	$\frac{0,61}{1,58} / \frac{0,017}{0,21}$	$\frac{0,79}{2,06} / \frac{0,03}{0,35}$	$\frac{1,12}{3,02} / \frac{0,66}{0,75}$	$\frac{2,6}{7,53} / \frac{0,44}{4,69}$	$\frac{3,9}{11,3} / \frac{1,05}{10,5}$	$\frac{7,5}{21,7} / \frac{4,3}{39,0}$	$\frac{10,1}{29,6} / \frac{8,3}{72,5}$	$\frac{15,3}{40,0} / \frac{20,8}{171,0}$	$\frac{40,0}{40,0} / \frac{171,0}{171,0}$
3	$\frac{0,28}{0,76} / \frac{0,003}{0,046}$	$\frac{0,50}{1,32} / \frac{0,01}{0,14}$	$\frac{0,65}{1,70} / \frac{0,018}{0,23}$	$\frac{0,92}{2,41} / \frac{0,04}{0,46}$	$\frac{2,05}{5,75} / \frac{0,22}{2,64}$	$\frac{2,98}{8,53} / \frac{0,51}{5,80}$	$\frac{5,52}{16,1} / \frac{2,0}{20,8}$	$\frac{7,4}{21,8} / \frac{3,8}{38,1}$	$\frac{11,1}{33,0} / \frac{9,4}{87,3}$	$\frac{29,2}{64,0} / \frac{78,06}{437,9}$
4	$\frac{0,25}{0,67} / \frac{0,002}{0,035}$	$\frac{0,43}{1,16} / \frac{0,01}{0,10}$	$\frac{0,56}{1,5} / \frac{0,012}{0,17}$	$\frac{0,79}{2,12} / \frac{0,026}{0,35}$	$\frac{1,77}{4,84} / \frac{0,15}{1,81}$	$\frac{2,51}{7,10} / \frac{0,33}{3,90}$	$\frac{4,5}{13,2} / \frac{1,2}{13,6}$	$\frac{6,0}{17,8} / \frac{2,3}{24,6}$	$\frac{9,0}{26,8} / \frac{5,56}{55,7}$	$\frac{23,1}{70,7} / \frac{44,4}{540,3}$

КОММЕНТАРИИ

$$G'' = 19,17 \text{ км} + \left(\frac{20 \text{ км} - 19,17 \text{ км}}{30\Gamma - 10\Gamma} * 6\Gamma \right) = 19,17 \text{ км} + 0,249 \text{ км} \approx 19,42 \text{ км}$$

Так же используя метод интерполяции определяем площадь зоны заражения по первичному и вторичному облаку.

Получаем:

$$S' \approx 7.75 \text{ км}^2$$

$$S'' \approx 35,1 \text{ км}^2$$

Но полученные данные относятся к ситуации +20°C, по условиям нашей задачи температура окружающей среды составляет 0°C.

Возвращаемся к таблице 1.5 чтобы определить поправочный коэффициент для глубины и площади по первичному и вторичному облаку.

Таблица 1.5

Коэффициенты эквивалентности наиболее распространенных АХОВ к хлору и поправочные (температурные) коэффициенты к глубине и площади зоны

№	Наименование АХОВ	Коэффициент эквивалентности, ($K_{экв}$) при +20°C	Поправочные коэффициенты к глубине и площади зоны заражения (K_r/K_s) <i>первичное</i>		
			Температура воздуха, °C		
			-20	0	+40
1	Аммиак	25	0,5/0,25	0,8/0,64	1,2/1,4
		25	<i>вторичное</i> 1	1	1
2	Водород хлористый	1,65	0,9/0,8	0,8/0,64	1,1/1,2
		3,7	1	1	1
3	Сероуглерод	0	0	0	0
		350	0,4/0,16	0,6/0,36	1,4/2,0
4	Соляная кислота	0	0	0	0
		70	0,2/0,00	0,6/0,36	1,7/2,0

Применяем поправочный коэффициент 0,8 для определения глубины зоны заражения по первичному облаку

$$\Gamma' = 8,59 \text{ км} * 0,8 \approx 6,872 \text{ км}$$

Поправочный коэффициент для вторичного облака равен 1, следовательно остается без изменения

$$\Gamma'' = 19,42 \text{ км}$$

Применяем поправочный коэффициент 0,64 для определения площади зоны заражения по первичному облаку

$$S' = 7,75 \text{ км}^2 * 0,64 \approx 4,96 \text{ км}^2$$

Поправочный коэффициент для вторичного облака равен 1, следовательно остается без изменения

$$S'' = 35,7 \text{ км}^2$$

Определение продолжительности поражающего действия АХОВ (времени испарения в районе аварии)

Таблица 1.3

Поправочные коэффициенты АХОВ

№	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, d(т/м³)		K ₁	K ₂			
		Газ	Жидкость		-20°C	0°C	+20°C	+40°C
1	Аммиак	0,0008	0,681	0,025	1	1	1	1
2	Водород хлористый	0,0016	1,191	0,037	1	1	1	1
3	Сероуглерод	-	1,263	0,021	0,4	0,6	1	1,4
4	Соляная кислота	-	1,198	0,021	0,3	0,6	1	1,7
5	Формальдегид	-	0,815	0,034	1	1	1	1
6	Фосген	0,0035	1,432	0,061	0,5	0,9	1	1
7	Хлорпикрин	-	1,658	0,002	0,3	0,6	1	1,7
8	Хлор	0,0032	1,553	0,052	1	1	1	1

Таблица 1.4

Значение коэффициента K₃ в зависимости от скорости ветра

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

$$T_{\text{пораж}} = \frac{h * d}{K_1 * K_2 * K_3} = 1,36 \text{ часа}$$

Определяем время подхода облака аммиака к объекту «Б» по формуле

$$t_{\text{подхода облака}} = \frac{X}{U}, \text{ час}$$

где U - скорость переноса переднего фронта облака аммиака будет 5 км/час (см.Таблицу 1.2).

$t_{\text{подхода облака}} = 10/5 = 2$ часа, т.е. ориентировочно к объекту «Б» облако аммиака подойдет через два часа.

Таблица 1.2

Определение скорости переноса переднего фронта облака

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скорость переноса облака, км/ч	Инверсия									
	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-
	Изотермия									
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
	Конвекция									
7	14	21	28	-	-	-	-	-	-	