

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ**



**Л.И. Маркитанова, В.В. Кисс, А.А. Маркитанова**

## **ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**

**Учебное пособие**



**Санкт-Петербург  
2014**

УДК 614.8 + 358.238

ББК 68.9

М 27

**Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Маркитанова А.А.** Оценка химической обстановки: Учеб. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 119 с.

Рассматриваются опасности, возникающие при работе с хлором и аммиаком, а также меры по защите персонала и окружающей среды от химического загрязнения. Систематизированы способы ликвидации аварий при разливе химических веществ.

Предназначено для самостоятельного изучения теоретического материала при подготовке бакалавров и магистров всех направлений по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

**Рецензенты:** кафедра безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (зав. кафедрой кандидат технических наук, доц. **С.В. Ефремов**); кандидат технических наук, доц. **Т.Т. Каверзнева** (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Маркитанова А.А., 2014

## СПИСОК ОСНОВНЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

### *Латинские*

$C$	– концентрация, мг/л
$CL$	– смертельная (летальная) концентрация, мг/м <sup>3</sup>
$CL_{50}$	– средняя смертельная концентрация, мг/м <sup>3</sup>
$DL$	– смертельная (летальная) доза, мг/кг
$F$	– площадь, м <sup>2</sup>
$Lim_{ac}$	– пороговая доза или порог однократного острого действия вещества, мг/м <sup>3</sup>
$Lim_{cr}$	– пороговая доза или порог хронического действия вещества, мг/м <sup>3</sup>
$P$	– давление, Па
$Q$	– количество выброшенного при аварии вещества, т
$q$	– расход реагента, г/ч
$R$	– радиус аппарата, м
$S_B$	– площадь зоны возможного заражения, км <sup>2</sup>
$V$	– объем, м <sup>3</sup>
$W$	– скорость подъема давления, м/с
$Z_{ac}$	– зона острого действия токсичного вещества
$Z_{cr}$	– зона хронического действия токсичного вещества

### *Греческие*

$\tau$	– продолжительность подъема давления, с
$\omega$	– содержание активного хлора в реагенте, %

### *Русские*

Г	– глубина распространения химических веществ, км
М	– относительная молекулярная масса
МПУ	– мембранные предохранительные устройства
ОБУВ	– ориентировочные безопасные уровни воздействия
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПК	– предохранительный клапан
Т	– температура, К

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. **АХОВ** – аварийно-химически опасные вещества.

2. **ОВ** – отравляющие вещества; **БОВ** – боевые отравляющие вещества.

3. **СДЯВ** – сильнодействующие ядовитые вещества. В список СДЯВ включены 107 химических веществ, в том числе 34 наименования АХОВ, из них в промышленности России наиболее часто применяется 21 наименование АХОВ.

Все химические вещества при попадании в окружающую среду оказывают токсичное поражающее действие на человека – перорально, через кожу или ингаляционным путем. Особо опасны при отравлении ингаляционным путем АХОВ и ОВ (табл. П1, П2, П3 приложения).

4. **ХОО** – химически опасный объект экономики (например, предприятие, железнодорожная станция или средства транспортировки и хранения химических веществ), при разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных, растений и других объектов окружающей среды.

5. **Зона заражения АХОВ (ОВ, СДЯВ)** – территория, зараженная химическим веществом в опасной для жизни людей (поражающей) концентрации.

6. **Прогнозирование масштабов заражения АХОВ (ОВ, СДЯВ)** – определение глубины (радиуса) и площади зоны заражения.

7. **Пороговая токсодоза** – порог вредного (однократного или хронического) действия, т. е. минимальная концентрация вещества, вызывающая изменение биологических показателей на организменном уровне, выходящем за пределы приспособительных реакций организма. При ингаляционном воздействии химических веществ это концентрация АХОВ, ОВ, СДЯВ в воздухе, вызывающая начальные симптомы поражения (поражающая концентрация).

8. **Первичное облако** – часть содержимого емкости со сжиженным газом или легкокипящим химическим веществом, которое мгновенно (1–3 мин) при разрушении емкости образует газы (пары) в воздухе.

9. **Вторичное облако** – количество газообразных химических веществ, образующихся при испарении разлитых или рассыпанных жидких или твердых веществ с подстилающей поверхности.

10. **Эквивалентное количество химического вещества** – это такое количество хлора в газообразном состоянии, масштаб заражения которым эквивалентен воздействию данного АХОВ, ОВ, СДЯВ при данной температуре воздуха, степени вертикальной устойчивости атмосферы, скорости и направлении ветра.

11. **Коэффициент эквивалентности хлора** – отношение массы данного химического вещества к массе хлора при равных масштабах заражения.

12. **Площадь зоны возможного заражения** – площадь территории, в пределах которой может перемещаться облако химического вещества при изменении начальных метеорологических условий.

13. **Площадь зоны фактического заражения** – площадь территории, в пределах которой приземный слой воздуха заражен газами (парами, аэрозолями) химического вещества в поражающих концентрациях.

14. **Максимальные масштабы заражения** – площадь фактического и возможного заражения окружающей среды химическим веществом при максимальной глубине распространения облака за 4 ч, прошедших после аварии (после возникновения ЧС), при условии, что фактическое время испарения вещества при свободном разливе или в «поддон» («обваловании») больше 4 ч. Если время испарения химического вещества меньше 4 ч, то время, прошедшее после аварии, принимается равным фактическому значению времени испарения.

15. **Вертикальная устойчивость воздуха** – устойчивое, или стабильное, состояние приземного (минимально – до высоты 10 м) слоя воздуха (табл. П4, П5 приложение).

16. **Инверсия** – состояние приземного слоя воздуха, при котором нижние слои холоднее верхних слоев. Возникает при ясной погоде и скорости ветра менее 4 м/с примерно за 1 ч до захода Солнца и разрушается по истечении ночи примерно за 1 ч после восхода Солнца. Инверсия неблагоприятна для рассеивания облака химических веществ, так как высокие концентрации АХОВ, ОВ и СДЯВ сохраняются в приземном слое.

17. **Конвекция** возникает при ясной погоде и скорости ветра меньше 4 м/с примерно через 2 ч после восхода Солнца и разрушается примерно за 2–2,5 ч до его захода. Обычно наблюдается летом. Это неустойчивое состояние атмосферы, при котором нижние слои нагреты сильнее верхних, что способствует перемешиванию слоев

воздуха, быстрому рассеиванию химически зараженных облаков и уменьшению поражающих концентраций или токсодоз химических веществ.

**18. Изотермия** – безразличное, или равновесное, состояние атмосферы, при котором наблюдается стабильное температурное равновесие воздуха по высоте. Возникает в пасмурную погоду и при снежном покрове, а также как переходное состояние между инверсией и конвекцией. Характерна при скоростях ветра более 4 м/с.

**19. Возможные потери людей в очаге химического поражения** – количество пострадавших людей: с летальным исходом; тяжелой, средней и легкой степенями поражения; суммарно общие потери.

## ВВЕДЕНИЕ

*Химической обстановкой* называют совокупность последствий химического заражения местности.

Химические вещества обладают различными физическими, химическими и токсикологическими свойствами. В зависимости от их поражающего действия выделяют боевые отравляющие вещества (БОВ), сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) и аварийно-химически опасные вещества (АХОВ). Наиболее опасны, даже при непродолжительном ингаляционном воздействии, газообразные отравляющие вещества (ОВ) и АХОВ, способные образовать очаг массового поражения.

Легколетучие жидкости, например метанол, не входящие в перечень АХОВ и представляющие собой вещества из списка СДЯВ, широко применяемые на производствах, также могут создавать аварийные ситуации при разливе. Поэтому совокупность последствий химического заражения местности ОВ, АХОВ или СДЯВ будем называть химической обстановкой.

Оценка химической обстановки производится методом прогнозирования и по данным контроля или разведки на основе фактических измерений концентрации веществ.

Исходными данными для оценки химической обстановки являются:

- тип и количество АХОВ, СДЯВ;
- средства применения химического оружия и тип ОВ;
- химические, физические и токсикологические свойства АХОВ, СДЯВ, ОВ.
- район и время выброса (разлива) ядовитых химических веществ;
- степень защищенности людей;
- топографические условия местности и характер застройки на пути распространения зараженного воздуха;
- метеоусловия (скорость и направление ветра в приземном слое, температура воздуха и почвы, степень вертикальной устойчивости воздуха).

Химическое вещество хлор ( $\text{Cl}_2$ ) широко используется в промышленности в качестве химического реагента, обеззараживающего и отбеливающего средства. Химические свойства хлора хорошо из-

вестны. В настоящее время хлор применяется на 900 объектах экономики, что составляет около 30 % от общей численности химически опасных объектов. На отдельных объектах находятся тысячи тонн сжиженного хлора. Кроме того, необходимо учитывать его транспортировку по железным и автомобильным дорогам, а также трубопроводам. Транспортные потоки проходят вблизи крупных городов. Аммиак широко используется в качестве хладагента в пищевой промышленности. Предприятия химической, целлюлозобумажной, нефтехимической, пищевой, оборонной, металлургической и других отраслей промышленности, а также объекты коммунально-бытового обеспечения населения создают потенциальную, а зачастую и реальную опасность возникновения очагов химического поражения.

Знание поражающих свойств аммиака, хлора и его соединений, заблаговременное прогнозирование и оценка последствий возможных аварий с их выбросом, соблюдение правил техники безопасности при эксплуатации систем и ликвидации аварий, обеспечение безопасности персонала, работающего на химически опасных объектах, а также населения близлежащих территорий, предотвращение загрязнения окружающей природной среды и другие меры безопасности имеют огромное значение.

Химическое загрязнение окружающей среды может произойти в результате испытаний или применения химического оружия, а также аварий на химически-опасных объектах (ХОО), к которым относятся и предприятия пищевой промышленности.

В Российской Федерации (РФ) приняты федеральные законы: «Об основах охраны труда в Российской Федерации» № 181-ФЗ от 17.07.1999 г., «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999 г., «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21.12.1994 г., «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. и др.

Решение задач защиты населения в чрезвычайных ситуациях, его жизнеобеспечения и ликвидации негативных последствий этих ситуаций во многом зависит от своевременной и грамотной оценки химической обстановки на территории, попавшей в зону химического заражения.

Под оценкой химической обстановки понимают:

- определение масштабов и характера химического заражения;
- анализ их влияния на деятельность хозяйствующих объектов, сил ГО и населения;
- выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается поражение людей.

В данной работе на примере аварии на химически опасном объекте с выбросом в окружающую среду аммиака прогнозируется масштаб заражения. Приведены расчетные формулы, справочные таблицы, необходимые пояснения и варианты заданий для выполнения расчетно-графических работ студентами дневного и заочного отделений всех специальностей, а также для дипломного проектирования.

Методика прогнозирования и оценки химической обстановки при выбросах в окружающую среду хлора, аммиака и других опасных химических веществ разработана на базе действующих в органах управления ГО и ЧС документов.

Ответственность работодателей, руководителей работ и персонала за соблюдение нормативных условий работы и безопасность труда, соблюдение нормированных воздействий производства на окружающую природную среду определена законодательством РФ. За нарушение правил промышленной безопасности, труда и охраны окружающей среды применяется дисциплинарная, административная, материальная и уголовная ответственность.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, изучающих такие дисциплины, как безопасность жизнедеятельности, промышленная безопасность, химия окружающей среды, общая и специальная экология, экологический мониторинг. Оно также может быть полезно инженерам и использовано в системе повышения квалификации и переквалификации инженерных кадров.

# 1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

## 1.1. Способы получения хлора

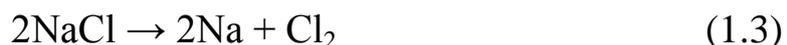
Соединение хлора – хлорид натрия (NaCl) – известно человечеству десятки тысячелетий. Издавна был известен способ получения поваренной соли из морской воды. Красочное описание добычи каменной соли в Ливии оставил нам греческий историк Геродот (V в. до н. э.). В свободном состоянии хлор (Cl<sub>2</sub>) впервые был получен в 1774 г. шведским химиком К.В. Шееле (1742–1786 гг.) посредством нагревания пиролюзита – оксида марганца (IV) – с соляной кислотой (HCl):



В дальнейшем хлор получали по способу Дикона окислением хлороводорода кислородом воздуха при 450 °С в присутствии солей меди, например, CuCl<sub>2</sub> в качестве катализатора:



В начале XX века химические методы получения хлора были вытеснены электрохимическими. Хлор стали получать в процессе электролиза расплавов хлоридов. Например, при электролизе хлорида натрия получают натрий и хлор:



В настоящее время свыше 90 % хлора, вырабатываемого во всем мире, получают электролизом солей, главным образом, хлорида натрия. Хлор выделяется на аноде при электролизе раствора хлорида натрия в воде:



Стандартный электродный потенциал равен 1,358 В для реакции  $2\text{Cl}^- \leftrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ , где  $\text{e}^-$  – электрон. Стадия разряда хлорид-иона, как правило, является лимитирующей, первой стадией реакций 1.3 и 1.4. Практически для электролиза применяют растворы NaCl с концентрацией  $\approx 5,3$  моль/л. При этом образуется хлор и такие ценные

продукты, как гидроксид натрия и водород, причем на 1 т получаемого хлора приходится 1,14 т щелочи и до 300 м<sup>3</sup> водорода. Оптимальное значение рН анолита поддерживают в пределах 2–3. При диафрагменном способе электролиза образующуюся щелочь непрерывно выводят из катодного пространства, а в анодное пространство вводят хлоридный раствор.

Вследствие значительного коррозионного воздействия хлора на большинство металлов реакцию анодного выделения хлора можно реализовать на немногих электродных материалах. В промышленности используют графит, стеклографит, диоксид марганца, окисно-рутениево-титановые аноды (ОРТА) и др.

Электролитическим способом (уравнение 1.4) в особых электролизерах получают гипохлориты натрия, так называемые белильные растворы, используемые в текстильной промышленности. Кроме гипохлоритов получают при электролизе концентрированных растворов хлорида натрия такие соли, как хлориты, хлораты и перхлораты. При выделении хлора протекают и другие побочные реакции, например



Водный раствор хлора ( $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) называют хлорной водой. В кислых и слабокислых растворах концентрация образующейся хлорноватистой кислоты мала. В щелочных растворах равновесие смещается вправо, в сторону образования гипохлоритов. Так как при хлорном электролизе на каждую молекулу  $\text{Cl}_2$  образуется два иона гидроксила (уравнение 1.4), то если проводить электролиз без разделительной диафрагмы, газообразный хлор не будет выделяться и можно получить разбавленные растворы гипохлорита натрия или других металлов (при электролизе растворов хлоридов других металлов).

Хлорноватистая кислота ( $\text{HClO}$ ), взаимодействующая со щелочью, образующейся на катоде, нейтрализуется и дает хорошо диссоциирующий гипохлорит натрия ( $\text{NaClO}$ )



При накоплении в растворе  $\text{HClO}$  и  $\text{NaClO}$  образуются хлориты ( $\text{NaClO}_2$ ) и хлораты ( $\text{NaClO}_3$ )



Перхлораты ( $\text{NaClO}_4$ ) получают из хлоратов электролизом в другом электролизере с платиновым блестящим анодом и платиновым или никелевым катодом



При хлорировании и аммонизации природных и сточных вод образуются моно-, ди-, трихлорамины, например



## **1.2. Химические и бактерицидные свойства хлора и его соединений**

Хлор – газ желто-зеленого цвета, с характерным раздражающим запахом. Относительная атомная масса хлора равна 35,453, а относительная молекулярная – 70,906. Молярная масса  $\text{Cl}_2$  в расчетах принимается 71 г/моль. Плотность при 20 °С и 101,3 кПа равна 3,214 кг/м<sup>3</sup>. Хлор тяжелее воздуха почти в 2,4 раза. При охлаждении до минус 34,05 °С хлор конденсируется в желтую жидкость, а при минус 101,6 °С затвердевает. Хлор представляет собой смесь двух изотопов: <sup>35</sup>Cl (75,77 %) и <sup>37</sup>Cl (24,23 %).

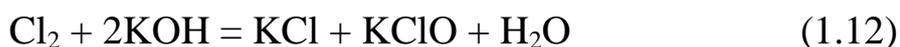
Хлор хорошо растворяется в таких органических растворителях, как дихлорэтан и тетрахлорметан. В воде при давлении 101,3 кПа и 273 К (0 °С) растворяется 461 объем хлора на 100 объемов воды. При повышении температуры растворимость уменьшается, например при 20 °С растворяется 230 объемов на 100 объемов воды.

Раствор хлора в воде называют хлорной водой. Раствор имеет сильноокислую реакцию, так как образуется соляная (HCl) и хлорноватистая (HClO) кислоты. Реакция обратима, причем при обычных условиях в насыщенном растворе гидролизовано около трети растворенного хлора.

Хлорная вода обладает комплексом бактерицидных свойств, обусловленных действием молекулярного хлора, агрессивной кислотой

средой (катионы гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), атомарным кислородом, образующимся при разложении неустойчивой хлорноватистой кислоты ( $\text{HClO} \leftrightarrow \text{HCl} + \text{O}$ ), и в наибольшей степени – диффузией молекул  $\text{HClO}$  внутрь бактериальной клетки и окислением ферментов.

При пропуске хлора в раствор щелочи образуется смесь растворов соответствующих хлорида и гипохлорита:



При взаимодействии хлора с гидроксидом кальция образуется хлорная известь – смешанная соль хлорноватистой и соляной кислот:



Соли хлорноватистой кислоты (гипохлориты и смешанные соли), а также хлористой кислоты ( $\text{HClO}_2$ ) в свободном состоянии неустойчивы и являются сильными окислителями в водных растворах.

### 1.3. Свойства аммиака

Аммиак,  $\text{NH}_3$  – бесцветный газ с резким характерным запахом, легче воздуха в 1,7 раз, хорошо растворим в воде, горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом. Хранится и перевозится в сжиженном виде под давлением 0,6 – 0,7 МПа и при низких температурах.  $t_{\text{кип}} = -33,3^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пл}} = -77,7^\circ\text{C}$ . При содержании в воздухе 22% по объему максимально взрывоопасен. При длительном хранении частично разлагается с выделением водорода. Широко используется в промышленности, сельском хозяйстве и в быту. Аммиак используется при производстве азотной и синильной кислот, мочевины, соды, азотсодержащих солей, удобрений, а также при крашении тканей и серебрении зеркал; как хладагент в холодильниках; 10 %-й водный раствор аммиака известен под названием «нашатырный спирт», 18–20 %-й раствор аммиака называется аммиачной водой и используется в качестве удобрения. При выходе в атмосферу аммиак дымит, быстро поглощается влагой.

## Контрольные вопросы и задачи

1. Составьте уравнения реакций, описывающих химические способы получения хлора.

2. Составьте уравнения реакций, описывающих электрохимические способы получения хлора.

3. При окислении сероводорода, содержащегося в канализационных сточных водах, хлорной водой образуются серная и соляная кислоты. Напишите уравнение реакции. Подберите коэффициенты методом электронного баланса. Напишите электронную схему реакции. Укажите окислитель и восстановитель.

4. При хлорировании и аммонизации сточных вод образуется трихлорамин. Напишите уравнение реакции. Подберите коэффициенты методом электронного баланса. Напишите электронную схему реакции. Укажите окислитель и восстановитель.

## 2. ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

### 2.1. Токсикологическая классификация химических веществ

Из физических свойств ядов на их токсичность влияют растворимость, летучесть, агрегатное состояние.

*Порог вредного действия* – это пороговая, минимальная концентрация (*Lim*) или доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения биологических показателей, выходящие за пределы приспособительных реакций.

Смертельные (летальные) дозы (*DL*) или концентрации (*CL*) могут вызывать единичные случаи гибели (минимальные смертельные) или гибель всех организмов (абсолютно смертельные).

*Токсодозой* называют величину, которая учитывает концентрацию вещества и длительность экспозиции.

Токсикологическая классификация химических веществ представлена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Токсикологическая классификация химических веществ

Токсическое воздействие	Примеры токсичных веществ
Нервно-паралитическое действие (спазм, удушье, судороги и параличи)	Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, никотин, ОВ*)
Кожно-резорбтивное действие (воспалительные и некротические изменения)	Дихлорэтан, гексахлоран, мышьяк и его соединения, сулема ( $\text{HgCl}_2$ ), уксусная эссенция и др.
Общетоксическое действие (судороги, кома, отек мозга, параличи)	Цианистый водород и производные синильной кислоты, алкоголя, угарный газ, ОВ
Удушающее действие (токсический отек легких)	Хлор, оксиды азота, ОВ
Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек)	Пары кислот и щелочей, хлористый водород, хлорпикрин, ОВ
Психотическое действие (нарушение психической активности, сознания)	Наркотики, атропин

\*ОВ – отравляющие вещества, такие как зарин, зоман, иприт и др.

Хлор раздражает интерорецепторы слизистых дыхательных путей, что приводит к спазму мускулатуры бронхов, изменению деятельности сердца, раздражению дыхательного и сосудистого центров. Таким образом, хлор является раздражающим газом удушающего действия, т. е. вызывает комбинированное токсикологическое воздействие на организм и относится к удушающим газам остронаправленного действия.

Концентрация хлора в воздухе, равная  $1200 \text{ мг/м}^3$  вызывает гибель 50 % подопытных животных при получасовом ингаляционном воздействии. Такую концентрацию называют *средней смертельной* ( $CL_{50}$ ). Смертельное отравление возможно при вдыхании в течение часа воздуха, содержащего хлор в количестве  $100\text{--}150 \text{ мг/м}^3$ , или в течение 5 мин при концентрации хлора  $250 \text{ мг/м}^3$ . Увеличение концентрации хлора в помещении до  $2500 \text{ мг/м}^3$  вызывает немедленную смерть.

Аммиак менее токсичен, чем хлор. Порог ощущения хлора составляет  $3 \text{ мг/м}^3$ , а у аммиака –  $37 \text{ мг/м}^3$ . Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны равна  $1 \text{ мг/м}^3$  для хлора и  $20 \text{ мг/м}^3$  для аммиака. Поражающая концентрация хлора –  $10 \text{ мг/м}^3$ , мгновенная смерть наступает при входе воздуха с концентрацией  $510\text{--}1200 \text{ мг/м}^3$  в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека. Аммиак при концентрации  $280 \text{ мг/м}^3$  вызывает раздражение горла, при  $490 \text{ мг/м}^3$  – раздражение глаз, при концентрации  $1500\text{--}2700 \text{ мг/м}^3$  воздействие в течение  $0,5\text{--}1,0$  ч приводит к летальному исходу.

Запах хлора ощущается при концентрации хлора  $3 \text{ мг/м}^3$ . Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны равна  $1 \text{ мг/м}^3$ . Поражающая концентрация равна  $10 \text{ мг/м}^3$ , мгновенная смерть наступает при входе воздуха с концентрацией  $510\text{--}1200 \text{ мг/м}^3$  в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека. *Поражающая концентрация* вызывает потерю работоспособности у 50 % людей, оказавшихся в зоне поражения, при вдыхании паров в течение двух часов.

Возможная глубина ( $\Gamma$ , км) распространения пороговых токсодоз и время поражающего действия хлора и хлористого водорода представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Возможная глубина (км) распространения пороговых токсодоз  
и время (ч) поражающего действия хлора и хлористого водорода**

Вещество	Пороговая токсодоза, $Lim_{ac}$ , мг·мин/л	Смертельная токсодоза, $DL_{50}$ , мг·мин/л	Глубина (Г, км) при свободном розливе вещества (масса в тоннах)						Время, ч
			1	5	10	50	100	500	
Cl <sub>2</sub>	0,6	6,0	4,9	13	20	55	80	500	1,5
HCl	2,0	20,0	2,4	6,2	9,4	25	38	80	1,6

Площадь зоны возможного заражения ( $S_{в}$ , км<sup>2</sup>) можно рассчитать по формуле:

$$S_{в} = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi, \quad (2.1)$$

где  $\varphi$  – угловые размеры (в градусах) зоны возможного заражения в зависимости от скорости ветра (табл. 2.3).

Таблица 2.3

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

Скорость ветра, $V$ , м/с	0,5	0,6 – 1,0	1,1 – 2,0	более 2,0
Угловые размеры, $\varphi$ , град	360	180	90	45

Предельно допустимые концентрации и класс опасности АХОВ приведены в табл. 2.4, токсикологическая характеристика в табл. 2.5.

Таблица 2.4

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) АХОВ**

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>			Класс опасности вещества
	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенной зоны		
		среднесуточная	максимальная разовая	
Cl <sub>2</sub>	1,0	0,03	0,1	2
HCl	5,0	0,01	0,2	3
NH <sub>3</sub>	20,0	0,04	0,2	4

Таблица 2.5

## Токсикологическая характеристика некоторых химических веществ

№ пп	Наименование химического вещества	Воздействие через органы дыхания (доза), мг · мин/л		Симптомы	Классифика- ция по токси- ческому действию
		Смер- тельная LD <sub>50</sub>	Поро- говая, пора- жающая		
1	Аммиак	–	15,0	Кашель, резь в глазах, судороги	Раздражаю- щего и уду- шающего
2	Водород хлористый	20,0	2,0		
3	Водород фтористый	–	4,0		
4	Оксиды азота	–	1,5		
5	Сероводород	–	16,1		
6	Фтор	–	0,2		
7	Хлор	6,0	0,6	Кашель, удушье, отек легких	Удушающего
8	Фосген	3,2	0,6		
9	Хлорциан	11,0	7,0	Раздражение слизистых, ды- хательных пу- тей, судороги, аритмия, потеря сознания	Общедови- того
10	Синильная кислота				
11	Угарный газ				
12	Иприт	1,5	–	Нарывы, язвы, поражение лег- ких	Кожно- нарывного
13	Люизит	1,3	–		
14	Зарин	0,1	0,055	Потовыделение, судороги, кон- вульсии, смерть от удушья	Нервно- паралитиче- ского
15	Зоман	0,05	0,025		
16	VX (аэрозоль)	0,01	0,005		
17	Табун	0,4	–		
18	Хлорацетофенон	85,0	0,03	Раздражение слизистых	Раздражаю- щего

## **2.2. Симптомы поражения хлором**

При острых и подострых отравлениях хлором возникает раздражение слизистых верхних отрезков дыхательных путей: набухание, отек и усиленное отделение слизи. Это вызывает кашель, чувство удушья, жжения, боли в груди, иногда появляются резь в глазах, слезотечение, возникает головная боль, боль в подложечной области и правом подреберье. При тяжелых отравлениях могут возникнуть бронхиолит, бронхопневмония и даже отек легких. Дыхание в этих случаях затруднено, появляется одышка, цианоз, температура тела повышается. Возможна асфиксия (удушье) в результате спазма мышц голосовых связок.

После перенесенных отравлений иногда возникают отдаленные последствия в виде хронических катаров верхних дыхательных путей, периодически обостряющихся при охлаждении тела; в виде инфекций, приводящих к хроническому трахеиту, бронхиту, пневмосклерозу, эмфиземе легких, бронхоэктатической болезни и легочно-сердечной недостаточности. Возможна активизация туберкулезного процесса.

При длительном действии малых концентраций развивается хроническое отравление в форме трахеобронхита, бронхита, эмфиземы легких, пневмосклероза. На открытых и закрытых участках кожи могут возникать «хлорные угри», а при частом попадании на кожу хлорной извести – дерматит и экзема.

## **2.3. Симптомы поражения аммиаком**

Обильное слезотечение, боль в глазах, потеря зрения, приступообразный кашель; при поражении кожи химический ожог 1-й или 2-й степени.

### **Контрольные вопросы и задачи**

1. Какие физические свойства вредных веществ определяют их токсичность?
2. Что называют минимальной, абсолютной, средней смертельной дозой или концентрацией? Что называют токсодозой вещества?

3. В каких случаях при поражении хлором или другими отравляющими, аварийно-опасными веществами возможно развитие хронических заболеваний?

4. Классифицируйте химические вещества по их токсическому воздействию.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЯДОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ АВАРИЙ

#### 3.1. Классы опасности химических веществ

Количественные показатели токсичности и опасности вредных веществ называют показателями токсиметрии. По избирательной токсичности хлор относят, главным образом, к легочным ядам. Показатели токсикометрии определяют *класс опасности вещества*. Определяющим является тот показатель, который свидетельствует о *наибольшей степени опасности*.

Определение смертельных доз и концентраций необходимо для оценки опасности химических веществ, установления возможности острых отравлений на производстве, определения безопасных концентраций расчетными методами и т. п. Следует иметь в виду, что токсичность и опасность химических веществ – понятия разные. *Эффективная токсичность (опасность)* – это произведение абсолютной токсичности на летучесть. Малотоксичное, но очень летучее вещество в условиях производства может оказаться гораздо опаснее, чем высокотоксичное, но менее летучее. При температуре окружающей среды 293 К или 20 °С доля мгновенно испаряющегося из резервуара облака хлора составляет около 17 % от емкости резервуара. В настоящее время опасность химических веществ оценивают по величине *коэффициента возможности ингаляционного отравления* – КВИО:

$$\text{КВИО} = C_{20} / CL_{50}, \quad (3.1)$$

где  $C_{20}$  – насыщенная концентрация химического вещества при температуре 293 К;  $CL_{50}$  – средняя смертельная концентрация.

Реальную опасность развития острого или хронического отравления оценивают величиной зоны острого ( $Z_{ac}$ ) или хронического ( $Z_{cr}$ ) действия, соответственно. Для этого определяют *порог вредного действия*, т. е. пороговую, минимальную концентрацию или дозу вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения биологических показателей, выходящие за пределы приспособительных реакций.

$$Z_{ac} = CL_{50} / Lim_{ac}, \quad (3.2)$$

$$Z_{cr} = Lim_{ac} / Lim_{cr}, \quad (3.3)$$

где  $Lim_{ac}$  и  $Lim_{cr}$  – порог вредного действия, однократного острого и хронического, соответственно.

Чем меньше зона острого отравления и больше зона хронического отравления, тем опаснее химическое вещество.

Для диагностики и лечения в клинической практике различают четыре степени тяжести острого отравления хлором, представленные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

#### Симптомы тяжести острого отравления хлором

Степень поражения	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Симптомы
1. Легкая	2 – 12	Слабовыраженная рефлекторная реакция на интоксикацию, исчезающая при лечении за 1–2 суток
2. Средняя	13 – 90	Выраженная рефлекторная реакция на интоксикацию, характерный «хлорный» кашель, рассеянные сухие хрипы в легких – наличие поражения легочной функции
3. Тяжелая	91 – 150	После периода ремиссии возникает токсический отек легких, нарастают влажные и сухие хрипы, развивается тахикардия
4. Крайне тяжелая	510 – 1200	Пострадавший погибает в течение нескольких минут из-за остановки дыхания и сердца

При современном состоянии технологических процессов и средств борьбы с поступлением ядов в рабочую зону требование отсутствия их в зоне дыхания рабочего часто является нереальным, а достижение этого – очень трудной технической задачей. В связи с этим в гигиене труда приняты предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК), условно безвредные для здоровья.

*ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны* – это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными

методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в настоящее время проводится в три этапа: 1) обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ); 2) обоснование ПДК; 3) корректирование ПДК с учетом условий труда работающих и состояния их здоровья.

ОБУВ устанавливают временно, на период, предшествующий проектированию производства. Значение ОБУВ определяется расчетным путем по физико-химическим свойствам вещества или по показателям острой токсичности. ОБУВ должны пересматриваться через 2 года после их утверждения.

ПДК устанавливают на уровне в 2–3 раза (коэффициент запаса) ниже, чем порог хронического воздействия ( $Lim_{cr}$ ). Коэффициент запаса увеличивают до 10 и более при выявлении специфического (мутагенного, канцерогенного) действия вредного вещества.

ПДК большинства химических веществ оценивают как максимальные разовые. Для химических веществ, обладающих кумулятивными свойствами, приняты среднесменные ПДК, так как хронические отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых ими нарушений в организме (функциональная кумуляция). *Кумуляция* – это свойство вещества накапливаться в организме.

На организм может оказываться *комбинированное действие* – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

*Аддитивное действие* – это суммарный эффект смеси веществ однонаправленного действия (оказывают влияние на одни и те же системы организма), равный сумме эффектов действующих компонентов. Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного воздействия ядов используют уравнение

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3.4)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрация каждого вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>, ..., ПДК<sub>n</sub> – предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м<sup>3</sup>.

По степени воздействия на организм вредные химические вещества подразделяют на пять классов опасности: 1) чрезвычайно опасные; 2) высокоопасные; 3) умеренноопасные; 4) малоопасные; 5) практически не опасные.

Классификация производственных ядов по четырем степеням опасности представлена табл. 3.2.

Таблица 3.2

### Классификация производственных ядов по степени опасности

Показатель	Класс опасности			
	1	2	3	4
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1 – 1,0	1,0 – 10,0	>10
Средняя смертельная доза при введении в желудок $DL_{50}^ж$ , мг/кг	< 15	15–150	150–5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу $DL_{50}^к$ , мг/кг	< 100	100–500	500–2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе $CL_{50}$ , мг/м <sup>3</sup>	< 500	500–5000	5000–50000	>50000
Зона острого действия $Z_{ac}$	< 6	6–18	18–54	>54
Зона хронического действия $Z_{cr}$	< 10	10–5	5–2,5	< 2,5
КВИО	> 300	300–30	30–3	< 3,0

Отнесение вредного вещества к классу опасности производится по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Классификация ядов по их опасности является основой для выбора менее вредных веществ при внедрении их в производство и определения строгости соблюдения гигиенических требований по борьбе с профессиональными отравлениями.

В настоящее время в мире производится более 30 млн т хлора ежегодно. Весьма приблизительно оценивается, что на каждые изготовленные в Западной Европе 12 млн т хлора происходит один несчастный случай с летальным исходом, в угольной промышленности Великобритании с охраной труда и техникой безопасности значительно хуже: один летальный случай приходится на 1 млн т добытого угля.

Первое применение хлора в качестве боевого отравляющего вещества (БОВ) произошло 19 января 1915 г в районе польского местечка Болимов. Из-за холодной погоды летучесть хлора была низкой и поражающее действие оказалось малоэффективным. Второй случай – газовая атака 22 апреля 1915 г в районе Ипра (Бельгия). При легком ветре на участке фронта длиной 7 км было применено 168 т хлора. Облако хлора образовалось за 5 минут. Средств защиты (противогазов) в то время не было. Военная дисциплина не позволила солдатам покинуть позиции, т. е. эвакуироваться. Низины и овраги рельефа местности создавали карманы, в которых скапливался хлор, в 2,5 раза более тяжелый, чем воздух. Из 27 тысяч человек, подвергшихся воздействию хлора, погибло 5350 человек, т. е. около 20 % от общего числа пораженных. К счастью, ветер поменял направление и население г. Ипр, находящегося в 5 км от центра применения хлора, не пострадало.

Аналогичны последствия и крупных промышленных аварий с выбросом хлора из резервуаров, трубопроводов, железнодорожных цистерн.

### 3.2. Классификация типовых химических аварий

Приведем краткое описание некоторых аварий (табл. 3.3–3.4).

Все типовые химические аварии принято классифицировать по масштабам возможных последствий, по заражению приземного слоя воздуха (до уровня флюгера, т. е. 10 м) аварийно химически опасными веществами.

Таблица 3.3

#### Аварии с выбросом хлора

Дата и место аварии	Хранилище хлора и причина разрушения	Масса хлора, т	Площадь заражения, км <sup>2</sup>	Пострадавшие, чел.	Погибшие, чел.
13.12.1926 Сент-Обан, Франция	Электролизер; внутренний взрыв при реакции хлора с водородом	24	0,00785	–	19

Окончание табл. 3.3

Дата и место аварии	Хранилище хлора и причина разрушения	Масса хлора, т	Площадь заражения, км <sup>2</sup>	Пострадавшие, чел.	Погибшие, чел.
24.12.1939 Зарнешти, Румыния	Резервуар; разрыв оболочки под действием гидравлического давления	24	19,625	–	60
05.11.1947 г. Раума, Финляндия	Резервуар не имел предохранительного клапана; разрыв оболочки резервуара из-за его переполнения	30	0,07065	–	19
31.01.1961 Ла-Барр, США	Пробой железнодорожной цистерны из-за схода состава с рельс	35	15	100	1
10.11.1979 Миссиссауг, Канада	Сход с рельсов 25 цистерн из-за заклинивания буксы одного из вагонов при перегреве; в одной цистерне хлор, в трех – толуол, в трех – едкий натр	60	125	2·10 <sup>5</sup>	–
01.08.1981 Монтана, Мексика	Отказ тормозов и сход 32 цистерн с хлором в узком ущелье	300	–	500	17
03.12 1984 Бхопал, Индия	Подробности не сообщали	–	–	–	5000

Классификация типовых химических аварий (с выбросом АХОВ или разливом СДЯВ) и привлекаемые силы для ее ликвидации на территории России представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.4

## Аварии с выбросом аммиака

Дата и место аварии	Хранилище аммиака и причина разрушения	Масса выброса, т	Площадь заражения, радиус	Пострадавшие, чел.	Погибшие, чел.
5.06.1971 г. Флорал (шт. Арканзас, США)	Разрыв трубопровода	600	Аммиак попал в реку, что привело к гибели рыбы		
13.07.1973 г. Подгефтрум (ЮАР)	Отрыв торцевой крышки резервуара, содержащего 50т NH <sub>3</sub>	38	более 0,25 км	83	18
11.05.1976 г. Хьюстон (шт. Техас, США)	Автоцистерна с NH <sub>3</sub> съехала с полотна дороги пролетов 10м, упала на нижнее шоссе	19	1 км <sup>2</sup>	100	6
25.04.2008 станция Гребенка (Полтавская область, Украина)	Перевернулись две цистерны с аммиачной водой	2 м <sup>3</sup>	–	–	–
6.08.2013, г. Горловка (Донецк, Украина)	Авария на заводе «Стирол», разгерметизация аммиакопровода	–	–	26	12

**Классификация типовых химических аварий**

Тип аварии	Масштаб последствий	Силы для ликвидации последствий
Частная	Одна установка, цех; незначительная утечка АХОВ или СДЯВ	Штатный персонал предприятия
Объектовая	Территория объекта; глубина зоны заражения меньше радиуса санитарно-защитной зоны	Специализированные и гражданские организации гражданской обороны
Местная	Город, район, область; облако достигает жилой зоны; эвакуация населения	Территориальные силы ГО и МЧС, воинские части ГО
Региональная	Несколько субъектов РФ или регион; эвакуация населения	Организации, соединения и воинские части ГО и МЧС, спец. подразделения министерств и ведомств
Глобальная	Полное разрушение хранилищ АХОВ, СДЯВ. Несколько регионов и сопредельные страны. Эвакуация населения;	Все виды сил ГО, МЧС, спецподразделения и подразделения вооруженных сил России

**Контрольные вопросы и задачи**

1. С какой целью необходимо знать токсикометрические показатели химических веществ?
2. Как влияет летучесть вещества на его токсичность?
3. Какими свойствами веществ определяется нормирование ПДК разовых и/или среднесменных?
4. Как оценивается состояние воздушной среды при одновременном присутствии нескольких вредных веществ?
5. Приведите классификацию химических веществ по классам опасности.
6. Как классифицируют типовые химические аварии?
7. Какие силы используются для ликвидации аварий?

## 4. ПРИБОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ И КОНТРОЛЯ

*Оценка химической обстановки* производится методом прогнозирования и по данным разведки, т. е. показателям проведенного на местности контроля по замеру концентрации (содержания) химических веществ в воздухе или на поверхности различных предметов.

*Режим химической защиты населения* – это порядок действия людей и применение средств и способов защиты в зоне химического загрязнения с целью уменьшения токсических доз и возможных последствий отравления ОВ, АХОВ, СДЯВ. Режимы химической защиты могут планироваться заранее в зависимости от ожидаемой концентрации опасных веществ и условий защиты. Уточнение режимов защиты проводится в зависимости от фактически сложившейся химической обстановки. Продолжительность соблюдения режима защиты устанавливается соответствующим начальником ГО и доводится до подчиненных органов управления ГОЧС с использованием существующих средств связи.

Выбор целесообразных способов химической защиты основан на данных о степени химического загрязнения местности, использовании защитных свойств инженерных сооружений (средств фильтрации и регенерации воздуха), машин и комплектов специальной обработки, транспортных, медицинских и индивидуальных средств защиты органов дыхания (СИЗОД) и кожи (СИЗК). Выдача средств химической защиты осуществляется по решению начальников ГОЧС со складов через систему пунктов выдачи с привлечением необходимых транспортных средств.

### 4.1. Методы отбора и анализа проб воздуха

*Аспирационный метод* отбора проб воздуха основан на протягивании определенного объема анализируемого воздуха через твердые или жидкие наполнители.

Для отбора пробы необходим аспиратор и устройства для задержки анализируемого вещества.

*Электрический аспиратор* состоит из воздуходувки, отсасывающей воздух, электромотора и четырех реометров. Два реометра градуированы от 0 до 20 л/мин и предназначены для отбора проб пыли, а два других от 0 до 1 л/мин – для отбора проб воздуха на содержание газов и паров, например, аэрозоля серной кислоты.

Если нет источника тока или его нельзя использовать по условиям взрывобезопасности, то применяют *эжекторный аспиратор АЭРА*.

Внутри *универсальных газоанализаторов УГ-1, УГ-2, «Прибор СО»* расположен резиновый мешочек (сильфон) с установленной в нем пружиной. Сжав пружину с помощью штока и зафиксировав его в верхнем углублении стопором, подсоединяют к резиновому шлангу (резиновой трубочке) индикаторную трубочку. В зоне отбора одной рукой надавливают на головку штока, другой отводят стопор, при этом пружина разжимается, шток начинает двигаться вверх, определенный объем воздуха (100, 200, 400 мл) просасывается через индикаторную трубку. При незначительной концентрации химических веществ можно последовательно прокачать до пяти исследуемых объемов воздуха.

*Войсковой прибор химической разведки (ВПХР)* в качестве аспиратора имеет *насос*, причем рабочий ход насоса происходит на всасывании, а не на выталкивании, как в обычных насосах.

В качестве аспиратора может быть использована обычная *медицинская резиновая груша* определенного (известного) объема. С ее помощью в полевых условиях также можно прокачивать воздух через поглотительный прибор.

Устройства для задержки анализируемого воздуха с помощью резиновых шлангов (трубок) присоединяют к штуцерам аспираторов.

Устройства для задержки анализируемого воздуха – это *фильтры*, изготовленные из перхлорвиниловой ткани, *поглотители*, заполняемые раствором или твердыми сорбентами (активированный уголь, силикагель). В лаборатории химические вещества, задержанные фильтром, растворами для поглощения или сорбентами, извлекаются из них специальными растворителями и анализируются.

*Методы анализа проб воздуха* весьма разнообразны: фотометрические, люминесцентные, полярографические, нефелометрические, колориметрические, хроматографические (жидкостная, газовая, колоночная хроматография) и др. *Инструментальные методы анализа* основаны на автоматизированной системе контроля загрязнения воздуха. Например, *лидары*, которые регистрируют обратное рассеивание атмосферой излучения лазера; трансформационный инфракрасный Фурье-спектрометр; газоанализаторы фотометрические типа ФЛ

определяют содержание оксидов азота, серы, углерода, сероводорода; для определения хлора разработаны фотоколориметрические газоанализаторы типа ФКГ-3, ФКГ-3М, системы контроля содержания хлора типа СКХ, «Политрон-П» и др.

При возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) (аварии или катастрофы техногенного, природного, экологического или социально- и военно-политического характера) необходимо быстро провести оценку химической обстановки. Для этого используют методы *экспресс-анализа*. Широкое распространение приобрел метод *колоночной хроматографии*. Поглотители или фильтрующие патроны представляют стеклянные трубки с перетяжками (*индикаторные трубки*), заполненные индикаторным порошком. Порошки удерживаются в трубке двумя тампонами из гигроскопической ваты. Трубки могут иметь запаянные концы.

Индикаторный порошок – это сорбент, пропитанный соответствующими химическими реагентами, которые изменяют окраску при взаимодействии с ОВ, АХОВ, СДЯВ. Например, в «Приборе СО» угарный газ (оксид углерода II, класс опасности 4) взаимодействует с желтым силикомолибденовым комплексом, переводя его в синий (чувствительность метода  $10 \text{ мг/м}^3$ , пределы определяемых концентраций  $10 - 1000 \text{ мг/м}^3$ . Предельно допустимая концентрация угарного газа (ПДК),  $\text{мг/м}^3$ , составляет: в рабочей зоне 20, в атмосферном воздухе населенных мест – максимально разовая 5, среднесуточная 3).

Для анализа многих веществ, содержащихся в окружающей среде – бензола, ксилола, сероводорода, хлора, аммиака, окиси углерода и др. – применимы универсальные газоанализаторы УГ-1 и УГ-2, для определения фосфорорганических веществ (ФОВ) (зарина, зомана, V-газов) и других ОВ (иприта, фосгена, синильной кислоты и др.) используют ВПХР. Для определения разных веществ используют индикаторные трубки, заполненные соответствующими реагентами. *Принцип анализа* является общим: при просасывании анализируемого воздуха через индикаторную трубку столбик сорбента окрашивается на большую или меньшую высоту (длину) в зависимости от концентрации вещества. Длина окрашенной части порошка пропорциональна концентрации токсичного вещества. По шкале эталона, помещенной в приборе, определяют концентрацию.

## 4.2. Войсковой прибор химической разведки

Войсковой прибор химической разведки (ВПХР) предназначен для обнаружения и определения ОВ: в воздухе – таких, как VX и VZ, а в воздухе на местности, технике, вооружении, одежде и различных предметах в полевых условиях – таких ОВ, как зарин, зоман, иприт, фосген, дифосген, хлорциан, синильная кислота и др.

Общий вид войскового прибора химической разведки (ВПХР) представлен на рис. 4.1. Прибор (рис. 4.2) состоит из корпуса с крышкой и размещенного в нем ручного насоса с насадкой, бумажных кассет с индикаторными трубками, противоаэрозольных (противоводымных) фильтров, защитных колпачков, электрического фонарика, грелки и патронов к ней (10 шт.), лопатки, инструкций. Прибор имеет плечевой ремень.

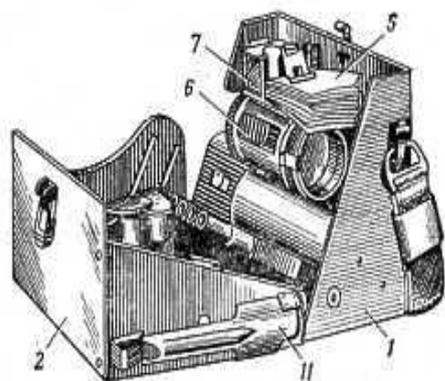


Рис. 4.1. Общий вид ВПХР

Габаритные размеры и масса: длина –  $220\pm 2$  мм; ширина –  $101\pm 2$  мм; высота –  $160\pm 2$  мм; масса –  $1,75\pm 0,1$  кг.

Срок гарантии при хранении ВПХР – 5 лет с даты его выпуска, за исключением отдельных предметов комплектования, для которых установлены следующие сроки хранения: трубки на зарин, зоман, V-газы – 1,5 года; патроны – 2 года; лампа – 3 года; трубки на фосген, дифосген, синильную кислоту и хлорциан – 4 года. Техническое обслуживание длительно хранящихся приборов химической разведки проводится один раз в год.

а



б

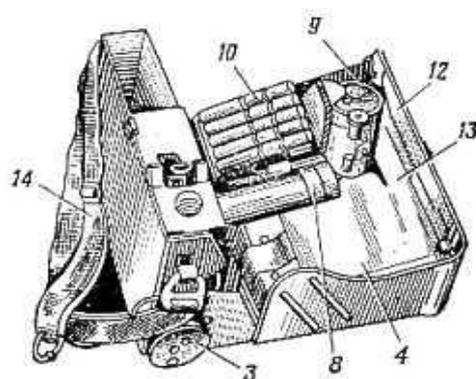


Рис. 4.2. Устройство ВПХР:

а – вид сбоку; б – вид сверху;

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – ручной насос; 4 – кассеты с индикаторными трубками; 5 – противоаэрозольные фильтры; 6 – насадка; 7 – защитные колпачки; 8 – электрический фонарь; 9 – грелка; 10 – патроны к грелке; 11 – лопатка; 12 – инструкция-памятка по работе с прибором; 13 – инструкция по обнаружению фосфорорганических ОВ; 14 – плечевой ремень

*Принцип работы прибора:* при просасывании ручным поршневым насосом зараженного воздуха через индикаторные трубки в них происходит изменение окраски наполнителя под действием ОВ (табл. 4.1).

Таблица 4.1

#### Характеристика индикаторных трубок

Маркировка индикаторной трубки	Определяемое ОВ	Окраска сорбента в трубке	
		до реакции с ОВ	после реакции с ОВ
Одно красное кольцо и красная точка	ФОВ (зарин, зоман, VX)	Белая	Красная
Три зеленых кольца	Фосген, дифосген	Белая	Зеленая или синезеленая (верхний слой сорбента)
Три зеленых кольца	Синильная кислота, хлорциан	Белая	Краснофиолетовая (нижний слой сорбента)
Одно желтое	Иприт	Желтая	Красная на желтом фоне
Одно коричневое	BZ, аэрозоли	Бесцветная	Сине-зеленая

	психохимических веществ		
--	----------------------------	--	--

**Порядок подготовки прибора к работе:** провести внешний осмотр прибора ВПХР, открыть крышку, проверить наличие в нем всех деталей (см. рис. 2), убедиться в их исправности. Кассеты с индикаторными трубками разместить в следующем порядке: сверху – трубки с красной маркировкой, затем с зеленой и внизу – с желтой и коричневой. Снять с противоаэрозольного фильтра полиэтиленовый чехол. Вынуть инструкции по эксплуатации. Закрепить прибор на груди. Прибор к работе готов.

При подозрении наличия ОВ в воздухе следует немедленно надеть противогаз и с помощью индикаторных трубок исследовать воздух.

**Последовательность определения ОВ:**

- пары фосфорорганических веществ (ФОВ) в опасных концентрациях;
- пары ФОВ в малоопасных концентрациях;
- фосген, дифосген, синильная кислота, хлорциан;
- иприт;
- ВЗ.

**Определение фосфорорганических веществ (ФОВ) в воздухе:** открыть прибор. Вынуть две трубки с маркировкой в виде красного кольца с красной точкой и поместить в штатив. Вынуть насос. Обрезать концы индикаторных трубок с помощью ножа и специальных гнезд в торце насоса, разбить верхние ампулы в обеих трубках с помощью ампуловскривателя, трубки встряхнуть 2–3 раза, взяв за маркированный конец. Одну из них (опытную) вставить немаркированным концом в насос и прокачать через нее воздух, сделав 5–6 качаний. Через вторую трубку (контрольную) воздух не прокачивается. Затем разбить нижние ампулы в обеих трубках и одновременно встряхнуть их.

Если в опытной и контрольной трубках сорбент желтеет одновременно, то ОВ отсутствуют или их концентрация незначительна. Для более точного определения безопасной концентрации ФОВ повторить определение, сделав 30–40 качаний насосом, и нижние ампулы разбить не сразу, а через 2–3 мин после прокачивания воздуха.

Если в опытной трубке сорбент желтеет сразу после разбивания нижней ампулы, значит, в воздухе находятся вещества кислого характера и определение ФОВ необходимо повторить с применением противоаэрозольного фильтра, чтобы исключить влияние паров кислоты на результаты анализа ФОВ.

Если верхний слой сорбента в опытной трубке окрашивается в красный цвет к моменту появления желтой окраски в контрольной трубке, значит, в воздухе присутствуют ФОВ в опасной концентрации.

***Определение отравляющих веществ в воздухе:***

Открыть прибор.

***1. Определить фосген, хлорциан и синильную кислоту:***

– вскрыть одну индикаторную трубку с маркировкой тремя зелеными кольцами, разбить ампулу, вставить немаркированным концом в гнездо насоса и сделать 10–15 качаний;

– вынув трубку из насоса, сравнить окраску сорбента с окраской эталона, нанесенного на кассете.

***2. Определить иприт:***

– вскрыть одну индикаторную трубку с маркировкой одним желтым кольцом, разбить ампулу, вставить немаркированным концом в гнездо насоса и сделать 50–60 качаний;

– вынув трубку из насоса, сравнить через 1 мин окраску сорбента с окраской эталона, нанесенного на кассете.

***3. Определить ВЗ:***

– вскрыть оба конца одной индикаторной трубки с маркировкой одним коричневым кольцом, вставить немаркированным концом в гнездо насоса и сделать 40–60 качаний при определении опасных концентраций или 299 качаний при определении малоопасных концентраций;

– вынув трубку из насоса, разбить ампулу, энергично встряхнуть ее 2–3 раза так, чтобы раствор смочил не менее 66 % сорбента. Если раствор смочил менее 66 % сорбента, то вставить трубку в гнездо насоса и сделать одно качание. Через 20–30 с окраску сорбента сравнить с окраской эталона, нанесенного на кассету или этикетку, и сделать вывод о наличии и концентрации ОВ.

***Определение отравляющих веществ на местности и оборудовании:*** для определения ОВ на местности, технике, оборудовании и других предметах готовят индикаторные трубки аналогично

анализу содержания ОВ в воздухе. Поместив соответствующую определяемому ОВ индикаторную трубку в гнездо насоса, навинчивают на него насадку, оставляя прижимное кольцо откинутым. На воронку насадки надевают защитный колпачок и, приложив насадку к обследуемой поверхности так, чтобы воронка прикрывала участок с резко выраженными признаками заражения (пятна, капли и др.), около 60 раз качают насосом. После этого защитный колпачок выбрасывают, снимают насадку, разбивают нижнюю ампулу и сравнивают окраску сорбента с окраской контрольной индикаторной трубки (для ФОВ) или окраской эталона по шкале, нарисованной на кассете (для других ОВ).

**Определение отравляющих веществ в почве и сыпучих материалах:** наличие ОВ в почве и сыпучих материалах определяют в следующем порядке: вынимают из прибора насос, подготавливают необходимую для анализа индикаторную трубку (см. пп. 2.2, 2.3.1 и 2.3.2), вставляют ее в гнездо насоса, навинчивают насадку и надевают на воронку защитный колпачок. Берут лопаткой пробу почвы (снега, крупы, сахара или иного сыпучего материала), засыпают в воронку насадки до краев, накрывают воронку противоаэрозольным фильтром и закрепляют прижимным кольцом. Через индикаторную трубку прокачивают воздух, качая насосом до 120 раз. Откинув прижимное кольцо, выбрасывают пробу и противоаэрозольный фильтр, отвинчивают насадку, вынимают из насоса индикаторную трубку и определяют наличие ОВ.

**Определение отравляющих веществ при низких температурах:** при температуре воздуха от 0 до – 40 °С анализ ОВ с помощью ВПХР надо проводить, предварительно поместив индикаторные трубки в патроны и подогревая их в грелке (см. рис. 4.2).

Необходимо учитывать следующие особенности: индикаторные трубки с красным кольцом и красной точкой, а также с желтым кольцом подогреваются после прососа воздуха в течение 1 мин; индикаторная трубка с зелеными кольцами в сомнительных случаях подогревается в грелке в течение 1 мин.

При пользовании грелкой необходимо соблюдать требования техники безопасности по защите открытых участков тела, глаз и лица.

### 4.3. Системы обнаружения и контроля содержания хлора

Помещения, где возможно выделение хлора, должны быть оснащены автоматическими системами обнаружения и контроля содержания хлора. При превышении предельно допустимой концентрации хлора (ПДК = 1 мг/м<sup>3</sup>) должна включаться световая и звуковая сигнализация и аварийная вентиляция, заблокированная с системой аварийного поглощения хлора. При использовании системы абсорбционного метода улавливания аварийных выбросов по сигналу датчика наличия хлора должны включаться насосы для подачи нейтрализующего раствора на орошение санитарной колонны и затем аварийная вентиляция. Время срабатывания сигнализатора при достижении концентрации хлора 20 ПДК должно быть не более 30 с.

Сигнализаторы хлора должны иметь избирательность по хлору в присутствии сопутствующих компонентов на уровне 0,5 ПДК и суммарную погрешность измерения концентрации хлора не более 25 %. Приборы для измерения концентрации хлора выпускаются в России и за рубежом. Это фотоколориметрические газоанализаторы ФКГ-3, ФКГ-3М, «Сирень-М», газоанализаторы ИП-2, ленточный детектор ЛДТ, газоанализатор ППХ-1 (первичный преобразователь хлора), «Анкат-7621», «Хоббит», «Грант» и др. Сравнительно недавно (около 10 лет назад) начали разрабатываться многоканальные системы и многоточечные газоанализаторы и сигнализаторы хлора в воздухе. Например, разработана многоканальная система контроля содержания хлора в окружающей среде (СКХ), которая состоит из нескольких (от 3 до 48) ППХ-1 или ППХ-2 и вторичной электронной аппаратуры – блока трансляции БТ и пульта сбора и обработки информации ПСОИ. СКХ обладает избирательностью по хлору при наличии в воздухе газообразных примесей в концентрации до 1 ПДК (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и органических веществ). На основе сигнализатора «Хоббит» (Санкт-Петербургский ВИЧП «Информаналитика») разработана система с 12 датчиками. Из зарубежных систем контроля содержания хлора наиболее совершенна система «Политрон – II» с 50 датчиками ПАК – III фирмы «Дрегер» (Германия).

Правила безопасности ПБ 09-322 – 99 предписывают, чтобы все работы, связанные с подключением аппаратуры и подачей хлора, снятием заглушек с емкостного оборудования и трубопроводов про-

водились при наличии у работающих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и персональных переносных сигнализаторов утечек хлора. Фирма ГНПП «Дельта» производит индивидуальные газоанализаторы хлора «Хмель». Прибор имеет сверхзвуковую сигнализацию на двух порогах: при 1 ПДК и 20 ПДК, работает на двух литиевых элементах и может осуществлять непрерывный контроль концентрации хлора в атмосфере в течение 1 года без смены элементов питания. Вес прибора, который может крепиться к нагрудному карману персонала, равен 110 г.

Если датчики наружного контроля фиксируют содержание хлора в диапазоне 20–50 мг/м<sup>3</sup>, то они должны включаться: а) автоматически – стационарная система локализации хлорной волны защитной водяной завесой; б) автоматически или вручную – система прогнозирования распространения хлора с использованием ЭВМ (для объектов, на которых предусмотрено хранение хлора в сосудах с единичной емкостью более 25 т).

### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой режим химической защиты? Кто устанавливает его продолжительность?
2. На чем основан выбор способов химической защиты? Какие средства коллективной и индивидуальной защиты Вы знаете?
3. В чем заключается сущность аспирационного метода отбора проб воздуха? Какие типы аспираторов Вам известны?
4. Назовите приборы для анализа химических веществ, находящихся в окружающей среде. Какие способы и устройства используют для задержки вещества в приборе?
5. Назовите методы анализа проб воздуха. Какой метод экспресс-анализа используется в универсальных газоанализаторах и войсковом приборе химической разведки?
6. Что представляет собой индикаторная трубка и индикаторный порошок? Назовите принцип анализа с помощью индикаторных трубок. Дайте характеристику индикаторных трубок для ВПХР.
7. Каков принцип работы ВПХР? Чем отличается насос ВПХР от обычного ручного насоса?

8. С какой группы ОВ следует начинать анализ химического заражения с помощью ВПХР?

9. Какие объекты окружающей среды могут быть обследованы с помощью ВПХР?

10. При какой концентрации хлора автоматически включается стационарная система локализации хлорной волны защитной водяной завесой?

## 5. ОБЩИЕ МЕРЫ БОРЬБЫ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ОТРАВЛЕНИЯМИ

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации (РФ) и других республик России, а также подзаконные акты: указы президента, постановления правительства РФ, республик России, местных органов власти и специально уполномоченных органов, например, министерств.

Основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда устанавливают Основы законодательства РФ по охране труда (1993 г.) и Кодекс законов о труде (с изменениями и дополнениями 1992 г.).

Правовую основу организации работ в чрезвычайных ситуациях и при ликвидации их последствий составляют законы РФ: «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994 г.), «О пожарной безопасности» (1994 г.), «Об использовании атомной энергии» (1995 г.) и постановление правительства РФ «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (1995 г.).

В области охраны окружающей среды и обеспечения необходимых условий труда отметим Водный кодекс РФ (1995 г.), Земельный кодекс РСФСР (1991 г.), «О недрах» (1992 г.), «Об экологической экспертизе» (1995 г.), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991 г.), «О защите прав потребителей» (1992 г.) и многие другие.

Борьба с профессиональными отравлениями проводится по следующим направлениям.

1. *Устранение яда из технологического процесса.* Наиболее радикальный путь – полное устранение яда из технологического процесса. Если это невозможно, то замена токсичных веществ менее токсичными или введение технологии, исключающей условия для выделения токсичных веществ в воздух.

2. *Совершенствование технологии и оборудования.* Оно возможно как путем введения принципиально новых решений, так и внедрением непрерывных процессов и автоматизации производства. Механизация процессов, устраняя ручные операции, облегчает труд, улучшает состояние воздушной среды, ограничивает контакт рабочих с ядовитыми веществами. Внедряется дистанционное управление

процессами. Все эти мероприятия уменьшают число лиц, подвергающихся воздействию токсичных веществ.

*3. Гигиенические и санитарно-технические мероприятия.* К ним относятся: гигиеническая стандартизация сырья, контроль воздушной среды, соблюдение гигиенических требований в условиях повышенной опасности действия ядов (аварийные ситуации, ремонтные работы), профилактика отравлений с помощью соответствующей планировки и отделки зданий, использование эффективной общей и местной вентиляции, использование средств коллективной и индивидуальной защиты, проведение санитарного инструктажа работающих.

Одним из путей профилактики отравлений на производстве является контроль воздушной среды в рабочей зоне. Для веществ 1-го класса опасности он должен быть непрерывным с применением самопишущих автоматических приборов, не только регистрирующих концентрации токсических веществ, но в случае превышения ПДК включающих звуковые и световые сигнализаторы для принятия необходимых мер. Периодический контроль веществ 2–4-го классов опасности осуществляется в плановом порядке и в экстренных ситуациях. Его осуществляют врачи по гигиене труда, их помощники и санитарные химики. Чувствительность приборов контроля должна быть не ниже 0,5 уровня ПДК, а погрешность не превышать  $\pm 25\%$  определяемой величины.

Опасность отравлений, как правило, возрастает при проведении плановых ремонтных работ и в аварийных ситуациях. В этих случаях необходимо, чтобы рабочее пространство было освобождено от вредных веществ путем продувки воздухом, промывания, дегазации. Важным является также ограничение времени пребывания рабочего в опасной зоне, внутри оборудования и емкостей, использование спецодежды, противогазов и других средств индивидуальной защиты, правильная организация работ, оказание экстренной медицинской помощи и т. п.

Спецодежда применяется преимущественно для защиты от едких жидкостей – кислот и щелочей, а для защиты рук и лица употребляются защитные пасты и мази. Для защиты рук, тела, глаз и органов дыхания применяют резиновые и пластиковые рукавицы или перчатки, спецодежду из плотных тканей, грубой шерсти или тканей с пропитками, защитные очки, противогазы и респираторы.

Промышленностью в настоящее время выпускаются: костюм изолирующий химический КИХ-4, КИХ-5; костюм защитный аварийный КЗА и защитный изолирующий комплект Ч-20 с вентилируемым внутри костюма пространством.

Необходимы регулярный прием душа, смена белья и рабочей одежды.

Защитные пасты и мази делятся на две группы. Для защиты от агрессивных водных растворов кислот, щелочей, солей используют гидрофобные, водоотталкивающие пасты на основе парафина или масла. Это силиконовая паста, цинкстеаратная мазь, паста ИЭР-2 и т. д. Для защиты от растворителей, органических продуктов, лаков и красок используют гидрофильные, водорастворимые пасты и мази на основе глицерина, желатина, казеина, такие как паста ХИОТ-6 или ИЭР-1. Препараты на основе силиконового масла создают на коже пленку, устойчивую не только к растворам кислот и щелочей, но и органических растворителей.

В профилактике отравлений исключительную роль играет эффективная вентиляция – наиболее важный и распространенный вид санитарной техники. Основное гигиеническое требование к ней – улавливание токсичных веществ в зоне их образования, а в случае поступления ядов в воздух – разбавление путем подачи чистого воздуха и снижения содержания ядов до ПДК.

Лица, работающие с токсическими веществами, проходят специальный инструктаж до поступления на работу и периодически – в последующем. Они должны знать требования по безопасному ведению технологического процесса, быть осведомлены о токсичных свойствах соединений, с которыми работают, ранних признаках отравления и первой доврачебной помощи. Инструктаж проводит инженер по технике безопасности или специально уполномоченное лицо, например, заведующий лабораторией.

*4. Законодательные санитарные и лечебно-профилактические мероприятия.* В отношении лиц, работающих с ядовитыми веществами, законодательство предусматривает ограничение рабочего дня, увеличение длительности отпуска, более ранние сроки выхода на пенсию. На ряд производств, где имеется повышенная опасность отравлений или действия ядов на специфические функции организма, не допускаются женщины и подростки.

ПДК вредных веществ в рабочей зоне установлены законодательством РФ и обязательны для исполнения администрацией хозяйствующего объекта.

Обязательным является учет и регистрация профессиональных отравлений. В соответствии с «Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве» каждый случай отравления должен быть расследован, выявлены причины и разработаны меры по предупреждению их в дальнейшем.

В предупреждении возникновения производственных отравлений играют важную роль лечебно-профилактические мероприятия. Это медицинские осмотры рабочих, организация специального и дополнительного питания (0,5 л молока в день), витаминизация рабочих и т. д.

### Контрольные вопросы

1. Какие правовые акты составляют основу для обеспечения жизнедеятельности в области охраны труда?
2. Какие правовые акты являются основой при организации работ в чрезвычайных ситуациях и при ликвидации их последствий?
3. Какие правовые акты являются основой в области охраны окружающей среды и обеспечения условий труда?
4. Какие основные направления организации борьбы с профессиональными отравлениями Вам известны?
5. Какие законодательные санитарные и лечебно-профилактические мероприятия предусмотрены в отношении лиц, работающих с токсичными веществами?

## 6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

### 6.1. Коллективные и индивидуальные средства защиты

«Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (СанПиН 2.2.1./2.1.1.567–96) в зависимости от состава и количества производственных вредностей и условий технологического процесса подразделяют производства на 1, 2, 3, 4, 5-й классы, для которых принята ширина санитарно-защитной зоны 1000, 500, 300, 100 и 50 м, соответственно.

*Санитарно-защитная зона* – это территория между производственными помещениями, складами или установками, выделяющими производственные вредности, и зданиями жилого района: жилыми, лечебно-профилактическими стационарного типа и культурно-бытового назначения.

К рабочим местам должны быть подведены шланги с легко открывающимися кранами для подачи воды. Для промывки глаз устанавливаются фонтанчики.

При работах, связанных с дозировкой гипохлоритов, следует обязательно использовать прорезиненный фартук, резиновые сапоги, перчатки, косынку или другой головной убор, респиратор типа ШБ-1, «Лепесток» и др.

Для защиты органов дыхания при работах, связанных с небольшим превышением ПДК в 10 – 15 раз могут использоваться газопылезащитные респираторы: РУ-60М с патронами В или КД (для защиты от аммиака), «Снежок-ГП-Е».

В экстренных случаях при объемном содержании кислорода в воздухе не менее 18 % и превышении ПДК токсичных веществ в воздухе от 10 до 00 раз необходимо использовать промышленный фильтрующий противогаз ГП-5 или ГП-7. При этом сменная противогазовая коробочка, предназначенная для кислых газов и паров ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COCl}_2$  и др.), должна содержать селективные адсорбенты и химические поглотители, а также специальный аэрозольный фильтр (табл. 6.1).

Время защитного действия коробок – 45 минут.

При необходимости проведения работ или аварийной ситуации, когда содержание хлора в воздухе превышает ПДК более, чем в 100 раз, необходимо использовать изолирующие противогазы марок КИП-7,

КИП-8, ИП-4, изолирующий самоспасатель СПИ-20, дыхательный аппарат АСВ-2 (на сжатом воздухе) и другие.

Таблица 6.1

**Тип коробки фильтрующего противогаза для защиты от хлора и других кислых газов и паров**

Тип фильтрующей коробки	Опознавательная окраска	Марка
Без аэрозольного фильтра	Желтая	В, В <sub>8</sub>
С аэрозольным фильтром	Желтая с белой вертикальной полосой	В <sub>ф</sub>

Защиту органов дыхания от паров аммиака обеспечивают респираторы РПГ-67-КД, РУ-67М-КД, а также промышленные и фильтрующие противогазы марок К и КД, гражданские противогазы ГП-5 и ГП-7 с дополнительными патронами ДПГ-3. При концентрации аммиака больше 750 ПДК применяют изолирующие противогазы. Для защиты кожи используют защитные костюмы, сапоги и перчатки.

## 6.2. Медицинская помощь при отравлении

Основные медицинские мероприятия по борьбе с последствиями отравления хлором:

– *первая помощь*: вынести пострадавшего на носилках из зоны поражения на воздух, вызвать скорую помощь, обеспечить покой для пострадавшего, промывание глаз водой, обработка пораженных участков кожи водой и затем мыльным раствором. **Нельзя проводить ингаляцию кислородом!**

*В лечебном учреждении* специалисты проводят:

– содовые ингаляции парами 0,5–2 % раствора гидрокарбоната натрия;

– кислородную терапию, т. е. длительное, с небольшими интервалами лечение кислородом. Ингаляции чистого кислорода могут быть заменены вдыханием кислородно-воздушной смеси, содержащей 40–50 % кислорода. Хорошие результаты дает применение карбогена (смесь кислорода с 5–7 % углекислоты) в виде сеансов дли-

тельностью по 10–15 мин. Углекислота является мощным возбудителем дыхательного центра;

– противовспенивающую терапию; если дыхательные пути заполнены вспененной жидкостью, препятствующей дыханию и кислородным ингаляциям, то назначают ингаляцию спиртовых паров, подавляющих пенообразование. Длительность ингаляции спиртовых паров 30–40 мин, затем – период отдыха;

– применение сердечно-сосудистых средств; введение под кожу 2–3 мл 20 % раствора камфорного масла; по 1 мл 10 % или 20 % раствора кофеина; по 1 мл 25 % раствора кордиамина. При появлении симптомов недостаточности сердечной деятельности производится внутривенное вливание строфантина (0,5 мл 0,05 % раствора в 10–20 мл 20 % раствора глюкозы) или коргликона (0,5 мл 0,06 %-го раствора в 20 мл 40 % раствора глюкозы). Подкожно вводить мезатон (1 мл 1 % раствора) или эфедрин (1 мл 5 % раствора) вместо адреналина или норадrenalина, которые не рекомендуются.

Первая медицинская помощь при отравлении аммиаком: вынести на свежий воздух, обеспечить покой. Дать увлажненный кислород, пары уксусной кислоты. Промыть глаза и кожу большим количеством воды, нейтрализовать 2 %-м раствором борной кислоты. В глаза закапать 2–3 капли 30 %-го раствора альбуцида, в нос закапать теплое растительное масло.

### Контрольные вопросы и задачи

1. На какие классы подразделяют производства в зависимости от состава и количества производственных вредностей?
2. Дайте определение понятию «санитарно-защитная зона».
3. Какова ширина санитарно-защитной зоны в зависимости от класса производства?
4. Какие средства защиты органов дыхания, кожных покровов и слизистых оболочек глаз предусмотрены на рабочих местах?
5. Как оказать первую помощь пострадавшим при выбросе хлора или аммиака?

## 7. ХЛОРИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

### 7.1. Микробиологические показатели безопасности питьевой воды

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам (СанПиН 2.1.4.1074 – 01) по микробиологическим и паразитологическим показателям (табл. 7.1).

Таблица 7.1

#### Микробиологические показатели питьевой воды

Показатель	Единицы измерения	Норматив
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл <sup>1)</sup>	Отсутствие
Общие колиформные бактерии <sup>2)</sup>	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число <sup>2)</sup>	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги <sup>3)</sup>	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфатредуцирующих клостридий <sup>4)</sup>	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий <sup>3)</sup>	Число цист в 50 мл	Отсутствие

Примечания. <sup>1)</sup> При определении проводится трехкратное исследование по 100 мл отобранной пробы воды. <sup>2)</sup> Превышение норматива не допускается в 95 % проб, отбираемых в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети в течение 12 месяцев, при количестве исследуемых проб не менее 100 за год. <sup>3)</sup> Определяют только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей воды в распределительную сеть. <sup>4)</sup> Определяют при оценке эффективности обработки воды.

Питьевую воду хлорируют с целью ее обеззараживания. Хлорирование сточных вод применяют только при особых обстоятельствах. В пищевой промышленности хлорирование используют главным образом для межоперационной стерилизации вод при оборотных схемах водопользования. Хлорируют и с целью обеззараживания, а также ликвидации неприятного запаха, вызываемого присутствием сероводорода (H<sub>2</sub>S) и других соединений серы.

Хлор – эффективное средство для обеззараживания сильно загрязненных сточных вод перед сбросом их в водоем. Хлорирование перед механической очисткой в отстойниках и жируловителях облегчает вытеснение и осаждение взвешенных веществ и улучшает эффективность работы оборудования. Хлорирование сточных вод применяется как средство против пенообразования.

Для хлорирования используют жидкий хлор в стальных баллонах. Его подают непосредственно в сточные воды или в хлораторы, в которых образуется хлорированная вода. Эту воду затем добавляют в нужных количествах в очищаемые сточные воды. Введение хлорсодержащих реагентов для обеззараживания воды производят в трубопроводы перед резервуарами чистой воды или в специальные контактные резервуары.

Технологический процесс хлорирования жидким хлором состоит из следующих операций: испарение жидкого хлора и регулирование давления; дозирование жидкого хлора и растворение его в воде; транспортирование хлорной воды к месту контакта со сточной жидкостью.

*Дозу активного хлора* для обеззараживания воды природных источников следует устанавливать на основании данных технологических изысканий. При их отсутствии для предварительных расчетов следует принимать:

- для поверхностных вод после фильтрования  $2 - 3 \text{ г/м}^3$ ;
- для вод подземных источников  $0,7 - 1 \text{ г/м}^3$ ;

Концентрацию остаточного (свободного или связанного) хлора надлежит принимать в соответствии с ГОСТ 2874–82, ГОСТ 2751–84, ГОСТ Р 51232–98. Содержание свободного хлора через 30 мин после обработки в количестве  $0,3-0,5 \text{ г/м}^3$  в питьевой и  $1,5-2,0 \text{ г/м}^3$  в обработанной сточной воде; остаточного связанного хлора для питьевой воды  $0,8-1,2 \text{ г/м}^3$  при времени контакта 60 мин является гарантированным показателем бактериальной безопасности воды (табл. 7.2). Установлено, что время контакта для полноты обеззараживающего действия введенного в воду хлора должно быть не менее 30 мин.

Хлор и его соединения, обладающие сильными окислительными свойствами, такие как гипохлорит-анион ( $\text{ClO}^-$ ), хлорноватистая

кислота (HClO), хлорамины (NH<sub>2</sub>Cl, NHCl<sub>2</sub>, NCl<sub>3</sub>) определяют в воде по их суммарному содержанию, которое называют *активный хлор*.

Содержащие активный хлор вещества подразделяют на две группы: сильные окислители (хлор, гипохлориты, хлорноватистая кислота и др.), которые содержат так называемый *свободный активный хлор* и относительно слабые окислители (хлорамины), которые определяют содержание *связанного активного хлора*.

Таблица 7.2

### Показатели безопасности хлорированной питьевой воды

Вещество	ПДК, г/м <sup>3</sup>	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности веществ
Хлор активный:			
остаточный свободный	0,3–0,5	Общесанитарный	3
остаточный связанный	0,8–1,2	Общесанитарный	3
Хлороформ	менее 0,2	Санитарно- токсикологический	2
Хлорфенолы	0,001	Санитарно- токсикологический	1

Для питьевой воды приведены оптимальные диапазоны концентраций активного хлора (см. табл. 7.2), так как при меньших его концентрациях возможна неблагоприятная ситуация по микробиологическим показателям, а при больших – превышение токсикологических показателей безопасности непосредственно по активному хлору.

## 7.2. Хлорирование сточных вод

При хранении воды, используемой на хозяйственно-бытовые нужды, в резервуарах на время выключения одного из них на промывку и ремонт в случаях, когда нужное время контакта воды с хлором (не менее 30 мин) не было обеспечено, следует предусмотреть подачу дозы хлора в два раза больше, чем в нормальном режиме эксплуатации. При этом увеличение подачи хлора допускается предусматривать за счет включения резервных хлораторов.

При обеззараживании сточных вод любым способом хлорирования основное технологическое требование сводится к тому, чтобы в обеззараживаемой воде оставалось не менее  $1,5 \text{ г/м}^3$  свободного хлора. Для этого рекомендуется принимать расчетную дозу активного хлора для сточной воды, прошедшей только механическую очистку –  $10 \text{ г/м}^3$ ; неполную биологическую очистку –  $5 \text{ г/м}^3$ ; полную биологическую очистку –  $3 \text{ г/м}^3$ ;

В практике эксплуатации очистных сооружений дозу хлора устанавливают экспериментально. Она, как правило, оказывается ниже расчетной. Необходимую дозу хлора принимают на основании пробного хлорирования, по результатам которого строят график хлоропоглощаемости воды. Задаваясь требуемой концентрацией остаточного свободного хлора, по этому графику определяют бактерицидную дозу хлора. Для обеззараживания очищенной воды поверхностных источников обычно требуется доза хлора 2–3 мг/л.

При обеззараживании воды хлорированием и необходимости предупреждения возникновения хлорфенольного запаха на станциях обеззараживания следует предусматривать устройство для подачи в воду газообразного аммиака, т. е. установку для аммонизации. При соответствующем обосновании применение аммиака допускается также для увеличения продолжительности бактерицидного действия, так как образующиеся хлорамины обладают более длительным бактерицидным действием, чем хлор. Это оказывается целесообразным в условиях длительного хранения или транспортировки воды.

Аммонизацию проводят до ввода хлора, если вода содержит фенолы или другие органические соединения, хлорпроизводные которых ухудшают органолептические свойства воды. Хлор более энергично реагирует с аммиаком, а не с фенолами, что предотвращает появление неприятных хлорфенольных запахов.

Для снижения хлорных запахов и консервации остаточного хлора аммиак вводят после хлорирования. Такой порядок ввода реагентов объясняется стремлением использовать более высокую, по сравнению со связанным, бактерицидность свободного хлора и только потом связать его в хлорамины. Процесс хлорирования с аммонизацией следует вести при  $\text{pH} > 7$ , так как в кислой среде образование хлораминов протекает медленно. Дозы хлора и аммиака определяются пробной хлораммонизацией, их соотношение изменяется от 1:3,

если требуется продлить бактерицидное действие хлора, до 1:10, если вода имеет низкую температуру и требуется глубокое обеззараживание в течение длительного времени, так как хлорамины медленнее разлагаются.

Контроль дозы реагентов производится по расходу хлора и аммиака и по остаточному хлору (свободному или связанному в зависимости от режима хлорирования).

Аммиачное хозяйство должно быть организовано аналогично хлорному и располагаться в отдельном помещении. Оборудование аммиачного хозяйства должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении.

**Нормы качества обеззараженной воды** для водоемов хозяйственно-питьевого назначения следующие: микробное число должно быть не более 100 в 1 см<sup>3</sup>; коли-индекс (число бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды) – не более 3.

При обеззараживании сточных вод, очищенных на биофильтрах, контакт воды с хлором происходит во вторичных отстойниках. Самостоятельные контактные резервуары предусматриваются после очистки сточных вод на сооружениях механической очистки, после аэротенков или высоконагружаемых биофильтров.

Контактные резервуары сооружаются в виде горизонтальных, вертикальных или радиальных отстойников. Расчетная емкость их принимается, исходя из 30-минутного пребывания в них сточных вод при максимальном расчетном притоке.

Действие хлора как коагулянта способствует выпадению осадка, количество которого принимается в зависимости от степени очистки сточных вод и вида используемого обеззараживающего реагента. При обеззараживании сточных вод жидким хлором объем осадка на одного человека в сутки рекомендуется принимать следующим:

- после механической очистки – 0,08 л/(чел·сут);
- после полной очистки в аэротенках – 0,03 л/(чел·сут);
- после биофильтров – 0,05 л/(чел·сут).

Если в качестве обеззараживающего реагента принята хлорная известь (CaOCl<sub>2</sub>), количество выпадающего осадка, соответственно, увеличивается вдвое. Влажность выпадающего осадка принимается равной 96 %.

### 7.3. Контроль содержания хлора

Текущий контроль содержания хлора в воде и воздухе проводится химиками. Помещения химической лаборатории должны быть оборудованы вытяжными шкафами с двумя или тремя створками, каждая шириной 85 см и высотой 90 см, и столом высотой (от пола) 90 см, шириной около 75 см и длиной 200–300 см. В шкаф подводят воду и освещение. Рабочая поверхность стола должна быть покрыта глазурованной плиткой с минимальными, тщательно заделанными зазорами между плитками, или свинцовой пластиной. Скорость тяги в сечении створки при ее подъеме на 30–35 см не менее 1 м/с. Рабочая площадь химической лаборатории на предприятии должна быть не менее 30 м<sup>2</sup>.

Эффективность снижения бактериальных загрязнений в сточных водах, прошедших очистку на различных сооружениях, представлена в табл. 7.3.

Таблица 7.3

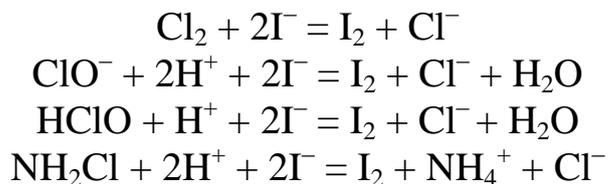
#### Снижение бактериальных загрязнений в сточной воде, прошедшей обработку на очистном оборудовании

Оборудование	Степень обеззараживания, %	Оборудование	Степень обеззараживания, %
Решетки	10	Поля фильтрации	97–99,99
Песколовки	10–20	Поля орошения	97–99,99
Первичные отстойники:		Биологические пруды	96–99,99
без преаэраторов	до 25	Биологические фильтры	90–95
с преаэраторами	до 30	Аэротенки	90–95
с биокоагуляцией	до 40	Сооружения дезинфекции	99–99,99
Осветлители (перегниватели с естественной аэрацией)	до 40		

Активный хлор в нормируемых концентрациях присутствует в питьевой воде несколько десятков минут и при кипячении удаляется полностью. По этой причине *анализ отобранной пробы на содержание*

*активного хлора следует проводить немедленно.* Максимальное время хранения пробы после отбора до анализа питьевой воды на хлор – несколько минут. Хлорирование воды, особенно питьевой, может приводить к образованию хлоруглеводородов, гораздо более токсичных, чем углеводороды или хлор и его соединения. Поэтому контроль содержания хлора и его производных в воде является обязательным.

Приведем адаптированный стандартный метод для анализа питьевой воды (ГОСТ 18190–72) на содержание активного хлора – метод йодометрического титрования. Метод основан на свойстве всех соединений, содержащих активный хлор, в кислой среде выделять из йодида калия свободный йод. Процессы окисления йодида калия могут быть описаны, например, следующими ионными уравнениями:



Выделившийся йод оттитровывают тиосульфатом натрия до слабо-желтой окраски пробы, затем добавляют около 1 мл крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски. Реакцию проводят в ацетатном буферном растворе при pH 4,5, чтобы не мешали нитриты, озон и другие соединения. Сильные окислители, например, хроматы, хлораты также мешают определению, но их наличие в питьевой и природной воде маловероятно. Метод может также использоваться для анализа мутных и окрашенных вод.

Концентрацию активного хлора ( $C_{\text{акт}}$ , мг/л) рассчитывают по результатам титрования, для которого обычно используется раствор тиосульфата натрия с эквивалентной концентрацией 0,005 моль/л. Расчет проводят по формуле

$$C_{\text{акт}} = \frac{V_T \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V}, \quad (7.1)$$

где  $V_T$  – объем титранта (тиосульфата натрия) с концентрацией раствора 0,005 моль/л экв., израсходованного на титрование, мл;  $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение точной фактиче-

ской концентрации титранта от значения эквивалента 0,005 моль/л (для большинства случаев  $K = 1$ ); 0,177 – содержание активного хлора в мг, соответствующее 1 мл раствора тиосульфата с эквивалентной концентрацией 0,005 моль/л;  $V$  – объем пробы воды, взятой для анализа, мл; 1000 – коэффициент пересчета объема ( $V$ , л).

Чувствительность метода равна 0,3 мг/л при объеме пробы 250 мл, однако при использовании растворов тиосульфата с различной концентрацией объем пробы может составлять, в зависимости от требуемой чувствительности определения, от 500 до 50 мл воды и менее.

Остаточный хлор в обеззараженной воде определяется каждый час. В случае организации непрерывного автоматического контроля остаточного хлора лаборатория выполняет анализ 1 раз в смену.

Хлорирование воды перед очистными сооружениями повышенными дозами хлора называют первичным хлорированием или предхлорированием. Метод применяется в условиях, когда микробиологические свойства воды быстро и в широких пределах меняются, а также при высокой цветности, большом содержании органических веществ и планктона. Предхлорирование используют в системах технического водоснабжения как средство против образования биологической пленки. Для обеспечения требуемого содержания в воде остаточного хлора после хлорирования, а также в других случаях, необходимо воду дехлорировать.

Для дехлорирования воды применяют физические и химические способы. При физических способах избыток активного хлора выделяется из воды сорбентами или аэрированием. В качестве сорбента используют, например, угольные фильтры с толщиной слоя угля 2,5 м при скорости фильтрования от 20 до 25 м/ч. Аэрирование дает положительные результаты в кислой среде с  $pH < 5$  при небольшом количестве удаляемого хлора. Поскольку многие соединения хлора не улетучиваются, аэрирование имеет ограниченное применение. При химическом способе дехлорирования избыточный активный хлор связывается сульфитом натрия или диоксидом серы.

### Контрольные вопросы и задачи

1. Какие микробиологические и паразитологические показатели определяют безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении?

2. В каких случаях применяют хлорирование?
3. В каких случаях применяют аммонизацию воды?
4. Каков порядок ввода хлора и аммиака при наличии в воде фенолов? Объясните, почему?
5. Какое оборудование используют для хлорирования воды?
6. Как оборудуют химические лаборатории с точки зрения техники безопасности персонала?

## 8. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ ХЛОРНОГО ХОЗЯЙСТВА И РАБОТЕ С ХЛОРОМ

### 8.1. Общие требования к хлораторным

Хлорное хозяйство в соответствии с Правилами безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ 09–322–99 и СНиП 2.04.02–84) должно обеспечить прием, хранение, испарение жидкого хлора, дозирование газообразного хлора с получением хлорной воды.

Хлораторные, работающие на жидком хлоре, как правило, устраиваются в отдельно выделенных помещениях, которые должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию. Поскольку хлор тяжелее воздуха почти в 2,5 раза, максимальная концентрация хлора создается на уровне пола, поэтому *вытяжной вентилятор необходимо устанавливать на уровне пола.*

Рубильники для включения вентиляторов устанавливают снаружи, чтобы перед входом в хлораторную ее помещение хорошо проветрить. Кроме того, необходимо устроить в хлораторной запасной выход непосредственно на улицу (во двор объекта экономики).

Температура в помещении хлораторной должна быть не ниже 18 °С, рекомендуемая температура 20–25 °С. Подача хлорной воды должна производиться отдельно на каждое место ввода.

Хлорное хозяйство следует располагать в отдельном здании хлораторной, в котором сблокированы расходный склад хлора, испарительная и хлордозаторная.

В производственных помещениях на рабочих местах операторов вывешивается технологическая схема производства с обозначением трубопроводов, межблочной и внутриблочной арматуры и функциональными схемами контрольно-измерительных приборов и автоматики. Нумерация аппаратов (сосудов, баллонов и др.) должна быть единой в технологической схеме цеха, в проекте и регламенте и соответствовать номерам на оборудовании.

## 8.2. Расходный склад хлора

Расходный склад хлора допускается располагать в отдельных зданиях или помещениях, примыкающих к хлордозаторной и вспомогательным помещениям хлорного хозяйства (компрессорной, вентиляционным камерам и т. п.), при этом следует отделять его от других помещений глухой стеной без проемов.

Емкость расходного склада хлора не должна превышать 100 т, а одного полностью изолированного отсека – 50 т. Склад или отсек должен иметь два выхода с противоположных сторон здания или помещения. Склад следует размещать в подземных или полузаглубленных (с устройством двух лестниц) зданиях, преимущественно с подветренной стороны преобладающих направлений ветров относительно места расположения ближайших населенных пунктов. Радиус опасной зоны для складов жидкого хлора в баллонах принимается 150 м, для складов хлора в контейнерах – 500 м, для складов хлора в танках – в пределах глубины распространения хлорного облака с поражающей концентрацией (определяется расчетом).

Хранение хлора должно предусматриваться в баллонах или контейнерах; при суточном расходе хлора более 1 т допускается применять танки заводского изготовления вместимостью до 50 т, при этом розлив хлора в баллоны или контейнеры непосредственно на станции запрещается. В складе следует предусматривать устройства для транспортирования реагентов в нестационарной таре (контейнеры, баллоны). Сосуды с хлором должны размещаться на подставках или в рамах, иметь свободный доступ для строповки и захвата при транспортировании. Порожнюю тару надлежит хранить в помещении расходного склада хлора.

В помещении склада необходимо предусмотреть наличие емкости для быстрого погружения аварийных контейнеров или баллонов в раствор для нейтрализации хлора. Расстояние от стенок емкости до баллона должно быть не менее 0,2 м, до контейнера – не менее 0,5 м, глубина должна обеспечивать покрытие аварийного сосуда слоем раствора не менее 0,3 м. На дне емкости должны быть опоры, фиксирующие сосуд.

Для установки на весах контейнера или баллонов должны быть опоры для их фиксации.

Настоящие нормы не распространяются на проектирование расходных складов хлора с использованием танков.

Въезд в помещение склада автомобильного транспорта не допускается. К складу жидкого хлора должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей и автомобилей газоспасательной службы.

В процессе проектирования хлорного хозяйства склад хлора в составе хлораторных может не предусматриваться при наличии соответствующего обоснования. В этом случае допускается установка одного баллона жидкого хлора массой нетто не более 70 кг в помещении хлордозаторной.

Транспортируется хлор к местам его использования в жидком виде в баллонах, бочках, цистернах. Стандартный баллон Е–25 имеет емкость 25 л и вмещает 31 кг хлора. Рабочее давление 30 кгс/см<sup>2</sup>. Все сосуды должны быть оснащены приборами контроля давления.

Используется следующая маркировка баллонов с хлором: окраска защитная; цвет полосы – зеленый.

Требованиями ГОСТ 6718–93 допускается наличие в жидком хлоре треххлористого азота (NCl<sub>3</sub>) не более 0,002 % для высшего сорта хлора и не более 0,004 % для первого сорта. Треххлористый азот является летучим и высоко взрывчатым веществом. Критическая концентрация около 3 %. Опорожнение хлорной тары производится до остаточного давления не менее 0,05 МПа. При этом концентрация NCl<sub>3</sub> в оставшемся хлоре не должна достигать критических значений. Поэтому на заводах перед каждым наполнением хлорной тары производится вакуумирование и внутренний осмотр с последующей продувкой сжатым воздухом или азотом.

Техническое освидетельствование баллонов проводят не реже, чем через каждые 2 года, при этом проводится промывка водой внутренней полости баллона и последующая просушка подогретым до 70 °С воздухом или азотом.

Ввиду малой растворимости жидкого хлора в воде его предварительно испаряют.

### **8.3. Испарители хлора**

Испарители хлора следует размещать в складе хлора или в хлордозаторной. Испарение хлора необходимо производить в специальных испарителях или баллонах, если хлор поставляется в баллонах.

Для испарения хлора баллон или контейнер устанавливают на весы и открывают вентиль. Массовый расход газообразного хлора из одного баллона при комнатной температуре составляет 0,5–0,7 кг/ч, из одного контейнера – 3 кг/ч на 1 м<sup>2</sup> его поверхности. Съём хлора можно увеличить, подогревая баллон теплой водой или воздухом. Температура воды, подаваемой в испаритель, должна быть в пределах 10–30 °С, при этом снижение температуры воды в испарителе должно быть не более 5 °С. Испаритель должен быть оборудован устройствами для контроля температуры воды и давления хлора и воды. Хлор-газ поступает в промежуточный баллон, где задерживаются капли воды и прочие примеси. Более полная очистка газообразного хлора происходит в фильтре, который заполнен стекловатой и серной кислотой.

При подаче газообразного хлора за пределы здания хлораторной после испарителя необходимо предусматривать устройства для очистки газа, а также клапан, поддерживающий после себя вакуум, при котором не происходит конденсация хлора даже при наименьшей температуре наружного воздуха. Протяженность трубопровода газообразного хлора не должна превышать 1 км.

**Хлордозаторные** без испарителей, располагаемые в блоке с другими зданиями водопровода или вспомогательными помещениями хлорного хозяйства, должны быть отделены от других помещений глухой стеной без проемов и снабжены двумя выходами наружу, при этом один из них – через тамбур. Все двери должны открываться наружу. Если хлордозаторная расположена над другими помещениями, то ее пол должен быть газонепроницаемым.

**Не допускается** размещать хлордозаторные в заглубленных помещениях!

#### **8.4. Дозирование хлора, типы хлораторов**

Баллоны с жидким хлором перед их подключением к дозирующим устройствам проверяют на наличие хлора. Осторожно открывая вентиль баллона, вносят в струю газа индикаторную бумажку. Для индикации хлора используют калийбромфлюоресцеиновую бумагу, которая при контакте с хлором становится розовой.

**Не допускается** установка на нижней части сосуда с жидким хлором штуцеров для отбора проб жидкого хлора.

Для дозирования хлора должны применяться автоматические вакуумные хлораторы, хотя на практике используются и напорные.

Наибольшее распространение в промышленности получили вакуумные хлораторы систем ЛК-10, ЛК-11 и ЛОНИИ-100 (табл. 8.1 и 8.2, рис. 8.1 и 8.2). Расчетные расходы и напоры воды, подаваемой на хлоратор, и напор хлорной воды после него следует определять по характеристикам хлоратора, а также по расположению его относительно точки ввода хлора. В России наиболее широко используют вакуумный хлоратор постоянного расхода ЛОНИИ-100 производительностью до 85 кг/ч хлор-газа. Редуктор обеспечивает постоянное давление в системе; измерительное устройство в виде диафрагмы и ротаметра обеспечивает контроль и регулировку подаваемого хлора. Производительность хлоратора зависит от типа ротаметра: для РС-3 до 10 кг/ч, для РС-5 до 20 кг/ч, для РС-7 до 85 и более кг/ч газообразного хлора. Приготовление хлорной воды происходит в смесителе. Необходимый вакуум создается эжектором, при помощи которого хлорная вода подается в обрабатываемую воду. Если включить в схему регулирования анализатор остаточного хлора, то можно автоматически поддерживать заданную концентрацию хлора в очищенной воде в условиях изменения свойств поступающей на обеззараживание исходной воды.

Хлораторы типа ЛК-10 и ЛК-12 имеют ротационные измерители расхода хлора, а ЛК-11 имеют маятниковые измерители (см. рис. 8.1).

Таблица 8.1

**Техническая характеристика хлораторов системы проф. Л.А. Кульского**

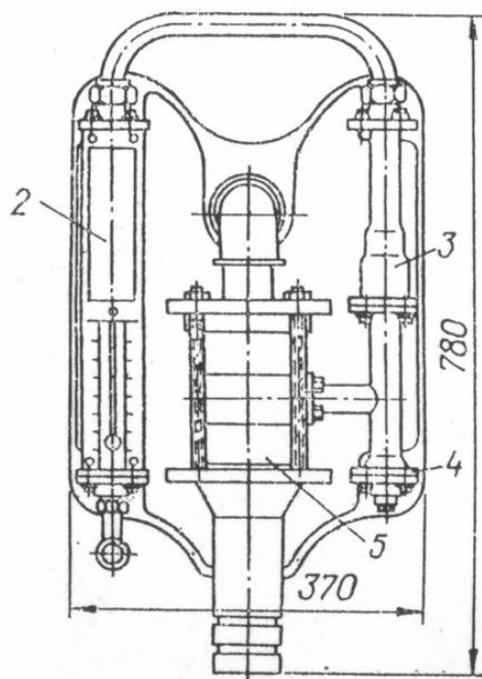
Марка	Производительность по хлору, кг/ч	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты аппарата, мм
ЛК-10 м	0,04–0,08	5	25	530×230×60
ЛК-10 с	1,0–5,4	5	25	530×230×60
ЛК-10 б	2,0–25,0	30	50	800×340×200
ЛК-10 у	5,0–100,0	30	100	1230×640×300
ЛК-11	0,5–5,0	5	25	500×200×125
ЛК-12	1,8–25,4	30	100	760×280×350

## Техническая характеристика хлоратора типа ЛОНИИ-100

Показатель	Производительность по хлору, кг/ч					
	1-4	5	5	5	10	10
Напор перед эжектором, атм	1,5	1,8-2,0	2,5-3,0	3,0-3,5	3-3,5	4,2-4,5
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	2,1	3,6	5,4	5,4	7,2	8,0
Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	25	25	25	25	50	50

Хлор смешивается с водой при помощи водоструйного насоса. Хлорная вода имеет концентрацию хлора до 1,5 г/л. Ротационные измерители хлораторов ЛК-10 и ЛК-12 снабжены индукционно-трансформаторными датчиками для дистанционного контроля и регулирования подачи хлора.

а



б

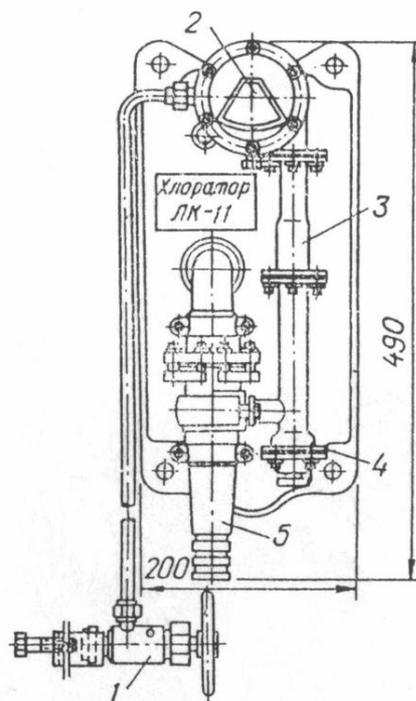
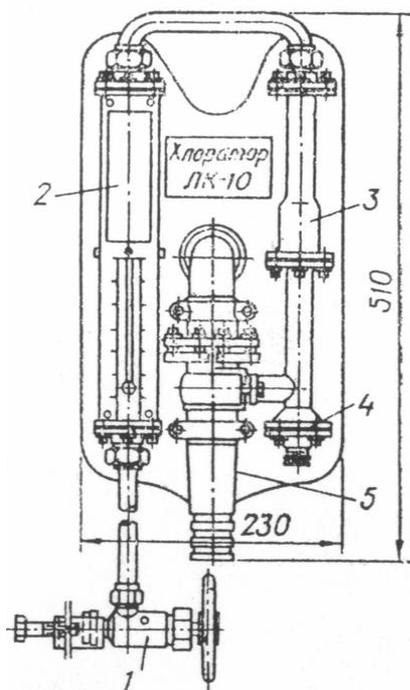
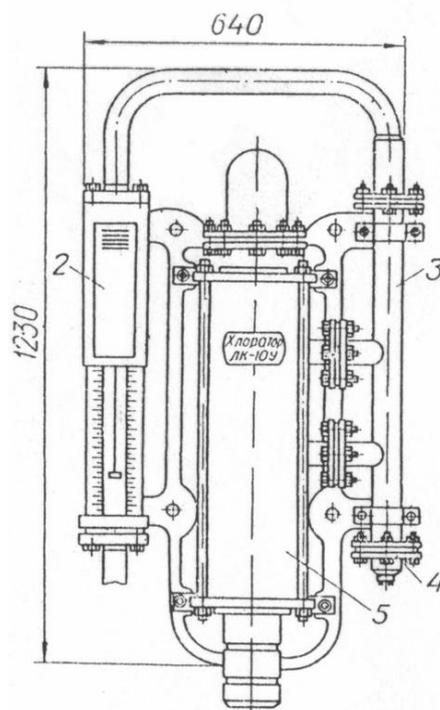


Рис. 8.1. Хлораторы системы Л.А. Кульского:  
а – хлоратор ЛК-10 большой производительности; б – хлоратор ЛК-11 средней производительности;

В



Г



Д

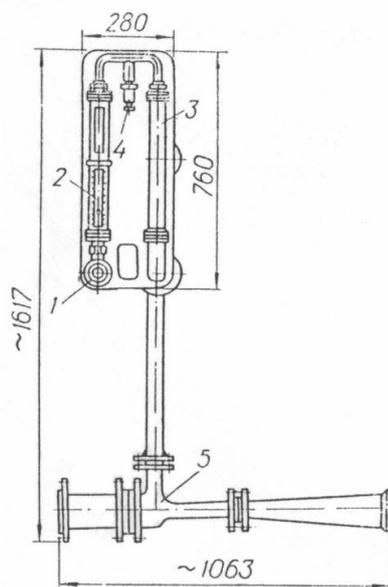


Рис. 8.1. Хлораторы системы Л.А. Кульского (окончание):  
 в – хлоратор ЛК-10 средней и малой производительности; г – хлоратор ЛК-10  
 увеличенной производительности; д – хлоратор ЛК-12;  
 1 – регулирующий вентиль; 2 – измеритель; 3 – водяной клапан; 4 – воздушный  
 клапан; 5 – эжектор

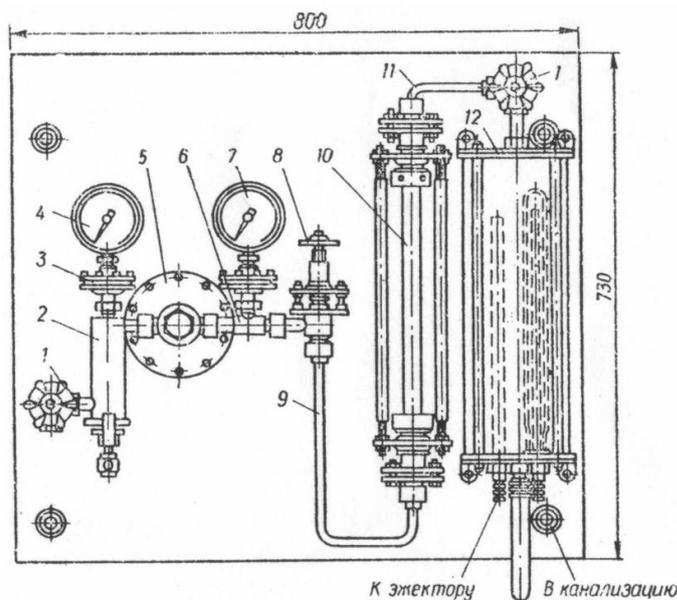


Рис. 8.2. Хлоратор ЛОНИИ-100:

1 – запорный вентиль; 2 – фильтр газообразного хлора; 3 – мембранная камера; 4,7 – манометр; 5 – редукционный клапан; 6 – тройник; 8 – регулирующий вентиль; 9,11 – соединительная труба; 10 – ротаметр; 12 – смеситель

Производительность хлоратора типа ЛОНИИ-100 может меняться в пределах 0,5–10,0 кг/ч хлора в зависимости от типа используемого ротаметра (РС-3 или РС-5), диаметра подводящего патрубка эжектора (25 или 50 мм) и избыточного напора воды в водопроводе перед эжектором. Слабая эжекция требует не менее трех кгс/см<sup>2</sup> избыточного напора, сильная – более 4 или 5 кгс/см<sup>2</sup>.

Допускается применение хлораторов ручного регулирования, при этом расход хлора контролируется весовым способом.

Количество резервных хлораторов на одну точку ввода хлора должно быть следующим: при одном или двух рабочих хлораторах – 1, при более двух рабочих хлораторах – 2 резервных. Допускается предусматривать общие резервные хлораторы на две точки ввода хлора.

**Не допускается** работа двух и более хлораторов со струйными эжекторами на один трубопровод хлорной воды!

Все отечественные хлораторы не соответствуют современным требованиям либо в силу конструктивных недостатков, либо по качеству используемых материалов и исполнения. Например, конструкции редукционного клапана (вентиль) и обратного клапана эжектора хлоратора ЛОНИИ-100 не обладают необходимой надежностью и при эксплуатации этих хлораторов отмечены случаи попадания воды в хлоропроводы.

На основании действующих нормативно-технических документов (ГОСТ 12.2.063 «Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности»; ГОСТ 13045 «Ротаметры. Общие технические условия»; СНиП 2.04.02 – 84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» и стандарта СЭВ 5459 – 85 «Хлораторы вакуумные», ранее действовавшего в России) специалистами Госгортехнадзора РФ Российского центра «Хлорбезопасность» были дополнены ПБ 09-322 – 99, утвержденные постановлением Госгортехнадзора РФ № 81 от 09.11.99 г. в пункте 9.37. Хлораторы должны быть вакуумного типа и должны обеспечивать поддержание постоянного вакуума после вакуумного регулятора перед ротаметром и вентилем (клапаном) для регулирования расхода хлора, защиту от недопустимо высокого вакуума и от проникновения воды в хлоропровод и в расходомер прекращение подачи хлора при прекращении подачи питающей воды в эжектор.

В настоящее время четыре зарубежные фирмы получили разрешение Госгортехнадзора РФ на применение выпускаемых ими хлораторов на территории России. Это «WEDECO KFT» (Венгрия), «ESCO Engineering Corporation» (США), «ALLDOS Eichler GmbH» (Германия), «WALLACE & TIERNAN» (Англия).

Венгерские хлораторы типа «Эдванс» за 12 лет эксплуатации на предприятиях Водоканала также показали высокие технические характеристики. В настоящее время фирма «WEDECO KFT» начала поставлять хлораторные кабины. Хлораторные кабины могут успешно применяться, когда постройка здания хлораторной невозможна или необходимо иметь временную установку хлорирования; необходимо обеспечить промежуточное хлорирование (при наличии протяженных трубопроводов и сетей); возникает необходимость срочного хлорирования, например, при ухудшении эпидемиологической обстановки. В хлораторную кабину может быть установлено до 4-х баллонов с хлором объемом 40 л, что позволяет обеспечивать производительность около 4 кг/ч. Кабина снабжена автоматическим переключателем и дистанционным управлением с возможностью дозирования хлора одновременно в несколько точек.

Наиболее популярны в нашей стране хлораторы V-2000 английской фирмы «WALLACE & TIERNAN» (рис. 8.3).

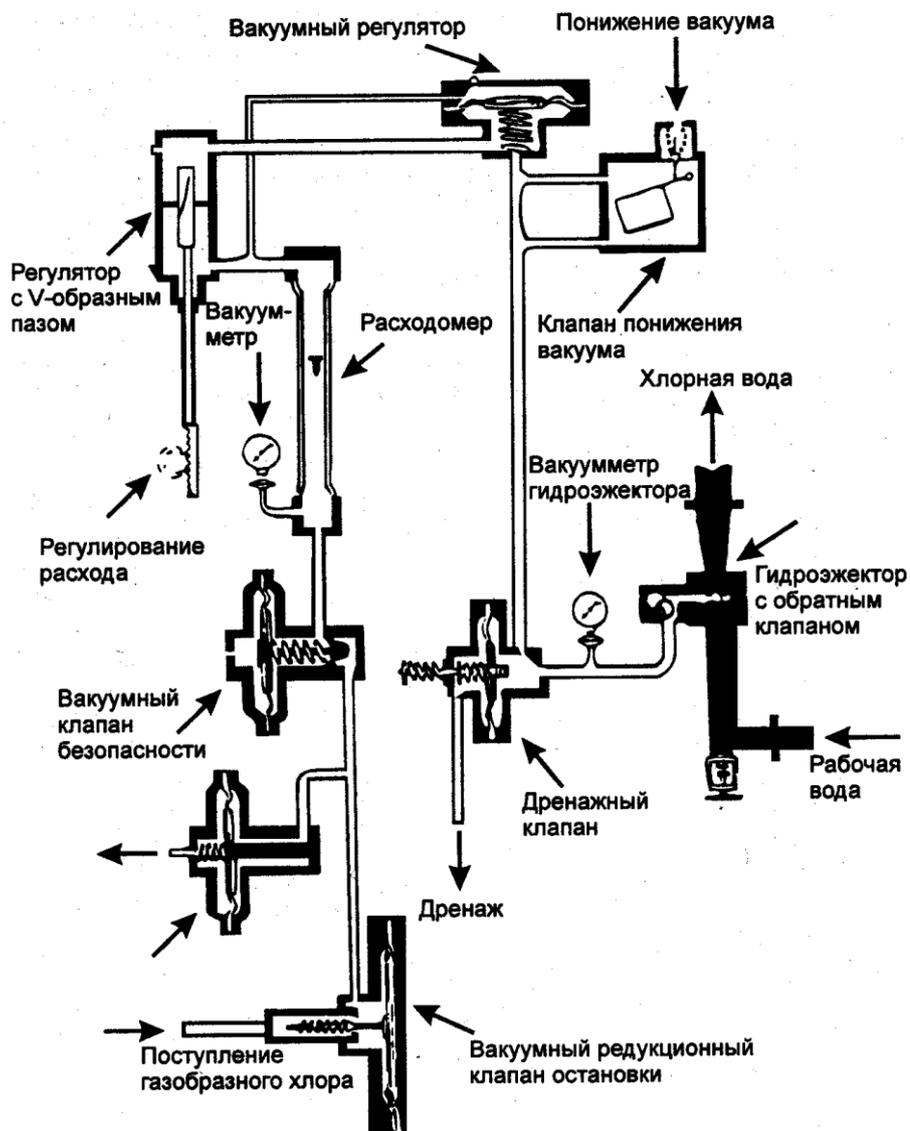


Рис. 8.3. Принципиальная схема хлоратора серии V-2000

## 8.5. Хлоропроводы

Хлоропроводы для транспортирования жидкого и газообразного хлора следует выполнять из стальных труб без шва. Трубопроводы жидкого хлора, имеющего рабочую температуру от минус 70 °С до минус 40 °С, а также наружные трубопроводы в климатических районах с температурой минус 40 °С и ниже, должны быть выполнены из стали марок 10Г2, 09Г2С, Х18Н10Т или других хладостойких сталей.

Количество хлоропроводов должно быть не менее двух, один из них – резервный. Хлоропроводы и арматуру для них надлежит предусматривать на рабочее давление 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) и пробное давление 2,3 МПа (23 кгс/см<sup>2</sup>).

Прокладку хлоропроводов *внутри помещений* следует предусматривать на кронштейнах, укрепленных на стенах и колоннах; *вне зданий* – на эстакадах с защитой от воздействия солнечных лучей. Соединения труб делают сваркой или на муфтах с проваркой их концов, или на фланцах с уплотнительной поверхностью типа «выступ–впадина» с применением хлорустойчивых прокладок (например, из паронита, фторопласта, свинца) и болтов из нержавеющей стали. Повторное использование прокладок не допускается. Применение резиновых прокладок из хлоростойких резин допускается только на вакуумных линиях.

Окрашивают хлоропроводы перхлорвиниловыми эмалями желтого цвета.

Трубопроводы жидкого хлора должны иметь уклон 0,01 в сторону сосуда с хлором, при этом на хлоропроводе не должно быть мест, в которых возможно образование гидравлического затвора или газовой пробки. Диаметры хлоропроводов следует принимать при расчетном расходе хлора с коэффициентом 3 с учетом объемной массы жидкого хлора 1,4 т/м<sup>3</sup>, но не более 80 мм, газообразного хлора плотности 0,0032 т/м<sup>3</sup>, но не более 50 мм. Скорости движения в трубопроводах для жидкого хлора должна быть 0,8 м/с, для газообразного хлора – от 2,5 до 3,5 м/с.

Технологическое оборудование и коммуникации для жидкого хлора, в которых по условиям эксплуатации может возникнуть давление выше допустимого значения, должны оснащаться предохранительными устройствами. Для защиты предохранительного клапана от коррозионного воздействия хлора перед ним должно быть установлено мембранное предохранительное устройство. Давление срабатывания мембраны и открытия предохранительного клапана, его пропускная способность определяется разработчиком проекта или оборудования с учетом рекомендаций организации, специализированной в области безопасного обращения с хлором.

Для трубопроводов, содержащих хлор, необходимо предусматривать возможность их опорожнения путем продувки сухим (с точ-

кой росы минус 40 °С) сжатым воздухом (или азотом) или вакуумированием с последующей продувкой сухим сжатым воздухом (азотом) до остаточной концентрации хлора в газах продувки не более 1 мг/м<sup>3</sup>. Необходимо предусматривать устройство для удаления из системы газообразного хлора при переключении контейнера или баллона, а также для периодического удаления из трубопроводов и испарителей треххлористого азота. При этом рекомендуется использовать сухой сжатый азот, воздух и др. Продукты продувки должны обезвреживаться путем пропуска их через слой нейтрализующего раствора.

Межцеховые трубопроводы для транспортировки жидкого и газообразного хлора должны иметь штуцера с запорной арматурой и заглушками для их опорожнения, продувки и опрессовки. К трубопроводам, транспортирующим хлор, не должны крепиться другие трубопроводы, кроме теплоспутников, закрепляемых без приварки.

## 8.6. Трубопроводы для хлорной воды

Трубопроводы для хлорной воды следует предусматривать из материалов, обладающих коррозионной стойкостью к ней (резины, полиэтилена высокой плотности, поливинилхлорида и др.).

*Внутри помещений* трубопроводы располагают в каналах, устраиваемых в полу, или на кронштейнах и сплошных опорах.

*Вне помещений* предусматривается подземная укладка в каналах или футлярах из труб, обладающих коррозионной стойкостью по отношению к хлорной воде. В каналах и футлярах не допускается располагать трубопроводы другого назначения, кроме теплового сопровождения. Необходимо предусмотреть температурную компенсацию труб, а также возможность их замены. На наружных трубопроводах хлорной воды следует предусматривать колодцы, в которых прерываются футляры, для наблюдения за возможной утечкой хлорной воды, при этом дно колодцев должно покрываться химически стойкими эмалями. Расстояние между колодцами должно быть не более 30 м. Глубина залегания низа футляра без теплового сопровождения должна быть не менее глубины промерзания грунта.

Прокладка трубопроводов жидкого и газообразного хлора должна обеспечивать наименьшую протяженность коммуникаций, исключать провисание и образование застойных зон.

Схема основных технологических потоков хлора на комплексе водоочистных сооружений МП «УВКХ» приведена на рис. 8.4.

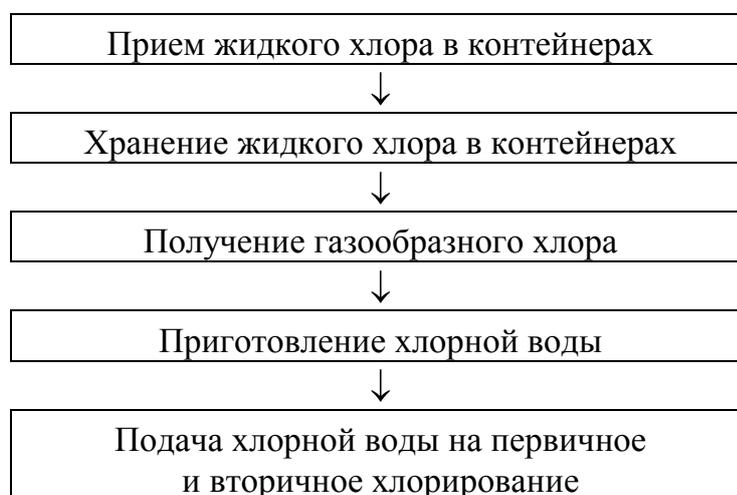


Рис. 8.4. Схема основных технологических потоков хлора в комплексе водоочистных сооружений

Анализируя опыт эксплуатации трубопроводной арматуры специалисты Госгортехнадзора РФ и Российского центра «Хлорбезопасность» дают следующие рекомендации для хлорной трубопроводной арматуры:

– детали трубопроводной арматуры, соприкасающиеся с хлором, следует изготавливать из материалов, устойчивых в среде как сухого, так и влажного хлора, таких, как сплавы Монеля (монель-металл) и хастелоя (хастелой С);

– сильфонная арматура должна иметь полноценный дублирующий сальник, при этом необходимо обеспечить возможность контроля целостности сильфона при рабочем состоянии арматуры;

– для сухого жидкого или газообразного хлора следует отдавать предпочтение арматуре с сальниковым уплотнением штока, так как в арматурах этого вида при их современной конструкции не может быть выброса значительного количества хлора, как в сильфонной арматуре, а современные конструкции сальниковых уплотнений обеспечивают их полную герметичность;

– для всех видов арматуры следует отдавать предпочтение арматуре с мягким уплотнением в затворе, например, из фторопласта;

– конструкцию затвора клапанов вертикального типа следует выполнять так, чтобы на рабочей поверхности седла не происходило

отложение и накопление хлоридов железа и иных механических примесей, всегда присутствующих в хлоре;

– для шаровых клапанов следует отдавать предпочтение конструкциям седел с гибкой кромкой, которые обеспечивают самокомпенсацию при колебаниях давления и температуры, а также при износе седла.

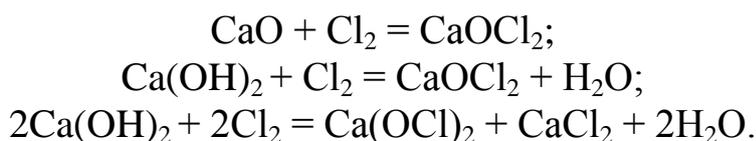
### Контрольные вопросы и задачи

1. Какие требования предъявляются к помещению хлораторной?
2. Какие модули хлорного хозяйства могут быть заблокированы в здании хлораторной?
3. Какие требования предъявляются к расходному складу хлора?
4. Какой радиус опасной зоны принят для складов жидкого хлора в баллонах и контейнерах?
5. Как должны размещаться сосуды с хлором в складе?
6. Какие требования предъявляются к емкости для нейтрализации аварийных баллонов?
7. Где размещают испарители хлора и какие требования предъявляют к организации процесса испарения?
8. Какие требования предъявляют к трубопроводам газообразного хлора при необходимости его подачи за пределы здания хлораторной?
9. Какие приборы обеспечивают постоянное давление в системе, контроль и регулировку подаваемого хлора?

## 9. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ХЛОРНОЙ ИЗВЕЩЬЮ ИЛИ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ

### 9.1. Обеззараживание сточных вод

Обеззараживание сточных вод до 1000 м<sup>3</sup> в сутки производится при помощи хлорной извести. Хлорную известь получают при обработке хлором сухой негашеной извести (оксида кальция CaO) или насыщении хлором известкового молока или гашеной извести (Ca(OH)<sub>2</sub>):



Установка для приготовления и дозирования раствора состоит из одного или двух затворных баков, двух растворных (рабочих) баков и одного дозирующего бачка. Бачки изготавливают из дерева, пластмассы или железобетона и оборудуются мешалками. Из коррозионно-стойких материалов (полиэтилен, фторопласт, винипласт) изготавливают также трубопроводы и арматуру (рис. 9.1).

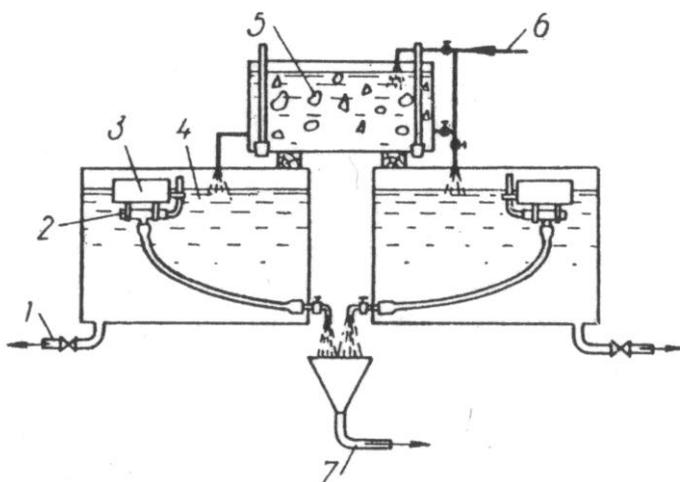


Рис. 9.1. Схема установки для обеззараживания воды хлорной известью:

- 1 – опорожнение растворного бака;
- 2 – оттарированная шайба;
- 3 – поплавок;
- 4 – бак рабочего раствора;
- 5 – затворный бак;
- 6 – подача воды от водопровода;
- 7 – отвод приготовленного раствора в обеззараживаемую воду или к эжектору

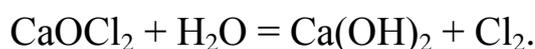
Для приготовления рабочего раствора хлорную известь в затворном баке непрерывно размешивают с водой до получения известкового молока с содержанием 10–15 % активного хлора. Методика определения активного хлора была представлена в разд. 6.

Из затворного бака известковое молоко подается в растворные баки, где разбавляется при интенсивном перемешивании водопроводной водой до концентрации 2–3 % по активному хлору. Определение проводится не реже одного раза в смену. Растворных (рабочих) баков должно быть не менее двух, так как они работают попеременно.

Общий объем расходных баков для обеззараживания питьевой воды определяют, исходя из концентрации раствора хлорной извести 1 % по активному хлору и двух заготовок в сутки.

Для дозирования гипохлорита натрия следует раствор предварительно отстоять. Надлежит предусматривать периодическое удаление осадка из баков и дозаторов. Хлорная вода из растворных баков поступает в дозировочный бачок, а затем через кран на отводной трубе дозировочного бачка в смеситель. Смесители подразделяют на три типа: ершовые (при расходе сточных вод до 1400 м<sup>3</sup> в сутки), типа лотка Паршаля и с механическим (или пневматическим) перемешиванием. Для предотвращения распространения хлора в помещении хлораторной все баки плотно закрывают крышками. Время контакта обеззараживаемой воды с хлорной известью не менее 1 ч.

Хлорная известь содержит 30–32 % активного хлора по массе. При хранении хлорная известь разлагается:



Часовой расход хлорной извести ( $q$ , г/ч) для обеззараживания воды определяется по формуле

$$q = \frac{100aQ_{\max}}{\omega}, \quad (9.1)$$

где  $a$  – расчетная доза вводимого активного хлора, г/м<sup>3</sup>;  $Q_{\max}$  – максимальный часовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч;  $\omega$  – содержание активного хлора в товарной хлорной извести, %. С учетом снижения активности хлорной извести в период хранения принимают  $\omega = 25$  %.

Для производительности  $q = 1$  кг/ч хлорной извести применяются деревянные затворно-растворные баки, покрытые внутри цементным раствором, а для производительности до 2,5 кг/ч – железобетонные.

Рабочую емкость растворных баков ( $V_p$ , м<sup>3</sup>) можно рассчитать по формуле

$$V_p = 0,01 \frac{aQ}{\omega bn}, \quad (9.2)$$

где  $a$  – расчетная доза вводимого активного хлора, г/м<sup>3</sup>;  $Q$  – среднесуточное количество воды, подлежащей хлорированию, м<sup>3</sup>/сут;  $\omega$  – содержание активного хлора в товарной хлорной извести, %;  $b$  – концентрация раствора хлорной извести,  $b = 2-5$  %;  $n$  – число затворений хлорной извести в сутки, принимаемое в зависимости от хлоропоглощаемости воды (для обработки сточных вод  $n =$  от 2 до 5 раз/сут).

Полученную рабочую емкость  $V_p$  рекомендуется увеличивать на 15 % полезного объема для сбора выпадающего осадка. Кроме этого прибавляется 0,10–0,15 м для запаса по высоте борта.

Объемы затворного бака обычно принимают в размере 30 % общего объема растворных баков. Размеры дозирующего бака принимаются из конструктивных соображений. Наибольший диаметр деревянных растворных баков 1,25 м. При получении больших объемов в расчете необходимо предусматривать большее число затворений или применять железобетонные баки.

На водоочистных станциях, где суточный расход хлора не превышает 50 кг, а транспортировка, хранение и подготовка токсичного хлора связаны с трудностями, можно для хлорирования воды использовать гипохлорит натрия NaClO.

На очистных сооружениях с расходом стоков более 1000 м<sup>3</sup> в сутки обеззараживание хлорной известью или гипохлоритом технически сложно и экономически нецелесообразно. В этом случае обеззараживание стоков производится жидким хлором (см. разд. 7).

### Контрольные вопросы и задачи

1. Какими химическими уравнениями описывается схема получения хлорной извести? Назовите все вещества.
2. Какое оборудование используют для приготовления хлорной извести?
3. Какие материалы используют для оборудования, трубопроводов, арматуры, контактирующих с хлорной известью или гипохлоритом натрия?

## **10. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ПРЯМЫМ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ И ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ**

### **10.1. Обеззараживание воды прямым электролизом**

При установке и эксплуатации электролизеров должны выполняться требования нормативных документов, таких как: правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок, общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, утвержденные постановлением Госгортехнадзора России от 05.05.2003 № 29 (зарегистрированы Минюстом России от 15.05.2003 № 4537), правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора, утвержденные постановлением Госгортехнадзора России от 05.06.2003 № 48 (зарегистрированы Минюстом России от 19.06.2003 № 4723) и др.

Обеззараживание воды прямым электролизом следует применять при содержании в обрабатываемой воде хлоридов не менее 20 мг/л и общей жесткости не более 7 мг-экв/л на станциях водоподготовки производительностью до 5000 м<sup>3</sup> в сутки. Кроме того, этот метод используется для обработки судовых и других сточных вод, при этом в сточные воды может быть добавлена поваренная соль в необходимом количестве. Разработаны промышленные установки типа «Поток», «ЭОС» и др.

Установки для очистки и обеззараживания воды прямым электролизом должны располагаться в помещении рядом с трубопроводами, подающими воду в резервуары фильтрованной воды. Необходимо предусматривать резервные установки (одну или более). Технология получения хлора должна исключать возможность образования взрывоопасных смесей хлора с водородом. Для обеззараживания воды прямым электролизом используются электролизеры различных конструкций, преимущественно мембранные или диафрагменные.

## 10.2. Электролитическое приготовление гипохлорита натрия

Электролитическое приготовление гипохлорита натрия производят из раствора поваренной соли или естественных минерализованных вод с содержанием хлоридов не менее 50 г/л на станциях водоподготовки с расходом хлора до 50 кг в сутки.

Принципиальная схема электрохимической установки для получения раствора гипохлорита натрия представлена на рис. 10.1.

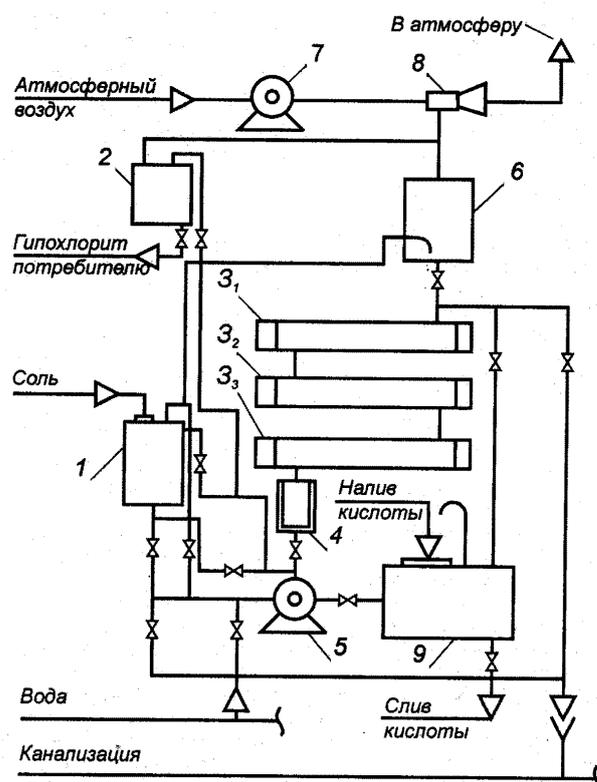


Рис. 10.1. Принципиальная схема электрохимической установки для получения раствора гипохлорита натрия (режим периодический):  
1 – бак для исходного раствора соли; 2 – бак для гипохлорита натрия; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3<sub>3</sub> – электролизные модули; 4 – фильтр; 5 – насос; 6 – сепаратор водорода; 7 – вентилятор; 8 – инжектор водорода; 9 – бак для кислоты

Для хранения поваренной соли применяют склады мокрого хранения. Объем баков определяют из расчета 1,5 м<sup>3</sup> на 1 т соли. При объемах разовой поставки, превышающих 30-суточное потребление реагентов, хранящихся в мокром виде, допускается устройство дополнительного склада для сухого хранения части реагентов, в котором слой соли не должен превышать двух метров. Склады реагентов

следует рассчитывать на хранение 30-суточного запаса, считая по периоду максимального потребления реагентов, но не менее объема их разовой поставки.

Количество растворных баков для получения насыщенного раствора поваренной соли следует принимать не менее двух, при этом общая вместимость баков должна обеспечивать запас раствора соли не менее, чем на 24 часа работы одного электролизера.

### **10.3. Требования безопасности**

Электролизеры должны располагаться в сухом отапливаемом помещении. Допускается их установка в одном помещении с другим оборудованием электролизных. Количество электролизеров не должно быть более трех, из которых один – резервный. Электролизеры следует располагать с учетом самотечного отвода гипохлорита натрия в бак-накопитель, вместимость которого должна обеспечить непрерывную работу одного электролизера не менее 12 ч.

Бак-накопитель должен размещаться в вентилируемом помещении. Должны обеспечиваться подвод воды и отвод сточных вод при его промывке и опорожнении. Баки и трубопроводы для растворов поваренной соли и гипохлорита натрия должны выполняться из коррозионно-стойких материалов или иметь антикоррозионное покрытие.

Для всех электролизеров должна быть обеспечена электрическая изоляция от земли, а также от присоединенных к ним трубопроводов. При использовании металлических трубопроводов следует применять электроизолирующие вставки, подвески или изоляторы. Все штуцера электролизеров должны подключаться к коллекторам при помощи соединений, выполненных из неэлектропроводных материалов, или через вставки из этих материалов.

Лестницы, стремянки, площадки и настилы для обслуживания электролизеров и коллекторов должны быть электрически изолированы от земли и металлических конструкций или выполнены из диэлектриков. Электроизолирующие устройства должны систематически очищаться от загрязнений и периодически (не реже одного раза в квартал) проверяться на сопротивление изоляции, которое должно быть не менее  $0,5 \cdot 10^6$  Ом.

**Контроль, регулирование и управление** технологическими процессами производства, хранения и потребления хлора должны осуществляться, как правило, с рабочего места оператора, располо-

женного в пункте управления, и иметь дублирование по месту расположения оборудования.

Установки электролиза должны быть оснащены системами контроля, сигнализации и управления:

- а) напряжением и силой тока на электролизерах;
- б) аварийным отключением источников постоянного тока из зала электролиза и помещения управления, а также из помещения хлорных компрессоров при их остановке;
- в) автоматической остановкой электродвигателей хлорных компрессоров при внезапном отключении тока, питающего электролизеры, с выдержкой 3–4 с после отключения тока и одновременным включением системы аварийного поглощения хлора;
- г) автоматическим отключением источников постоянного тока, питающих электролизеры, при внезапной остановке хлорных компрессоров (с выдержкой 3–4 с), одновременно должен подаваться сигнал в зал электролиза и пункт управления оператора;
- д) сигнализацией в цех электролиза, на преобразовательную подстанцию и пункт управления при внезапном отключении одного из нескольких работающих хлорных компрессоров;
- е) сигнализацией о понижении уровней растворов в электролизерах, баках и др.;
- ж) сигнализацией о превышении или понижении уровней давления в коллекторах и аппаратах;
- з) автоматическим регулированием уровней рассола и очищенной воды в напорных баках, в сборниках щелочных продуктов электролиза и каустика (NaOH);
- и) автоматическим регулированием уровней давления в коллекторах и аппаратах.

**При производстве жидкого хлора** должно быть предусмотрено следующее:

- а) автоматический контроль температуры хладоносителя на входе и выходе из конденсаторов хлора, а также жидкого хлора на выходе из конденсаторов;
- б) автоматический контроль и поддержание безопасной концентрации водорода в абгазах стадии конденсации хлора;
- в) сигнализация в пункт управления при повышении объемной доли водорода в абгазах конденсации более 4 %.

Все вновь проектируемые и реконструируемые производства хлора должны оснащаться мембранными или диафрагменными электролизерами. Производство хлора методом электролиза должно быть отнесено к потребителям первой категории по надежности электроснабжения. Также должно быть обеспечено бесперебойное снабжение водой, паром, сжатым воздухом (азотом) необходимых параметров.

На трубопроводах после хлорных компрессоров устанавливаются обратные или отсечные клапаны, заблокированные с системой останова и пуска электродвигателя компрессора. Абгазы сжижения и переадавливания хлора, газы продувок хлорных сосудов должны направляться на потребление или в поглотительную систему для очистки от хлора. Сбросы от гидрозатворов и предохранительных клапанов мембранных предохранительных устройств (кроме разрывных мембран электролизеров) должны направляться по отдельным трубопроводам в поглотительную систему очистки.

В отделениях электролиза должна предусматриваться система аварийного поглощения хлора водным (10–20 % гидроксида натрия) раствором щелочи.

*Аварийный запас щелочи* должен обеспечивать поглощение хлора, производимого всеми электролизерами, в течение 10–15 мин при максимальной проектной токовой нагрузке.

Насосы для перекачки агрессивных и едких продуктов оборудуются поддонами или лотками из коррозионно-стойких материалов.

В общем хлорном коллекторе объемная доля водорода в хлоре не должна превышать 0,5 % для диафрагменных электролизеров и 0,2 % при электролизе мембранным методом. Объемная доля кислорода и водорода в общем водородном коллекторе не должна превышать 0,5 % для диафрагменных электролизеров и 0,3 % при электролизе мембранным методом.

Перед пуском электролизера мембраны должны быть проверены на целостность, а электролизеры – на герметичность. В электролизерах должно быть обеспечено автоматическое поддержание концентрации хлорида натрия в анолите и концентрации гидроксида натрия в католите. В электролизерах должны быть обеспечены регулирование уровня анолита над верхним краем диафрагмы и сигнализация о его снижении ниже предельно допустимого. В анодном пространстве электролизера с мембраной следует поддерживать разря-

жение, равное  $200 \pm 100$  Па, работа электролизера под давлением в анодном пространстве допускается при разработке дополнительных мер безопасности. В катодном пространстве электролизера с мембраной следует поддерживать давление  $6000 \pm 100$  Па.

При отключении постоянного тока в зале диафрагменного электролиза водород из групповых водородных коллекторов и катодного пространства следует вытеснять азотом на свечу. При отключении электролиза более, чем на 1 ч хлорные и водородные коллекторы должны быть продуты азотом.

### Контрольные вопросы

1. В каких случаях используют обеззараживание воды прямым электролизом?
2. Почему технология получения хлора при электролизе должна исключать возможность образования смеси хлора с водородом? При какой концентрации водорода в абгазах конденсации хлора должна быть предусмотрена сигнализация в пункт управления?
3. Какого типа электролизеры преимущественно используются для электрической обработки воды?
4. Каким образом обеспечивают электрическую безопасность электролизеров и вспомогательного оборудования?
5. Кто и как осуществляет контроль, регулирование и управление процессами электролиза?
6. Какие системы контроля, сигнализации и управления должны быть предусмотрены на установках электролиза?
7. Почему насосы для перекачки агрессивных жидкостей оборудуются поддонами?
8. Какие требования предъявляются к снабжению электричеством, водой и паром при производстве хлора методом электролиза?
9. Что представляет собой система аварийного поглощения хлора?
10. Какие меры должны обеспечить безопасность работы электролизера?
11. Какие меры необходимо принять при отключении подачи тока на электролизеры?

## 11. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ХЛОРНОГО ХОЗЯЙСТВА

### 11.1. Защита аппаратов и трубопроводов хлора от разрушения

Защита окружающей среды в первую очередь обеспечивается промышленной безопасностью эксплуатации технических и технологических устройств системы хлорного хозяйства. Например, в хлорных производствах должна применяться только специальная арматура в коррозионно-стойком исполнении, при этом должны учитываться особые специфические свойства хлора. Следует предъявлять повышенные требования к надежности и герметичности арматуры вследствие высокой токсичности хлора. В хлорных производствах часто используется арматура с ручным управлением, что связано с недостаточной автоматизацией технологических процессов, не соответствующей уровню современных требований промышленной безопасности.

В хлорных производствах давление рабочей среды обычно не превышает 1,6 МПа, поэтому на вакуумных системах и вакуумных хлоропроводах может использоваться арматура вакуумная (0,1 МПа) и низкого давления. Однако там, где используется хлор в жидком виде, например, испарители жидкого хлора, трубопроводы, транспортирующие жидкий хлор, высока вероятность возникновения аварийных повышенных давлений, поэтому применяют арматуру среднего давления на 2,5 или 4 МПа рабочего давления.

Для защиты аппаратов и трубопроводов хлора от разрушения при аварийном повышении в них рабочего давления, а также для защиты рабочих органов предохранительных клапанов (ПК) от агрессивной среды используют мембранные предохранительные устройства (МПУ). Мембраны изготавливают из устойчивых в атмосфере хлора материалов: никеля, серебра, монель-металла, хастелоя (хром-никель-молибденовый сплав), тантала, нержавеющей стали. Для аппаратов, работающих под вакуумом до 10 кПа, используют графитовые (ломающиеся) мембраны. Рабочее (проходное) сечение  $F$  (м<sup>2</sup>) рассчитывается по формуле:

$$F = 0,0072 [P_0 P_m / (P_m - P_p)] (V/\tau) [M/(KT)] [(2/K+1)^{K+1/1-K}]^{0,5}, \quad (11.1)$$

где  $P_0$  – давление взрыва в замкнутом сосуде, Па;  $P_m$  – максимально допустимое давление, Па;  $P_p$  – давление разрыва мембраны, Па;  $V$  – активный объем аппарата (выше насадки), м<sup>3</sup>;  $\tau$  – продолжительность подъема давления от начала инициирования взрыва газовой смеси в замкнутом сосуде, с;  $M$  – относительная молекулярная масса газа;  $K$  – показатель адиабаты, равный для хлора 1,35;  $T$  – температура воспламенения, К.

Значение  $\tau$  определяют из соотношения:

$$\tau = R/W, \quad (11.2)$$

где  $R$  – радиус аппарата, м;  $W$  – скорость подъема давления, м/с.

Диафрагменные хлорные электролизеры выключаются автоматически при концентрации водорода в хлоре более 2,5 % по объему на выходе из хлорных турбокомпрессоров и вручную при содержании в хлоре 4 % (об.) водорода.

Разрыв графитовой мембраны должен произойти при содержании в газовой смеси 6 % водорода и, соответственно, 94 % хлора по объему. При этих условиях температура воспламенения составляет  $T = 850$  К, скорость подъема давления  $W = 0,65$  м/с, давление взрыва в замкнутом сосуде  $P_0 = 240$  кПа, максимально допустимое давление принято  $P_m = 150$  кПа. Для мембран из графита давление разрыва мембраны принято  $P_p = 120$  кПа. В табл. 11.1 приведены диаметры графитовых мембран для защиты оборудования отделения охлаждения и осушки хлора.

Таблица 11.1

### Диаметры графитовых мембран

Показатели аппаратов	Холодильник смешения хлора с водой	Электро-фильтр	Сушильная башня	Сепаратор брызг
Диаметр аппарата, мм	1600	1950	1800	1400
Активный объем аппарата, м <sup>3</sup>	2,21	4,21	2,79	0,615
Расчетный диаметр, мм	145	179	165	90
Фактический диаметр, мм	250	200	150	150

Для защиты печей синтеза хлористого водорода (особо агрессивная среда – хлор, водород, хлористый водород и пары соляной кислоты при рабочей температуре до 550 °С и рабочем давлении 0,6 кг/см<sup>2</sup>) в условиях отсутствия отечественных производителей МПУ на российских предприятиях традиционно используют самодельные паронитовые мембраны. При выгорании паронита образуются взрывоопасные смеси и произвольные хлопья (микровзрывы). В настоящее время АО «Саянхимпром» разработало и ввело в эксплуатацию на двух печах синтеза хлористого водорода МПУ с гарантией работы в течение 2 лет. Материалы исполнения данного МПУ (плоской композиционной мембраны типа АИ, не требующей держателя) следующие:

- нижняя секция, обращенная внутрь аппарата – хастелой-276;
- прокладка из фибрефрекса, (теплоизоляционного, огнеупорного материала);
- изолирующая прокладка из фторопласта;
- верхняя секция из нержавеющей стали 316.

Мембрана рассчитана на разрывное давление 1,0–1,18 кг/см<sup>2</sup> при температуре 450 °С.

## **11.2. Требования к системе выброса воздуха в атмосферу**

Воздух, выбрасываемый в атмосферу постоянно действующими вентиляционными системами хлордозаторных, должен удаляться через трубу высотой на 2 м выше конька кровли самого высокого здания, находящегося в радиусе 15 м, а постоянно действующей и аварийной вентиляцией из расходного склада хлора – через трубу высотой 15 м от уровня земли.

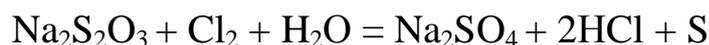
При необходимости, определяемой расчетом, следует предусматривать очистку выбрасываемого вентиляторами воздуха. При хранении на складе такого оборудования, как контейнера для хлора, очистка воздуха при возникновении аварийной ситуации обязательна, при этом концентрацию хлора в воздухе, выбрасываемом вентиляторами при аварии, следует определять по площади растекания хлора из одного контейнера и интенсивности испарения хлора с поверхности пола 5–6 кг/(м<sup>2</sup>·ч).

Для очистки воздуха следует применять орошаемые скрубберы (санитарные колонны) высотой не менее 3 м. Скорость движения

воздуха следует принимать не более 1,2 м/с, интенсивность орошения не менее 20 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч). Насадка скрубберов должна быть из материалов, стойких к воздействию хлорной воды. Используется, как правило, самая дешевая и самая худшая по своим характеристикам насадка – керамические кольца Рашига. Эта насадка имеет высокое сопротивление, низкую прочность и большой вес. Ее эффективность ниже большинства других типов насадок, используемых в мире в настоящее время (кольца Паля, седла «Инталлокс», минирингс и др.). Орошение скрубберов следует предусматривать нейтрализующими растворами, например, водным раствором, содержащим 3 % гидрокарбоната натрия (NaHCO<sub>3</sub>) и 2 % гипосульфита натрия (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Уравнение реакции:



В качестве абсорбентов также используют водные растворы каустической соды (гидроксида натрия NaOH), кальцинированной соды (карбоната натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), известковую воду или известковое молоко (гидроксид кальция Ca(OH)<sub>2</sub>), реже водные растворы тиосульфата натрия (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и хлористого железа (FeCl<sub>2</sub>)



Кроме абсорбционного метода используют адсорбционный метод, причем установлено, что из всех испытанных адсорбентов (силикагелей, цеолитов, активированных углей различных марок) наибольшей статической активностью при поглощении хлора обладает активированный уголь марки СКТ-3. Для регенерации отработанного угля используют раствор соды.

### 11.3. Ликвидация некоторых аварийных ситуаций

При аварии в случае утечки хлора из поврежденной емкости или технологической коммуникации необходимо в первую очередь

перекрыть краны и задвижки на трубопроводах с помощью бандажей, хомутов, тампонов, заглушек, затем перекачать жидкость из аварийной емкости в резервную. Эти работы осуществляются специалистами, обслуживающими аварийное оборудование, или персоналом, сопровождающим опасные грузы при транспортировке.

Для устранения утечек хлора из аварийного оборудования и трубопроводов используют магнитный герметизирующий захват типа «Консоль», быстромонтируемые герметизирующие хомуты. Время, необходимое для накладки и стягивания хомута до полной герметизации, не превышает 40–50 с.

При проливе жидкого хлора, чтобы предотвратить его растекание на местности и не допустить заражения грунтовых вод, проводят такие мероприятия:

- обвалование емкостей или разлившейся жидкости;
- оборудование перемычек, запруд на пути растекания хлора;
- сбор жидкого хлора в углубления (ямы, канавы, кюветы).

Для снижения скорости испарения хлора и ограничения распространения облака зараженного воздуха (ОЗВ) рекомендуется:

- создать водяную завесу, обеспечив поглощение хлора водой;
- засыпать пролитый хлор слоем сыпучих адсорбирующих хлор материалов (грунт, песок, шлак, уголь, керамзит, опилки и др.);
- обезвредить пролитый хлор нейтрализующими растворами.

Мелкодисперсные водяные завесы создают с помощью поливочных и пожарных машин, мотопомп, тепловых машин типа ТМС-65, войсковых авторазливочных станций и других высоконапорных водяных агрегатов. При поливе брандспойты рекомендуется снабжать душевыми насадками, дробящими струю.

Для обеззараживания местности и сооружений используются подметально-уборочные машины, пескоразбрасыватели, бульдозеры, грейдеры, опрыскиватели.

Обеззараживание техники и спецодежды в случае работы с хлором можно осуществить проветриванием.

В случае масштабной аварии может возникнуть необходимость привлечения сил гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ГО и ЧС), частей и подразделений химических и инженерных войск. Они могут привлекаться решением командующего войсками военного округа. Военские подразделения выполняют работы в тесном

взаимодействии с объектовыми и территориальными гражданскими организациями гражданской обороны (ГОГО).

Направление и скорость распространения облака хлора зависят от метеорологических характеристик: степени вертикальной устойчивости атмосферы, влагосодержания, скорости ветра. Все эти факторы учитываются в методиках прогнозирования площади зоны возможного заражения.

С наветренной стороны от очага поражения устанавливаются:

- медпункт;
- пост химического наблюдения с вымпелом, показывающим направление ветра;
- пункт управления со средствами связи;
- пункт хозяйственного довольствия;
- место отдыха ликвидаторов аварии;
- склад запасов средств индивидуальной защиты (СИЗ) с пунктом замены противогазовых коробок, регенеративных патронов, резиновых сапог, перчаток, фартуков, халатов, курток и др.

Рекомендации по обеззараживанию и применению средств защиты в каждом конкретном случае выдают органы химического контроля.

**В зоне заражения категорически запрещено принимать воду, пищу, курить и справлять естественные надобности!**

Руководитель организует учет продолжительности работы личного состава в средствах индивидуальной защиты, своевременную их замену (частичную или полную).

О количестве уничтоженного, обезвреженного хлора составляется акт, который подписывается руководителем работ по уничтожению хлора и утверждается руководителем работ по ликвидации последствий аварии.

Так как ветер может изменить направление, желательно, чтобы все посты, пункты, площадки находились на подвижных платформах, готовых к перемещению.

### Контрольные вопросы и задачи

1. В каких случаях предусматривают очистку воздуха, выбрасываемого вентиляционными системами хлорного хозяйства?

2. Какое оборудование предусмотрено для очистки воздуха, загрязненного хлором?

3. Какие меры необходимо принять в первую очередь при возможной протечке хлора?

4. Какие силы привлекаются для ликвидации аварии, связанной с разливом хлора?

5. Как организуются работы по ликвидации очага поражения хлором?

## 12. ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

### 12.1. Прогнозирование масштабов химического заражения

*Химической обстановкой* называют совокупность последствий химического заражения местности.

Оценка химической обстановки методом прогнозирования и по данным разведки (контроля) — это определение масштабов и характера химического заражения; анализ влияния на деятельность хозяйствующих объектов, персонала ОЭ и бойцов ГО, а также населения, находящегося в зоне ХЗ; выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается поражение людей.

*Методом прогнозирования* решаются такие типовые задачи по оценке химической обстановки, как расчет продолжительности поражающего действия АХОВ, паров СДЯВ, ОВ; глубины их распространения; площади зоны ХЗ; время подхода облака зараженного воздуха от места аварии к данному ОЭ или населенному пункту; количества и структуры пораженных; порядок нанесения зон заражения на топографические карты (схемы). *Методом химической разведки* решаются те же задачи, а также осуществляется фактический контроль химической зараженности сырья, продуктов питания, воды и других объектов сразу после аварии, в процессе ликвидации последствий ХЗ и после дегазации.

Первоочередные действия населения по сигналу оповещения «Внимание всем!», «Химическое заражение» или другим сигналам ГО: включить средство связи и прослушать информацию управления по делам ГО, ЧС и ПБ или местных органов власти; сообщить об этой информации членам семьи, соседям, знакомым; выполнить все требования в соответствии с полученной информацией.

Как правило, необходимо собрать документы, деньги, ценные вещи, немного воды и продукты питания (общий вес до 50 кг). В зависимости от ситуации, герметизировать квартиру, продукты питания и воду, подготовить подручные СИЗ. В случае эвакуации перекрыть краны с газом, водой, отключить электроэнергию, убрать с балкона горючие материалы, закрыть квартиру и ждать машину у подъезда в случае сигнала «Радиационная опасность» или идти по названному адресу на сборный пункт в случае сигнала «Химическая опасность».

Принципы защиты населения при ЧС: руководство проведением мероприятий по защите со стороны территориальных и функциональных органов государственной власти; заблаговременное комплексное планирование и проведение этих мероприятий с учетом важности экономического, военного и оборонного значения ОЭ и отдельных регионов. Способы защиты – это своевременное оповещение населения; мероприятия противорадиационной, противохимической и эпидемиологической защиты; укрытие в инженерных защитных сооружениях; применение средств индивидуальной защиты (СИЗ); проведение эвакуационных мероприятий.

Метод прогнозирования позволяет решать следующие задачи:

- рассчитывать глубину и площадь зоны возможного заражения;
- рассчитывать время подхода облака зараженного воздуха к производственным участкам, жилым кварталам, населенным пунктам, находящимся на определенном расстоянии от места аварии;
- определять продолжительность действия источника заражения;
- производить ориентировочную оценку количества пораженных и их структуру среди производственного персонала объекта, на котором произошла авария, и населения, оказавшегося в очаге поражения.

Масштабы заражения ОВ, АХОВ и СДЯВ рассчитываются:

- для сжиженных газов – отдельно по первичному и вторичному облакам;
- для сжатых газов – только по первичному облаку;
- для СДЯВ, кипящих выше температуры окружающей среды, – только по вторичному облаку.

Прогнозирование масштабов заражения подразделяется на заблаговременное (расчетное моделирование аварии) и фактическое (уточнение непосредственно после аварии по фактическим данным). Сравнивая результаты вычислений, уточняют эмпирические зависимости.

При прогнозировании необходимо задавать следующие исходные для расчета данные:

- общее количество химических веществ (ОВ, АХОВ, СДЯВ) на объекте; данные по размещению их запасов в емкостях и технологических трубопроводах;
- характер выброса веществ в окружающую среду: «свободно» (на подстилающую поверхность), в «поддон» (или «обвалование»);

– высоту ( $H$ , м) «обвалования» (глубину поддона) складских емкостей;

– количество выброшенных (разлившихся) химических веществ;

– метеорологические условия: температуру окружающей среды (воздуха); скорость ветра на высоте флюгера (10 м от земной поверхности); степень вертикальной устойчивости тропосферы (инверсию, изотермию, конвекцию).

За величину выброса химического вещества принимают количество ( $Q_0$ , т), т. е. его содержание в максимальной по объему единичной емкости (технологической, складской, транспортной), а для сейсмических районов – общий запас химических веществ.

Самые неблагоприятные условия для ликвидации ЧС наступают при инверсии и скорости ветра ( $V$ , м/с) около 1 м/с.

Внешние границы заражения рассчитывают по пороговой токсодозе АХОВ, СДЯВ или ОВ при ингаляционном воздействии на организм человека.

Принятые допущения:

– полное разрушение емкостей при аварии; количество веществ, поступивших в окружающую среду, равно количеству веществ, хранящихся в разрушенной емкости ( $Q_0$ , т);

– толщина ( $h$ , м) слоя химического вещества при свободном разливе на подстилающую поверхность принимается 0,05 м по всей площади разлива;

– толщина ( $h$ , м) слоя химического вещества при разливе в «поддон» (или «обвалование») из отдельно обвалованной емкости определяется соотношением

$$h = H - 0,2; \quad (12.1)$$

– толщина ( $h$ , м) слоя химического вещества при разливе в «поддон» или «обвалование» из емкостей, расположенных группой в общем «поддоне» или «обваловании» определяется по формуле

$$h = Q_0 / F d, \quad (12.2)$$

где  $Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии химического вещества, т;  $F$  – площадь разлива в «поддон» («обвалование»), м<sup>2</sup>;  $d$  – плотность АХОВ, СДЯВ, ОВ, т/м<sup>3</sup>;

– предельное время пребывания людей в зоне заражения и сохранения неизменными первоначальных метеорологических условий принимается равным 4 ч. Затем прогноз должен уточняться.

### Исходные данные для расчета

1. Общее количество всех АХОВ, ОВ, СДЯВ (табл. П4 приложения) на ХОО и данные о их размещении в емкостях, трубопроводах и др.

2. Общее количество выброшенного или разлившегося химического вещества ( $Q_0$ , т) принимается по количеству максимальной по объему емкости (складской, технологической). Для сейсмоопасных районов принимается весь запас во всех емкостях.

3. Характер разлива на подстилающую поверхность: «свободно» (см. табл. П4), «в поддон» или «обвалование».

4. Высота обвалования (глубина поддона) складских емкостей ( $H$ , м). Как правило,  $H = 1$  м.

5. Толщина слоя разлившегося химического вещества ( $h$ , м):

– при свободном разливе – 0,05 м;

– при разливе из емкости в обвалование или поддон – 0,8 м;

– при разливе из группы емкостей в общий поддон или обваловании

$$h = Q_0 / Fd, \quad (12.3)$$

где  $F$  – площадь общего поддона (обвалования),  $m^2$ ;  $d$  – плотность разлившейся жидкости,  $t/m^3$ .

6. Метеорологические условия – самые неблагоприятные для ликвидации последствий аварии:

– инверсия;

– скорость ветра  $V \leq 1$  м/с;

– азимут ветра,  $\alpha$  (град), направление ветра;

– температура воздуха – наибольшая для данного времени года, зависит от географической широты и долготы места аварии.

7. Наименование и плотность газообразного и (или) жидкого разлившегося химического вещества.

8. Предельное время.

## Последовательность выполнения расчетов

1. Определение количества выброшенного при аварии химического вещества ( $Q_0$ , т). Задано условиями хранения и возможной аварии.

2. Расчет эквивалентного количества химического вещества по первичному облаку ( $Q_{\text{э1}}$ , т):

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0, \quad (12.4)$$

где  $K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения химических веществ (табл. П4 приложения);  $K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой ингаляционной токсодозе данного химического вещества (см. табл. П4 приложения);  $K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (табл. П5 приложения);  $K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха для первичного облака (см. табл. П4 приложения).

3. Расчет эквивалентного количества химического вещества по вторичному облаку ( $Q_{\text{э2}}$ , т):

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (h d), \quad (12.5)$$

где  $K_6$  – коэффициент, зависящий от времени ( $B$ , ч), прошедшего с момента аварии (см. табл. П3 приложения),

$$K_6 = B^{0,8}; \quad (12.6)$$

$$B = T \text{ при } T \leq 4 \text{ или } B = 4 \text{ при } T > 4.$$

4. Расчет времени испарения химического вещества, т. е. определение продолжительности поражающего действия АХОВ, ОВ, СДЯВ:

$$T = h d / K_2 K_4 K_7, \quad (12.7)$$

где  $h$  – толщина слоя разлива, м;  $d$  – плотность заданного химического вещества, т/м<sup>3</sup> (см. табл. П2 приложения);  $K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств вещества (см. табл. П4 приложения);  $K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. П6 приложения);  $K_7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха для вторичного облака (см. табл. П4 приложения).

5. Определение глубины зоны заражения, км:

– первичным облаком  $\Gamma_1$ ;

– вторичным облаком  $\Gamma_2$ .

Определяется в зависимости от рассчитанных значений  $Q_{\text{э}1}$  и  $Q_{\text{э}2}$  (табл. П7 приложения).

6. Расчет полной глубины зоны заражения, км:

$$\Gamma_{\text{пол}} = \Gamma^1 + 0,5 \Gamma^{11}, \quad (12.8)$$

где  $\Gamma^1$  – наибольший, а  $\Gamma^{11}$  – наименьший из размеров зон заражения  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

7. Расчет предельно возможной глубины переноса воздушных масс, км:

$$\Gamma_{\text{пр}} = B v, \quad (12.9)$$

где  $B$  – время, прошедшее после аварии, но не более 4 ч;

$v$  – скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра ( $V$ , м/с) и степени вертикальной устойчивости воздуха (км/ч). Определяется по табл. П8 приложения.

8. Определение окончательной расчетной глубины зоны заражения (км) – это минимальное значение, полученное при сравнении полной и предельной глубины заражения:

$$\Gamma = \Gamma_{\text{пол}}, \text{ если } \Gamma_{\text{пол}} < \Gamma_{\text{пр}};$$

$$\Gamma = \Gamma_{\text{пр}}, \text{ если } \Gamma_{\text{пр}} < \Gamma_{\text{пол}}.$$

9. Определение времени подхода зараженного облака к объекту, находящемуся на расстоянии  $X$  (км) от места разрушения емкости, ч:

$$t = X / v. \quad (12.10)$$

10. Определение площади заражения:

а) определение площади зоны возможного заражения, км<sup>2</sup>:

$$S_{\text{в}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi, \quad (12.11)$$

где  $\varphi$  – угловые размеры (в градусах) зоны возможного заражения в зависимости от скорости ветра (табл.12.1, рис.12.1);

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

Скорость ветра $V$ , м/с	$\leq 0,5$	0,6–1,0	1,1–2,0	$> 2,0$
Угловые размеры $\varphi$ , град	360	180	90	45

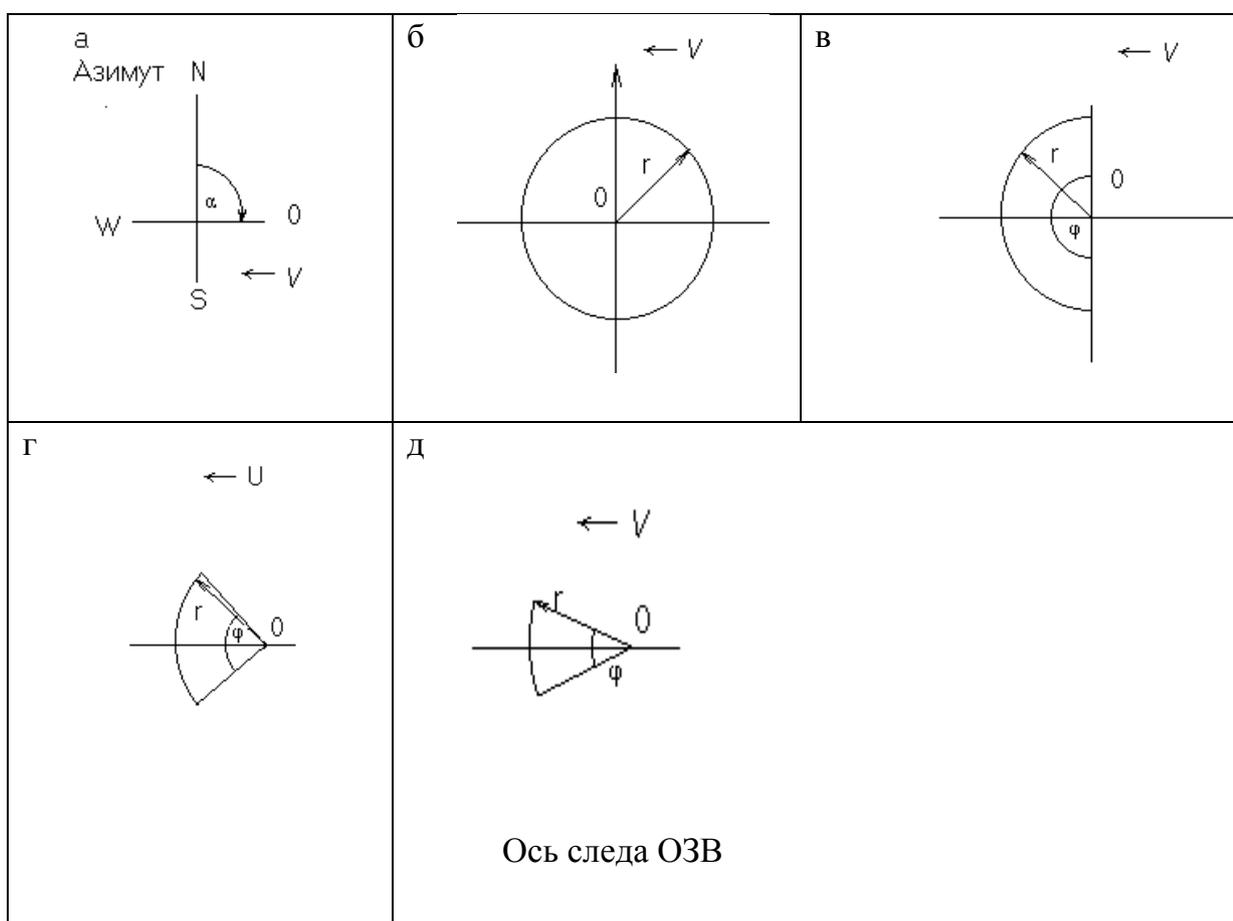


Рис. 12.1. Схема нанесения зон заражения на топографическую карту:

а – азимут,  $\alpha = 90^\circ$ , следовательно, ветер восточный;

б – окружность,  $V < 0,5$  м/с,  $\varphi = 360^\circ$ ;

в – полуокружность,  $V = 0,5 \div 1,0$  м/с,  $\varphi = 180^\circ$ ;

г – сектор,  $V = 1,0 \div 2,0$  м/с,  $\varphi = 90^\circ$ ; д – сектор,  $V > 2,0$  м/с,  $\varphi = 45^\circ$

(0 – координаты места аварии (ЧС))

б) определение площади зоны фактического заражения, км<sup>2</sup>:

$$S_{\phi} = K_{\text{в}} \Gamma^2 V^{0,2}, \quad (12.12)$$

где  $K_{\text{в}}$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха (см. табл. П5 приложения).

11. Порядок нанесения зон заражения на карту-схему. В зависимости от скорости ветра ( $V$ , м/с) и глубины заражения ( $\Gamma$ , км) площадь зоны заражения изображается как окружность или сектор окружности с углом  $\phi$ . Центр окружности находится в точке расположения аварийной емкости, радиус окружности принимается равным глубине зоны заражения ( $r = \Gamma$ ). Схема изображается в принятом масштабе с учетом азимута ветра ( $\alpha$ , град) и, следовательно, его направления. Биссектриса полуокружности и секторов круга совпадает с осью следа химического облака – облака зараженного воздуха (ОЗВ) и ориентирована по направлению ветра (см. рис. 12.1).

Зона фактического заражения имеет форму эллипса с центром в точке аварии, большей осью, равной по величине глубине зоны заражения ( $\Gamma$ , км), и площадью ( $S_{\phi}$ , км<sup>2</sup>). Ввиду возможного перемещения ОЗВ из-за изменения направления ветра фиксированное изображение зоны фактического заражения на карту-схему не наносится, но его можно нанести пунктиром как одно из возможных положений в некоторый промежуток времени (рис. 12.2).

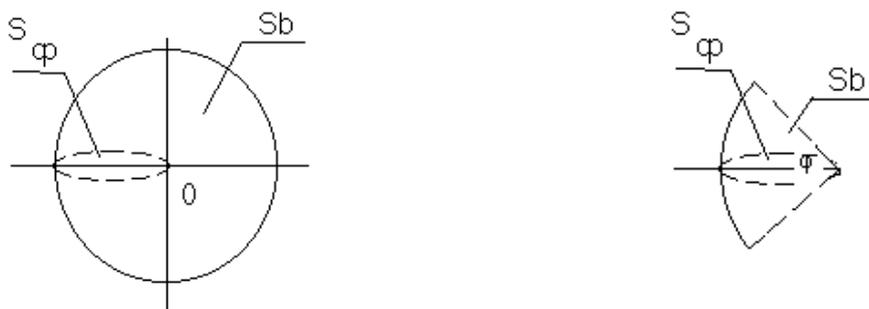


Рис. 12.2. Ориентировочное обозначение на карте-схеме очага фактического химического заражения

12. Расчет возможного количества и структуры потерь. Количество людей, оказавшихся в очаге поражения, рассчитывается следующим образом:

а) суммированием производственного персонала отдельных участков (цехов, предприятий) и жителей домов, оказавшихся в очаге поражения:

$$N = \sum^n N_i, \quad (12.13)$$

где  $N$  – количество людей в зоне поражения, чел.;  $N_i$  – количество людей, находящихся на  $i$ -м участке (в здании) территории возможной зоны заражения, чел.;

б) умножением средней плотности ( $\rho$ , чел./км<sup>2</sup>) населения (в том числе производственного персонала) на площадь возможной зоны заражения (км<sup>2</sup>).

Принять, что средняя плотность населения в городе составляет примерно 2800 чел/км<sup>2</sup>, в загородной зоне 140 чел/км<sup>2</sup>.

$$N = \rho S_v. \quad (12.14)$$

Количество пораженных ( $N_{\text{пор}}$ , чел.) зависит от использования средств защиты (противогазов, защитных инженерных сооружений – убежищ, эвакуации и т. п.):

$$N_{\text{пор}} = N (1 - K_{\text{защ}}), \quad (12.15)$$

где  $K_{\text{защ}}$  – коэффициент защищенности производственного персонала и населения средствами защиты,

$$K_{\text{защ}} = \sum \omega_i K_i, \quad (12.16)$$

где  $\omega_i$  – доля людей, находящихся в зоне поражения, использующих  $i$ -е укрытие или средство индивидуальной защиты (СИЗ);  $K_i$  – коэффициент защиты  $i$ -го укрытия (СИЗ) (табл. П9 приложения).

Ориентировочно возможные потери людей в зависимости от обеспеченности их противогазами и условий местонахождения в очаге химического поражения можно рассчитать по данным табл. П10 приложения. Ориентировочно структуру потерь людей в очаге поражения можно определить, пользуясь данными табл. П11 приложения).

13. Выводы: на основании полученных расчетных данных студент рекомендует необходимые меры по защите людей, оказавшихся в зоне химического поражения, и ликвидации очага химического заражения.

## 12.2. Оценка химической обстановки при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с аварией при перевозке хлора в баллонах по железной дороге

**Цель:** оценить максимальные масштабы заражения при разрушении баллонов, содержащих 10 т хлора.

**Метеоусловия:** авария произошла при самых неблагоприятных для ее ликвидации условиях: ночь, инверсия, скорость ветра  $V = 1$  м/с, азимут  $\alpha = 270^\circ$ , ветер западный, температура воздуха  $+40^\circ\text{C}$ .

**Расстояние** до ближайших домов железнодорожной станции  $X = 1$  км.

**Условия разлива АХОВ – хлора:** «свободно» на подстилающую поверхность;  $h = 0,05$  м.

**Обеспеченность населения противогАЗами:**  $\omega_i = 50\%$ .

**Количество людей, находящихся:**

– на открытой местности  $N_1 = 1000$  чел.;

– в зданиях  $N_2 = 500$  чел.

**Требуется:** провести оценку химической обстановки.

### Решение

1. Максимальное количество возможного выброса хлора  $Q_0 = 10$  т.

2. Расчет эквивалентного количества хлора по первичному об- лаку:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0,$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,4$  (см. табл. П4, П5 приложения),

$$Q_{\text{э1}} = 0,18 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 10 = 2,52 \text{ т.}$$

3. Расчет эквивалентного количества хлора по вторичному об- лаку:

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (h d),$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_2 = 0,052$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ .

По формуле (12.6) рассчитаем:  $K_6 = B^{0,8}$ ;  $B = T$ , так как  $T < 4$ , следовательно  $B = 1,49$  ч;  $K_6 = 1,49^{0,8} = 1,4$  (см. табл. П3 приложения);  $K_7 = 1,0$ . Отсюда

$$Q_{\text{э2}} = 0,82 \cdot 0,052 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 10 / (0,05 \cdot 1,553) = 7,69 \text{ т.}$$

#### 4. Расчет времени испарения хлора:

$$T = h d / (K_2 K_4 K_7),$$

где  $h = 0,05$  м (по условию);  $d = 1,553$  т/м<sup>3</sup>;  $K_2 = 0,052$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,0$  (см. табл. П2, П4, П5 приложения),

$$T = 0,05 \cdot 1,553 / (0,052 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 1,49 \text{ ч.}$$

#### 5. Определение глубины зоны заражения:

а) первичным облаком:  $Q_{\text{з1}} = 2,52$  т.

По данным табл. П7 приложения вычисляем:

– если  $Q = 3$  т, то  $\Gamma = 9,18$  км;

– если  $Q = 1$  т, то  $\Gamma = 4,75$  км;

$$\Gamma_1 = 4,75 + (9,18 - 4,75) (2,52 - 1,0) / (3 - 1) = 4,75 + 3,37 = 8,12 \text{ км;}$$

б) вторичным облаком:  $Q_{\text{з2}} = 7,69$  т.

По данным табл. П7 приложения вычисляем:

– если  $Q = 10$  т, то  $\Gamma = 19,20$  км;

– если  $Q = 5$  т, то  $\Gamma = 12,53$  км;

$$\Gamma_2 = 12,53 + (19,20 - 12,53) (7,69 - 5) / (10 - 5) = 12,53 + 3,59 = 16,12 \text{ км.}$$

#### 6. Расчет полной глубины зоны заражения

$$\Gamma_{\text{пол}} = \Gamma^1 + 0,5 \Gamma^{11},$$

где  $\Gamma^1$  – наибольший, а  $\Gamma^{11}$  – наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ :

$$\Gamma^1 = 16,12 \text{ км; } \Gamma^{11} = 8,12 \text{ км;}$$

$$\Gamma_{\text{пол}} = 16,12 + 0,5 \cdot 8,12 = 16,12 + 4,06 = 20,18 \text{ км.}$$

#### 7. Расчет предельно возможной глубины переноса воздушных масс

$$\Gamma_{\text{пр}} = B v,$$

где  $B = 1,49$  ч (по расчету);  $v = 5$  км/ч (см. табл. П8 приложения),

$$\Gamma_{\text{пр}} = 1,49 \cdot 5 = 7,5 \text{ км.}$$

#### 8. Определение окончательной расчетной глубины зоны заражения

$\Gamma_{\text{пол}} = 20,18$  км;  $\Gamma_{\text{пр}} = 7,5$  км; так как  $\Gamma_{\text{пр}} < \Gamma_{\text{пол}}$ , то  $\Gamma = \Gamma_{\text{пр}}$ ;  $\Gamma = 7,5$  км.

9. Определение времени перемещения облака зараженного воздуха на расстояние  $X = 1$  км от места аварии с разливом хлора

$$t = X / v;$$

$$t = 1 / 5 = 0,2 \text{ ч} = 12 \text{ мин.}$$

10. Определение площади заражения:

а) возможного

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi;$$

так как  $V = 1$  м/с, то  $\varphi = 180^\circ$  (рис.12.1,в):

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 7,5^2 \cdot 180 = 88,29 \text{ км}^2;$$

б) фактического

$$S_\Phi = K_B \Gamma^2 B^{0,2};$$

$K_B = 0,081$  (см. табл. П5 приложения);  $B^{0,2} = 1,5^{0,2} = 1,05$  (см. табл. П3 приложения);

$$S_\Phi = 0,081 \cdot 7,5^2 \cdot 1,05 = 4,78 \text{ км}^2.$$

11. Построение схемы зоны возможного заражения и ориентировочно, при условии неизменного направления ветра, зоны фактического заражения (рис. 12.3).

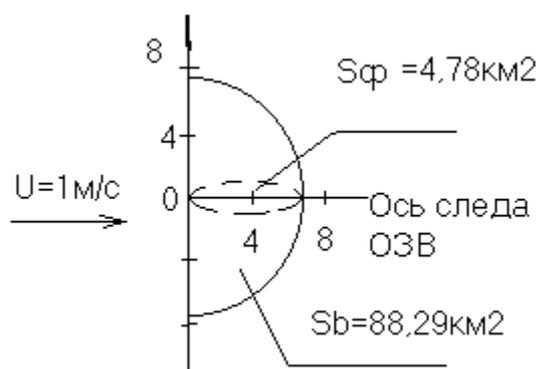


Рис. 12.3. Схема возможного химического заражения

12. Расчет возможного количества и структуры потерь (см. табл. П10, П11 приложения).

Общие потери при обеспеченности производственного персонала и населения, оказавшегося в очаге химического поражения, средствами защиты на 60 %:

– на открытой местности возможные потери составляют  $100 - 60 = 40\%$ , т. е.

$$N_{1\text{пор}} = 1000 \cdot 40/100 = 400 \text{ чел.};$$

– в простейших укрытиях (зданиях)

$$N_{2\text{пор}} = 500 \cdot 22/100 = 110 \text{ чел.};$$

– общее число пораженных

$$N_{\text{пор}} = 400 + 110 = 510 \text{ чел.}$$

Возможная структура поражений – см. табл. П11 приложения.

Учитывая, что отношение площади зоны возможного заражения к площади зоны фактического заражения составляет  $S_{\text{в}} / S_{\text{ф}} = 88,3/4,78 = 18,5$  раз, и допуская, что население на данной территории возможного заражения распределено равномерно, ориентировочно фактическое число потерь и структура поражений составят

$$N_{\text{пор}} = 510/18,5 = 28 \text{ чел.};$$

из них:

– с летальным исходом –  $179/18,5 = 10$  чел.;

– со средней и тяжелой степенями поражения –  $204/18,5 = 11$  чел.;

– с легкой степенью поражения –  $127/18,5 = 7$  чел.

14. Выводы: результаты расчета показали, что облако зараженного хлором воздуха подойдет к жилым домам через 0,2 ч. Этого времени достаточно для своевременного оповещения людей о происшедшей аварии и эвакуации или снабжения их противогазами. При заданной обеспеченности СИЗ люди защищены недостаточно.

По результатам прогнозирования химической обстановки в заданных условиях возможны следующие рекомендации по защите населения и персонала:

– персонал объекта должен быть обеспечен СИЗ на 100 %;

– на железнодорожной станции (в населенном пункте) с заданным количеством людей (1500 чел.) необходимо выстроить инженерные защитные сооружения (убежища) – см. табл. П9 приложения.

### 12.3. Прогнозирование масштабов заражения аммиаком, хранящимся под давлением, при аварии на мясокомбинате

**Цель:** оценить максимальные масштабы химического заражения на мясокомбинате при разрушении емкости с 75 т аммиака, хранящегося под давлением.

**Метеорологические условия:** авария произошла при самых неблагоприятных для ее ликвидации условиях – в ночную смену. Состояние атмосферы – инверсия; скорость ветра  $V = 1$  м/с; азимут ветра  $\alpha = 270^\circ$ , т. е. ветер западный; температура воздуха  $+40^\circ\text{C}$ .

**Местоположение мясокомбината:** г. Санкт–Петербург.

**Расстояние до жилых домов**  $X = 2,0$  км.

**Условия разлива аммиака:** в поддон,  $h = 0,8$  м.

**Обеспеченность персонала противогазами**  $\omega = 40\%$ .

**Количество людей, находящихся:**

– на открытой местности  $N_1 = 5$  чел.;

– в жилых и промышленных зданиях  $N_2 = 45$  чел.

**Требуется:** провести оценку химической обстановки.

#### РЕШЕНИЕ

1. Максимальное количество аммиака задано условиями аварии:  
 $Q_0 = 75$  т.

2. Рассчитаем эквивалентное количество аммиака по первичному облаку:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0,$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_3 = 0,04$ ;  $K_5 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,4$  (табл. П4) при температуре воздуха  $t = +40^\circ\text{C}$  (по условию).

$$Q_{\text{э1}} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 75 = 0,76 \text{ т.}$$

3. Рассчитаем эквивалентное количество аммиака по вторичному облаку:

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (h d),$$

где  $K_1 = 0,18$ ;  $K_2 = 0,025$ ;  $K_3 = 0,04$ ;  $K_4 = 1,0$ ;  $K_5 = 1,0$ ;  $K_7 = 1,0$  (табл. П4). Так как время испарения  $T = 21,79$  ч, то  $B = 4$  ч, тогда

$$K_6 = B^{0,8} = 4^{0,8} = 3,04 \text{ (табл. П3).}$$

$$Q_{32} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,04 \cdot 1,0 \cdot 75 / (0,8 \cdot 0,681) = 0,34 \text{ т.}$$

4. Рассчитаем время испарения аммиака в результате образования первичного и вторичного ОЗВ:

$$T = h d / (K_2 K_4 K_7),$$

где  $h = 0,8$  м (по условию); плотность  $d = 0,681$  т/м<sup>3</sup>;  $K_2 = 0,025$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_7 = 1$  (табл. П2, П4).

$$T = (0,8 \cdot 0,681) / (0,025 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 21,79 \text{ ч.}$$

5. Определение глубины зоны заражения:

а) первичным облаком, если  $Q_{31} = 0,76$  т.

По данным табл. П7 вычисляем:

– если  $Q = 0,5$  т, то  $\Gamma = 3,16$  км;

– если  $Q = 0,76$  т, то  $\Gamma = \Gamma_1$  км;

– если  $Q = 1,0$  т, то  $\Gamma = 4,75$  км;

$$\Gamma_1 = 3,16 + [(0,76 - 0,5)(4,75 - 3,16) / (1,0 - 0,5)] = 3,16 + 0,83 = 3,99 \text{ км;}$$

б) вторичным облаком, если  $Q_{32} = 0,34$  т.

По данным табл. П7 вычисляем:

– если  $Q = 0,1$  т, то  $\Gamma = 1,25$  км;

– если  $Q = 0,34$  т, то  $\Gamma = \Gamma_2$  км;

– если  $Q = 0,5$  т, то  $\Gamma = 3,16$  км;

$$\Gamma_2 = 1,25 + [(0,34 - 0,1)(3,16 - 1,25) / (0,5 - 0,1)] = 1,25 + 1,15 = 2,40 \text{ км.}$$

6. Расчет полной глубины зоны химического заражения

$$\Gamma_{\text{пол}} = \Gamma^1 + 0,5 \Gamma^{11},$$

где  $\Gamma^1$  – наибольший, а  $\Gamma^{11}$  – наименьший из размеров  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

В данном примере  $\Gamma_1 = 3,99$  км;  $\Gamma_2 = 2,40$  км.

Тогда  $\Gamma^1 = 3,99$  км;  $\Gamma^{11} = 2,40$  км;

$\Gamma_{\text{пол}} = 3,99 + 0,5 \cdot 2,40 = 5,19$  км.

7. Расчет предельно возможной глубины переноса ОЗВ:

$$\Gamma_{\text{пр}} = B \cdot v,$$

где  $B = 4$  ч (по расчету);  $v = 5$  км/ч (табл. П8), потому что скорость ветра в приземном слое  $V = 1$  м/с (по условию). Состояние атмосферы – инверсия (по условию). Предельно возможная глубина переноса облака, зараженного аммиаком:

$$\Gamma_{\text{пр}} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ км.}$$

8. Определение окончательной расчетной глубины зоны заражения  $\Gamma$ , км.

Глубина зоны заражения – это минимальное значение из сравнения двух величин – полной и предельной глубины заражения.

$$\Gamma = \min \{ \Gamma_{\text{пол}} \text{ или } \Gamma_{\text{пр}} \}$$

$$\Gamma_{\text{пол}} = 5,19 \text{ км; } \Gamma_{\text{пр}} = 20 \text{ км; тогда } \Gamma = 5,19 \text{ км.}$$

9. Определение времени ( $t$ , ч) перемещения ОЗВ на расстояние  $X$ , км, от места аварии

$$t = X/v;$$

$$t = 2/5 = 0,4 \text{ ч} = 24 \text{ мин.}$$

10. Расчет площади:

а) возможного заражения  $S_{\text{в}}$ , км<sup>2</sup>:

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

$$S_{\text{в}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 5,19^2 \cdot 180 = 42,28 \text{ км}^2;$$

б) фактического заражения  $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>:

$$S_{\text{ф}} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot B^{0,2},$$

где  $K_8 = 0,081$  (табл. П3) для инверсии.

$$S_{\text{ф}} = 0,081 \cdot 5,19^2 \cdot 4^{0,2} = 0,081 \cdot 26,94 \cdot 1,32 = 2,88 \text{ км}^2.$$

11. Построение схемы зоны возможного заражения аммиаком.

Учитывая, что азимут ветра  $\alpha = 270^\circ$ , т. е. ветер западный, нарисуем схему возможного химического заражения. Пунктиром на рис. 12.4 показана площадь фактического заражения, при условии сохранения неизменного направления ветра.

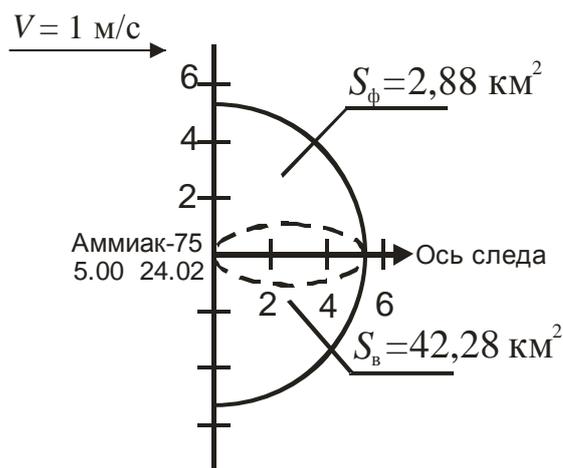


Рис. 12.4. Схема зоны возможного заражения аммиаком

12. Расчет возможного количества и структуры потерь персонала мясокомбината.

Количество людей, находящихся:

- на открытой местности  $N_1 = 5$  чел.;
- в жилых и промышленных зданиях  $N_2 = 45$  чел.

Всего количество персонала

$$N = N_1 + N_2;$$

$$N = 5 + 45 = 50 \text{ чел.}$$

Обеспеченность персонала противогазами  $\omega = 40\%$  (по условию).

По данным табл. П10 потери составят:

- на открытой местности 58 % или  $N_{1\text{пор}} = 5 \cdot 0,58 = 3$  чел.;
- в простейших укрытиях (цехах) 30 % или  $N_{2\text{пор}} = 45 \cdot 0,30 = 14$  чел. (округляем до целых).

Общее число потерь составит:

$$N_{\text{пор}} = N_{1\text{пор}} + N_{2\text{пор}};$$

$$N_{\text{пор}} = 3 + 14 = 17 \text{ чел.}$$

Структура потерь персонала мясокомбината (табл. П11):

- безвозвратные потери с летальным исходом  $0,35 \cdot 17 = 6$  чел.;
- потери тяжелой и средней тяжести составят  $0,4 \cdot 17 = 7$  чел.;
- санитарные потери легкой степени поражения  $0,25 \cdot 17 = 4$  чел.

13. Расчет возможного количества и структуры потерь населения, оказавшегося в зоне возможного заражения.

Количество населения при расположении мясокомбината в черте города рассчитаем по формуле (12.14)

$$N = \rho \cdot S_{\phi},$$

где плотность населения в городе  $\rho = 2800$  чел./км<sup>2</sup>,  $S_{\phi} = 2,88$  км<sup>2</sup> (по расчету).

$$N = 2800 \cdot 2,88 = 8064 \text{ чел.}$$

Население противогАЗами не обеспечено. Жилые дома находятся на расстоянии 2 км от мясокомбината (по условию).

ОЗВ подойдет к домам через 0,4 ч (по расчету). Для оповещения населения времени достаточно.

14. Рассчитаем время ( $\tau$ , ч) пребывания людей в очаге химического поражения, считая, что метеоусловия неизменны, а длина жилого здания, расположенного вдоль оси следа ОЗВ составляет 0,4 км.

$$\tau = 0,4/5 = 0,08 \text{ ч} < 0,25 \text{ ч.}$$

Значение коэффициента защищенности при укрытии в жилых и промышленных зданиях  $K_i = 0,97$  (табл. П 9).

Коэффициент защиты населения

$$K_{\text{защ}} = \sum \omega_i K_i,$$

где  $\omega_i$  – доля населения, укрывшаяся в помещениях, равна 1, так как для своевременного оповещения и укрытия времени достаточно. Тогда  $K_{\text{защ}} = 1 \cdot 0,97 = 0,97$ ;

Количество потерь среди населения составит:

$$N_{\text{пор}} = N (1 - K_{\text{защ}}),$$

$$N_{\text{пор}} = 8064 \cdot (1 - 0,97) = 8064 \cdot 0,03 = 242 \text{ чел.}$$

Структура потерь населения при аварии с разливом 75 т аммиака составит (табл. П11):

– потери с летальным исходом  $0,35 \cdot 242 = 85$  чел.;

- потери тяжелой и средней тяжести составят  $0,4 \cdot 242 = 97$  чел.;
- потери легкой степени поражения  $0,25 \cdot 242 = 60$  чел.

*Рекомендации по защите населения.*

Оповестить персонал и население.

Мясокомбинат должен иметь убежища с режимом регенерации воздуха, что обеспечит защиту персонала на 100 %.

Экстренный вывоз (вывод) или эвакуацию населения за границы распространения АХОВ проводят, если облако зараженного воздуха имеет концентрацию, соответствующую пороговой токсодозе. Для аммиака  $15 \text{ г} \cdot \text{мин} / \text{м}^3$ . Коэффициент защиты  $K_{\text{защ}} = 1$  (см. табл. П9) при эвакуации до подхода ОЗВ. В этом случае потерь нет.

#### **12.4. Задания по вариантам для выполнения расчетно-графической работы «Оценка химической обстановки в случае возникновения чрезвычайной ситуации»**

**Цель:** оценить максимальные масштабы заражения в случае аварии на химически опасном объекте (ХОО) с разрушением емкости с  $Q_0$  тоннами аммиака (или хлора), хранящегося под давлением.

**Условия разлива АХОВ:** «свободно» на подстилающую поверхность или «обвалование».

**Метеорологические условия:** инверсия, скорость ветра  $V = 1 \text{ м/с}$ , азимут ветра  $\alpha = 270^\circ$ , т. е. ветер западный; температура воздуха  $t$ , °С.

**Расстояние ( $X$ , км)** от места аварии, которое при заданных метеоусловиях преодолет облако зараженного воздуха за время  $t$ , ч. Предположительно на этом расстоянии находятся жилые дома или объекты экономики.

**Обеспеченность СИЗ** – противогазами ГП-7 (с фильтрующей коробкой марки К или КД в случае разлива аммиака).

**Количество людей, находящихся:**

- на открытой местности  $N_1$ , чел.;
- в жилых и промышленных зданиях  $N_2$ , чел.

Вариант задания студент выбирает в соответствии с порядковым номером в журнале группы.

### Варианты заданий

Вариант	Масса аммиака (или хлора) $Q_0$ , т	Условия розлива		Температура воздуха $t$ , °С	Расстояние до жилых домов $X$ , км	Обеспеченность СИЗ, %	Количество людей, находящихся	
		Свободно, $h=0,05$ м	В обвалование, $h=0,8$ м				на открытой местности	в зданиях
1	0,5	0,05	–	+20	0,5	40	20	4
2	1,0	0,05	–	+40	0,5	40	5	20
3	2,0	0,05	–	+20	1,0	40	10	20
4	2,5	0,05	–	+20	1,0	50	10	20
5	3,0	0,05	–	+20	1,3	50	15	40
6	4,0	0,05	–	+40	1,5	50	10	40
7	4,5	0,05	–	+40	1,6	60	5	45
8	5,0	0,05	–	+40	1,7	60	4	16
9	100,0	–	0,8	0	1,0	60	20	80
10	200,0	–	0,8	0	2,0	90	10	90
11	250,0	–	0,8	0	2,0	90	20	80
12	300,0	–	0,8	0	3,0	90	15	85
13	350,0	–	0,8	0	3,0	90	5	95
14	120,0	0,05	–	0	2,0	60	10	90
15	130,0	0,05	–	+20	3,0	60	50	50
16	50,0	0,05	–	+20	1,5	40	40	60
17	60,0	0,05	–	0	2,5	40	60	40
18	65,0	0,05	–	0	2,7	40	20	40
19	80,0	–	0,8	0	1,6	60	10	30
20	180,0	–	0,8	+20	2,0	70	10	40
21	160,0	–	0,8	+20	2,5	70	20	80
22	170,0	–	0,8	+20	3,5	70	0	60
23	280,0	–	0,8	+20	4,0	80	5	15
24	190,0	–	0,8	+20	4,5	80	10	20
25	150,0	0,05	–	+20	3,5	80	10	40
26	120,0	0,05	–	0	4,5	80	40	10
27	170,0	0,05	–	+20	6,0	80	50	50
28	70,0	–	0,8	+20	1,7	40	0	60
29	75,0	–	0,8	+40	2,0	40	5	45
30	80,0	–	0,8	+20	3,5	40	45	5
31	85,0	–	0,8	+40	4,0	40	15	35
32	90,0	–	0,8	+40	5,0	50	10	150

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П1

### Предельно–допустимые концентрации (ПДК) в воздухе некоторых АХОВ и ОВ

№ пп.	Наименование химического вещества	Химическая формула	Класс опасности вещества	ПДК в воздухе, мг/м <sup>3</sup>		
				рабочей зоны ПДК <sub>р.з</sub>	населенных пунктов	
					разовая	среднесуточная ПДК <sub>с.с</sub>
1	Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	3	5,0	0,40	0,15
2	Аммиак	NH <sub>3</sub>	4	20,0	0,2	0,04
3	Ацетонитрил	CH <sub>3</sub> CN	3	10,0	–	0,002
4	Ацетонциангидрин	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C(OH)CN	2	0,9	–	0,001
5	Водород хлори- стый	HCl	3	5,0	0,2	0,01
6	Водород фтори- стый	HF	2	0,5	0,02	0,005
7	Водород циани- стый	HCN	2	0,3	–	0,01
8	Диметиламин	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	2	1,0	0,005	0,005
9	Метиламин	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	2	1,0	–	–
10	Метил бромистый (бромметан)	CH <sub>3</sub> Br	2	1,0	–	–
11	Метил хлористый (хлорметан)	CH <sub>3</sub> Cl	4	20,0	–	–
12	Нитрил акриловой кислоты (акрило- нитрил)	CH <sub>2</sub> = CH–CN	2	0,5	–	0,03
13	Окись этилена	(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O	2	10,0	0,3	0,3
14	Сернистый ангид- рид	SO <sub>2</sub>	3	10,0	0,5	0,05
15	Сероводород	H <sub>2</sub> S	3	10,0	0,008	0,008
16	Сероуглерод	CS <sub>2</sub>	2	1,0	0,03	0,005
17	Соляная кислота концентрированная	HCl <sub>(aq)</sub>	3	5,0	0,2	0,2
18	Формальдегид	H <sub>2</sub> CO	2	0,5	0,035	0,003
19	Фосген	COCl <sub>2</sub>	2	0,5	–	–

20	Хлор	$Cl_2$	2	1,0	0,1	0,03
----	------	--------	---	-----	-----	------

Окончание табл. П1

№ пп.	Наименование химического вещества	Химическая формула	Класс опасности вещества	ПДК в воздухе, мг/м <sup>3</sup>		
				рабочей зоны ПДК <sub>р,з</sub>	населенных пунктов	
					разовая	среднесуточная ПДК <sub>с,с</sub>
21	Хлорпикрин	$C(Cl_3)NO_2$	2	0,7	0,007	0,007
22	Угарный газ	CO	4	20,0	5,0	3,0
23	Метиловый спирт	$CH_3OH$	3	5,0	1,0	0,5
24	Бензин (растворитель, топливный)	$C_8H_{18}$	4	100	5,0	1,5
25	Хлора двуокись	$ClO_2$	1	0,1	–	–
26	Оксиды азота ( $NO_x$ ) в пересчете на $NO_2$	$N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_5$	3	5,0	0,40	0,06
27	Диоксид азота	$NO_2$	3	2,0	0,085	0,04

Таблица П2

### Физико–химические свойства некоторых АХОВ

№ пп.	Наименование химического вещества	Плотность, т/м <sup>3</sup>		Температура, °C		Порог запаха, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация $LC_{50}$ при однократном ингаляционном воздействии, мг/м <sup>3</sup>
		Газ	Жидкость	кипения	плавления		
1	Аммиак	0,0008	0,681	–33,42	–77,7	37,0	–
2	Водород фтористый	0,009	0,989	+19,52	–83,0	0,03	–
3	Водород хлористый	0,0016	1,191	–85,10	–112,0	–	–
4	Оксиды азота ( $NO_2$ )	0,002	1,491	+21,3	–11,0	10,0	690–850

5	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	-85,6	-	1200
6	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	-218,0	-	-
7	Хлор	0,0032	1,553	-34,1	-101,0	-	1900
8	Фосген	0,0035	1,432	+8,2	-	-	360

Таблица ПЗ

**Значения чисел В, возведенных в степень:  $V^{0,2}$ ,  $V^{0,8}$**

Число В	$V^{0,2}$	$V^{0,8}$
1,1	1,02	1,08
1,2	1,04	1,16
1,3	1,05	1,23
1,4	1,06	1,31
1,5	1,08	1,38
2,0	1,15	1,74
2,5	1,20	2,08
3,0	1,24	2,14
3,5	1,27	2,72
4,0	1,32	3,04
5,0	1,38	3,63
6,0	1,43	4,19
7,0	1,48	4,74
8,0	1,58	5,27

Таблица П4

**Вспомогательные коэффициенты для определения глубины  
зоны заражения ( $K_1, K_2, K_3, K_7$ )**

№ пп	Наименование химического вещества	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_7$ : для первичного/(для вторично- го) облака при температуре, °С				
					-40	-20	0	+20	+40
1	Аммиак (изо- термическое хранение; раз- лив в «поддон»)	0,01	0,025	0,04	0(0,9)	1(1)	1(1)	1(1)	1(1)
2	Аммиак (хране- ние под давле- нием)	0,18	0,025	0,04	0(0,9)	0,3(1)	0,6(1)	1(1)	1,4(1)
3	Водород фтористый	0	0,028	0,15	0,1(1)	0,2(1)	0,5(1)	1(1)	1(1)
4	Водород хлористый	0,28	0,037	0,3	0,4(1)	0,6(1)	0,8(1)	1(1)	1,2(1)
5	Оксиды азота	0	0,04	0,4	0(1)	0(1)	0,4(1)	1(1)	1(1)
6	Сероводород	0,27	0,042	0,04	0,3(1)	0,5/1	0,8(1)	1(1)	1,2(1)
7	Фтор	0,95	0,038	3,0	0,7(1)	0,8/1	0,9(1)	1(1)	1,1(1)
8	Хлор	0,18	0,052	1,0	0(0,9)	0,3/1	0,6(1)	1(1)	1,4(1)
9	Фосген	0,05	0,061	1,0	0(0,1)	0/0,3	0(0,7)	1(1)	2,7(1)

Таблица П5

**Значения коэффициентов  $K_5$  и  $K_b$  в зависимости от вертикальной  
устойчивости атмосферы**

Вертикальная устойчивость атмосферы	Инверсия	Изотермия	Конвекция
$K_5$	1,0	0,23	0,08
$K_b$	0,081	0,133	0,235

Таблица П6

**Значения коэффициента  $K_4$  в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра $V$ , 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

## Глубина зон возможного заражения Г, км

Скорость ветра V, м/с	Эквивалентное количество АХОВ ( $Q_{31}$ или $Q_{32}$ ), т							
	$\leq 0,01$	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10
$\leq 1$	0,33	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	0,68	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	0,38	0,53	1,19	1,68	2,19	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	1,421	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
$\geq 15$	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07

Скорость ветра V, м/с	Эквивалентное количество АХОВ ( $Q_{31}$ или $Q_{32}$ ), т							
	20	30	50	70	100	300	500	1000
$\leq 1$	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166,0	231,0	363,0
2	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121,0	189,0
3	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130,0
4	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101,0
5	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	42,63	63,16
8	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
$\geq 15$	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

Таблица П8

**Скорость переноса переднего фронта ( $V$ , м/с) облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра и вертикальной устойчивости атмосферы**

Скорость ветра $V$ , м/с	Скорость переноса $v$ (км/ч) при		
	инверсии	изотермии	конвекции
1	5	6	7
2	10	12	14
3	16	18	21
4	21	24	28
5	–	29	–
6	–	35	–
7	–	41	–

Таблица П9

**Значения коэффициента защищенности  $K_i$   $i$ -го средства защиты**

$i$ -е средство	Применяемые средства защиты	Время пребывания в очаге химического поражения, ч				
		0,25	0,5	1	2	3–4
1	Без средств защиты на открытой местности	0	0	0	0	0
2	Эвакуация из зоны до подхода ОЗВ	1	1	1	1	1
3	В производственных, помещениях, жилых зданиях при кратности воздухообмена:					
	0,5	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
	1,0	0,67	0,52	0,30	0,13	0,00
	2,0	0,18	0,08	0,04	0,0	0,0
4	В убежищах:					
	с режимом регенерации воздуха	1	1	1	1	1
	без режима регенерации воздуха	1	1	1	1	0
5	В промышленных противогасах	0,95	0,8	0,5	0	0

Таблица П10

**Возможные потери людей в очаге поражения**

Условия местонахождения людей	Обеспеченность людей противогазами, %									
	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	100–90	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простейших укрытиях, зданиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Таблица П11

**Структура потерь людей в очаге химического поражения, %**

Общее число пораженных, %	Количество пораженных, %		
	с летальным исходом	средней и тяжелой степеней поражения	легкой степени поражения
100	35	40	25

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность при обращении с хлором / А.А. Шаталов, Б.Ю. Ягуд, В.Я. Перевощиков и др.; Под. ред. А.А. Шаталова. – М.: Ин-т риска и безопасности, 2000. – 328 с.
2. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / С.А. Буланенков, С.И. Воронов, П.П. Губченко и др.: Под общ. ред. М.И. Фалеева. – Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. – 480 с.
3. **Владимиров В.А., Исаев В.С.** Аварийно химически опасные вещества АХОВ. Методика прогнозирования и оценки химической обстановки: Учеб. пособие. – М.: ИЦ «Военные знания», 2000. – 56 с.
4. **Маркитанова Л.И.** Экологическая химия: Лабораторные работы и метод. указания для студентов 3-го курса спец. 320700. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 47 с.
5. **Маркитанова Л.И.** Экологическая химия: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. – 101 с.
6. **Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Мамченко В.О.** Хлорное хозяйство: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 80 с.
7. **Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Каверзнева Т.Т.** Водоснабжение и очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2006. – 134 с.
8. **Маркитанова Л.И., Русак А.Г.** Оценка химической обстановки в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Прогнозирование масштабов заражения аварийно химически опасными веществами: Метод. указания для студентов всех спец. всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 35 с.
9. **Маркитанова Л.И., Маркитанова А.А.** Приборы химической разведки: Метод. указания к лабораторным работам по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех спец. всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 16 с.
10. **Маркитанова Л.И., Кисс В.В., Маркитанова А.А.** Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона: Метод. указания для студентов всех спец. заочной формы обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. – 31 с.
11. **Маркитанова Л.И., Маркитанова А.А., Кисс В.В.** Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 54 с.

12. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов. Постановление Госгортехнадзора России от 18.10.2002 № 61-А. Зарегистрировано Минюстом России 28.11.2002 № 3968.

13. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 // Собрание законодательства РФ. 1997. № 30, ст. 3588; 2000. № 33, ст. 3348.

14. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999.

15. Положение о Федеральном горном и промышленном надзоре России. Утверждено постановлением Правительства РФ от 03.12.2001 № 841 // Собрание законодательства РФ. 2001. № 50, ст. 4742.

16. Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировке и применении хлора. Постановление Госгортехнадзора России от 05.06.2003 № 48. Зарегистрировано Минюстом РФ 19.06.2003 № 4723.

17. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ОСНОВНЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	3
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ .....	10
1.1. Способы получения хлора .....	10
1.2. Химические и бактерицидные свойства хлора и его соединений..	12
1.3. Свойства аммиака .....	13
2. ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ .....	15
2.1. Токсикологическая классификация химических веществ .....	15
2.2. Симптомы поражения хлором.....	19
2.3. Симптомы поражения аммиаком .....	19
3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЯДОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ АВАРИЙ.....	21
3.1. Классы опасности химических веществ.....	21
3.2. Классификация типовых химических аварий.....	25
4. ПРИБОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ И КОНТРОЛЯ .....	29
4.1. Методы отбора и анализа проб воздуха .....	29
4.2. Войсковой прибор химической разведки.....	32
4.3. Системы обнаружения и контроля содержания хлора .....	37
5. ОБЩИЕ МЕРЫ БОРЬБЫ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ОТРАВЛЕНИЯМИ.....	40
6. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ .....	44
6.1. Коллективные и индивидуальные средства защиты.....	44
6.2. Медицинская помощь при отравлении.....	45
7. ХЛОРИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД.....	47
7.1. Микробиологические показатели безопасности питьевой воды.....	47
7.2. Хлорирование сточных вод .....	49
7.3. Контроль содержания хлора .....	52
8. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ ХЛОРНОГО ХОЗЯЙСТВА И РАБОТЕ С ХЛОРОМ.....	56
8.1. Общие требования к хлораторным .....	56
8.2. Расходный склад хлора .....	57
8.3. Испарители хлора.....	58

8.4. Дозирование хлора, типы хлораторов .....	59
8.5. Хлоропроводы .....	65
8.6. Трубопроводы для хлорной воды .....	67
9. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ХЛОРНОЙ ИЗВЕСТИЮ ИЛИ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ.....	70
9.1. Обеззараживание сточных вод .....	70
10. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ПРЯМЫМ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ И ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ.....	73
10.1. Обеззараживание воды прямым электролизом.....	73
10.2. Электролитическое приготовление гипохлорита натрия.....	74
10.3. Требования безопасности.....	75
11. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ХЛОРНОГО ХОЗЯЙСТВА.....	79
11.1. Защита аппаратов и трубопроводов хлора от разрушения.....	79
11.2. Требования к системе выброса воздуха в атмосферу .....	81
11.3. Ликвидация некоторых аварийных ситуаций .....	82
12. ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ .....	86
12.1. Прогнозирование масштабов химического заражения.....	86
Исходные данные для расчета .....	89
Последовательность выполнения расчетов.....	90
12.2. Оценка химической обстановки при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с аварией при перевозке хлора в баллонах по железной дороге .....	95
12.3. Прогнозирование масштабов заражения аммиаком, хранящимся под давлением, при аварии на мясокомбинате.....	99
12.4. Задания по вариантам для выполнения расчетно-графической работы «Оценка химической обстановки в случае возникновения чрезвычайной ситуации» .....	104
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	113

Маркитанова Лидия Ивановна  
Кисс Валерий Вячеславович  
Маркитанова Алиса Александровна

## **ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ**

Учебное пособие

*Ответственный редактор*

Т.Г. Смирнова

*Редактор*

Т.В. Белянкина

*Компьютерная верстка*

Н.В. Гуральник

*Дизайн обложки*

Н.А. Потехина

*Печатается*

*в авторской редакции*

---

Подписано в печать 25.12.2014. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 6,98. Печ. л. 7,5. Уч.-изд. л. 7,25

Тираж 100 экз. Заказ № С 81

---

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

