**ХАРАКТЕРИСТИКА СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ**

**ЯДОВИТЫХ ВЕЩЕСТВ, ХАРАКТЕР**

**ВОЗМОЖНЫХ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ**

**АВАРИИ\***

**1.1. Определение сильнодействующих ядовитых веществ**

В настоящее время в промышленности и сельском хозяйстве человек использует десятки тысяч различных химических соединений, причем ежегодно это количество увеличиваемся на 200—1000 новых веществ.

По степени токсичности при ингаляционном (через органы дыхания) и пероральном (через желудочно-кишечный тракт) путях поступления в организм химические вещества можно разбить на шесть групп (табл. 1.1).

**К наиболее опасным** (чрезвычайно и высокотоксичным) химическим веществам относятся:

некоторые соединения металлов (органические и неорганические производные мышьяка, ртути, кадмия, свинца, таллия, цинка и др.);

карбонилы металлов (тетракарбонил никеля, пентакарбонил железа и др.);

вещества, содержащие циангруппу (синильная кислота и ее соли, бензальдегидциангидрин, нитрилы, органические изоцианаты);

Под химически опасными авариями на предприятиях, производящих, потребляющих или хранящих СДЯВ, а также на транспортных средствах, осуществляющих их перевозку, понимаются аварии, сопровождающиеся утечкой (выбросом, просыпанием) ядовитых веществ из поврежденной тары, технологического оборудования предприятий или подвижного состава, и другие происшествия, которые могут привести к взрыву, пожару, поражению людей и сельскохозяйственных животных.

Таблица 1.1

**Токсичность химических веществ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа токсичности | LC\*50 или частично  смертельная концентрация, мг/л | LD\**\**50 иличастично смертельная  доза, мг/кг |
| Чрезвычайно токсичные | Ниже 1 | Ниже 1 |
| Высокотоксичные | 1—5 | 1—50 |
| Сильнотоксичные | 6—20 | 51—500 |
| Умеренно токсичные | .21—80 | 501—5000 |
| Малотоксичные | 81—160- | 5001—15000 |
| Практически нетоксичные | Выше 160 | Выше 15 000 |

\*LC50 — средняя смертельная концентрация, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных.

\*\*LD\**\**50 — средняя смертельная таксодоза при энтералыюм пути поступления, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных.

соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлорид фосфора, оксихлорид фосфора, фосфин, фосфидин);

фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол и др.);

хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргидрин);

галогены (хлор, бром);

другие соединения (этиленоксид, аллиловый спирт, метилбромид, фосген, ТОКФ).

**К сильнотоксичным** химическим веществам относятся:

минеральные и органические кислоты (серная, азотная, фосфорная, уксусная и др.);

щелочи (аммиак, натронная известь, едкое кали и др.);

соединения серы (диметилсульфат, растворимые сульфиды, сероуглерод, растворимые тиоцианат, хлорид и фторид серы);

хлор- и бромзамещенные производные углеводородов (хлористый и бромистый метил);

некоторые спирты и альдегиды кислот;

органические и неорганические нитро- и амино-соединения (гидроксиламин, гидразин, анилин, толуидин, амилнитрит, нитробензол, нитротолуол, динитро-фенол);

фенолы, крезолы и их производные;

гетероциклические соединения.

**К умеренно токсичным, малотоксичным и практически нетоксичным** химическим веществам, которые не представляют особой химической опасности, относится вся остальная основная масса химических соединений.

Следует отметить, что особую группу веществ составляют **пестициды** — препараты, предназначенные для борьбы с вредителями сельского хозяйства, сорняками и т. п. Многие из этих соединений весьма токсичны для человека. По химическому строению пестициды можно разделить на группы:

Фосфорорганические соединения (паратион, диметтоксидихлорвинилфосфат, карбофос, хлорофос и др.);

карбоматы (севин, карботион и др.);

хлорорганичсские соединения (ДДТ, дильдрий, гексахлоран и др.);

ртутьорганические соединения (метилртуть, ацетат метоксиэтилртути и др.);

производные феноксиуксусной кислоты (2, 4-дихлорфеноксиуксусная кислота — 2, 4-Д; 2, 4, 5-трихлорфеноксиуксусная кислота — 2, 4, 5-Т);

производные дипиридила (паракват, дикват и др.);

органические нитросоединения (динитроортокрезол — ДНОК, динитрофенол — ДНФ);

прочие.

Большинство из вышеперечисленных химических веществ, в том числе и слаботоксичных (умеренно, малотоксичных и практически нетоксичных), может стать причиной тяжелого поражения человека. Однако привести к массовым санитарным потерям в результате аварий, сопровождаемых выбросами (утечками) химических веществ, могут не все химические соединения, включая даже чрезвычайно, высоко- и сильнотоксичные.

Лишь часть химических соединений при сочетании определенных токсических и физико-химических свойств, таких, как высокая токсичность при действии через органы дыхания и кожные покровы, крупнотоннажность производства, потребления, хранения и перевозок, а также способность легко переходить в аварийных ситуациях в основное поражающее состояние (пар или тонкодисперсный аэрозоль) может стать причиной массовых поражений людей. Эти химические соединения и относятся к группе сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ). Таким образом, СДЯВ — это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсические химические соединения, способные при разрушении (аварии) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения личного состава войск и гражданского населения.

**1.2. Характеристика физико-химических свойств**

**сильнодействующих ядовитых веществ**

Физико-химические свойства СДЯВ во многом определяют их способность переходить в основное поражающее состояние и создавать поражающие концентрации. Наибольшие значения имеют агрегатное состояние вещества, растворимость его в воде и различного рода органических растворителях, плотность вещества и его газовой фазы, гидролиз, летучесть, максимальная концентрация, удельная теплота испарения, удельная теплоемкость жидкости, давление насыщенных паров, коэффициент диффузии, температура кипения и замерзания, вязкость, тепловое расширение и сжимаемость, коррозионная активность, температура вспышки и др. Все эти характеристики необходимы при оценке химической опасности производства, использования, хранения и перевозок СДЯВ, при прогнозировании и оценке последствий химически опасных аварий.

**Агрегатное состояние.** При обычных условиях СДЯВ могут быть в твердом, жидком и газообразном состоянии. Однако при производстве, использовании, хранении и перевозках этих веществ их агрегатное состояние может отличаться от такового в обычных условиях, что может оказать существенное влияние как на количество СДЯВ, выбрасываемых при аварии в атмосферу, так и на фазово-дисперсный состав образующегося при этом облака. В табл. 1.2 представлена характеристика состояния СДЯВ в атмосфере.

**Растворимость** — способность одного вещества равномерно распределяться в среде другого или других веществ, образуя раствор. Растворимость СДЯВ

Таблица 1.2

**Характеристика состояния СДЯВ в атмосфере**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид состояния | Диаметр частиц, мкм | Особенности распространения в воздухе |
| Пар или газ | Менее 0,001 | Неоседающая примесь |
| Аэрозоль неоседающий | От 0,001 до 30 | То же |
| Аэрозоль грубодисперсный | От 30 до 500 | Оседающая примесь |
| Аэровзвеси | Более 500 | То же |

в воде и органических растворителях имеет существенное значение. Хорошая растворимость в воде может привести к сильному заражению водоемов, в результате чего они длительное время могут представлять серьезную опасность для человека. В то же время хорошая растворимость в воде и органических растворителях может позволить использовать при необходимости растворы различных веществ для дегазации (нейтрализации) СДЯВ.

**Плотность** — массовое содержание данного вещества в единице объема. Она влияет на распространение СДЯВ. Если плотность СДЯВ больше воды, то они будут проникать в глубину водоема, заражая его. Если плотность газовой фазы СДЯВ больше воздуха, то на начальном этапе образования зараженного облака они будут скапливаться в пониженных местах рельефа местности, создавая непереносимые концентрации.

**Гидролиз** — разложение вещества водой. Он определяет условия хранения, состояние в воздухе и на местности, стойкость СДЯВ в случае их аварийных выбросов (утечек). Причем чем меньше СДЯВ подвержено гидролитическому разложению, тем продолжительнее его поражающее действие.

**Летучесть** — способность конкретного вещества переходить в парообразное состояние. Количественной характеристикой летучести является максимальная концентрация паров СДЯВ при данной температуре, т. е. количество вещества, содержащееся в единице объема его насыщенного пара при данной температуре в замкнутой системе, когда жидкая и газообразная фазы СДЯВ находятся в равновесии.

**Давление насыщенного пара** определяет летучесть и соответственно продолжительность поражающего действия СДЯВ.

**Коэффициент диффузии** является характеристикой процесса диффузии и равен количеству газа, переходящему через сечение 1 м2 в секунду, когда разность концентраций на расстоянии 1 м равна единице. Скорость испарения СДЯВ прямо пропорциональна коэффициенту его диффузии в воздушную среду.

**Теплоемкость** определяет характер выброса и испарение СДЯВ с поверхности в случае аварийной ситуации. Она представляет собой отношение количества теплоты, сообщаемой системе в каком-либо процессе, к соответствующему изменению температуры. Удельной теплоемкостью называется отношение количества теплоты к единице массы вещества (1 г, 1 кг).

**Теплота испарения** — количество теплоты, поглощаемое веществом при изотермическом испарении жидкости, равновесной со своим паром. В случае отношения к единице массы вещества (1 г, 1 кг) она называется удельной теплотой испарения. Так же, как и теплоемкость, данная величина является одной из основных физико-химических характеристик, оп­ределяющих характер выброса и последующего испарения СДЯВ.

**Температура кипения** позволяет косвенно судить о летучести СДЯВ и характеризует продолжительность поражающего действия. Чем выше температура кипения СДЯВ, тем они медленнее испаряются.

**Температура замерзания** — температура, при которой жидкость теряет подвижность и загустевает настолько, что при наклоне пробирки с продуктом под углом 45° его уровень остается неизменным в течение 1 мин. Температура замерзания имеет важное значение при транспортировании и определяет характер поведения СДЯВ при низких температурах.

**Вязкость** - свойство жидких, а также газообразных сред оказывать сопротивление их течению (перемещению одного слоя относительно другого) под действием внешних сил. Вязкость оказывает влияние на характер поведения СДЯВ в аварийной ситуации (характер дробления, впитывания и др.).

**Коррозионная активность —** свойство разрушать оболочки, в которых хранится (перевозится) СДЯВ.

Таблица 1.3

**Физические свойства наиболее распространенных СДЯВ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование  СДЯВ, его  формула | Агрегатное состояние (хранение и перевозка) | Взрывооп асность и возгораемость |
| Аммиак | Бесцветный газ с резким запахом. Хорошо растворим в воде. Перевозится и хранится в сжиженном состоянии | Горючий газ. Горит при наличии постоянного источника огня. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании |
| Гидразин (несимметричный диметил-гидразин) (СНз)2-N-NH2 | Бесцветная прозрачная жидкость, Сильный восстановитель. Хорошо растворим в полярных жидкостях. Пары хорошо адсорбируются различными пористыми материалами. Хранится и перевозится в жидком состоянии | Смесь с кислородом взрывоопасна, Воспламеняется при контакте с окислами некоторых металлов, асбестом или углем, Легко воспламеняется от искры и пламени. Возможно самовозгорание. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании |
| Окись углерода СО | Бесцветный газ без запаха и вкуса, плохо растворяется в воде. В сжиженном состоянии бесцветная прозрачная жидкость. | Негорюч. Пределы воспламенимости в смеси с воздухом 12,5—74,2%. Смесь двух объемов с одним объемом кислорода взрывается при наличии открытого пламени. |
| Окись этилена (СН2)2О | Бесцветная подвижная жидкость с эфирным запахом. Хорошо растворяется в воде, спирте, эфире. Химически чрезвычайно активна. При температуре выше 11° С- газ. Перевозится и хранится в жидком состоянии | Легко воспламеняется от искр и пламени. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места выброса. Емкости могут взрываться при нагревании |
| Сероуглерод СS2 | Бесцветная жидкость с приятным запахом, частично разлагающаяся на свету. Продукты разложения придают желтый цвет и неприятный запах. С эфиром, спиртом, хлороформом смешивается во всех соотношениях. Растворяет серу, фосфор, йод, жиры и масла. Хранится и перевозится в жидком состоянии | Легко воспламеняется от искр, пламени, нагревания. Может взрываться от нагревания и при воспламенении. При нагревании самовоспламеняется. Разлитая жидкость выделяет воспламеняющиеся пары. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси, которые могут распространяться далеко от места аварии. Емкости могут взрываться при нагревании  Негорюч. Емкости могут взрываться при нагревании |
| Сернистый ангидрид SО2 | Бесцветный газ с резким запахом. Растворим в воде. В сжиженном состоянии - бесцветная жидкость. Перевозится и хранится в сжиженном состоянии | Негорюч, но пожароопасен. Взрывобезопасен |
| Фосген COCL2 | Бесцветная подвижная жидкость с удушливым неприятным запахом гниющих фруктов. Плохо растворим в воде, хорошо в бензоле, хлороформе, толуоле, ксилоле. При температуре выше 8° С газ. Высоко летучее вещество |  |
| Хлор СL2 | Зеленовато-желтый газ с характерным резким удушливым запахом. Малорастворим в воде. Растворим в четыреххлористом углероде, гептане, четыреххлористом титане и четыреххлористом кремнии. Сильный окислитель. Тяжелее воздуха. Скапливается в подвалах, низинах местности. Хранится и перевозится в сжиженном состоянии | Взрывоопасен в смеси с водородом. Негорюч, но пожароопасен. Емкости могут взрываться при нагревании. Поддерживает горение многих органических веществ |
| Цианистый водород НСN | Бесцветная легколетучая подвижная жидкость с запахом горького миндаля. Смешивается с водой, этиловым спиртом и эфиром во всех соотношениях. При температуре выше 25,7° С газ. Перевозится и хранится в жидком состоянии. | Смеси паров с воз­духом при содержании 6-40% (объемных) могут взрываться. По силе взрыва превосходит тротил. Пары горят при наличии постоянного источника огня. Температура самовоспламенения 538° С^ |
| Окислы азота и их смеси NО2, NO, N2O, N2О4 | N2O бесцветный газ со слабым приятным запахом и сладковатым вкусом.  N02 бурый газ с удушливым запахом. В сжиженном состоянии светло-желтая жидкость.  N0 бесцветный газ, в сжиженном состоянии синяя жидкость.  N2O4 бесцветная жидкость со своеобразным сладковатым и острым запахом. При температуре 10° С жидкость желтеет, при 15° С становится желто-красной. Выделяемые при испарении пары красно-бурого цвета. Изменение цвета связано с разложением тетраоксида и образованием двуокиси азота | Пожаро и взрывоопасны. При контакте со многими горючими материалами могут вызывать их самовозгорание. С парами многих органических веществ образуют взрывоопасные смеси |
| Диоксин (2, 3, 7, 8-тетра-хлордибензо-диоксин) C12H4CL4O2 | Белое кристаллическое вещество. Нерастворимо в воде. Хорошо растворяется в органических растворителях. В химическом отношении весьма инертно | При высокой температуре разлагается |

Таблица 1.4

**Физико-химические свойства наиболее распространенных СДЯВ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Сильнодействующее ядовитое вещество | | | | | | | | | |
| Аммиак | Гидразин | Диоксин | Окись углерода | Окись этилена | Сероуглерод | Сернистый андигрид | Фосген | Хлор | Цианистый водород |
| Агрегатное состояние  при нормальных условиях | г | ж | т | Г | Ж | Ж | Г | Ж | Г | ж |
| Молекулярная масса, г Плотность, кг/м3 Плотность пара, кг/м3  при температуре 20° С | 17,03 682 0,71 | 32,05 1008 1,33 | 320  -  13,3 | 28,01 968 1,16 | 44,05 887 1,83 | 76,14 1263 3,17 | 64,02 1460 2,66 | 98,92 1376 1,43 | 70,91 1557 3,16 | 27,03699 1,12 |
| Температура кипения,  °С | Минус  33,4 | 113,5 | 305 | Минус  191,5 | 10,73 | 46,25 | Минус  10,1 | 8,2 | Минус  34,6 | 25,65 |
| Удельная теплота испарения; кДж/кг:  при температуре 20° С  при температуре ки-  пения | 1190,7  1374,7 | 1236,5  1072,3 | -  - | 373,3  216,5 | 554,2  568,1 | 377,8  356,5 | 361,3  415,4 | 231,6  239,4 | 253,6  288,5 | 978,6  882; |
| Удельная теплоемкость, к Д ж/кг • град:  при температуре 20° С  при температуре кипения | 4,778  4,41 | 3,095  3,095 | -  - | 1,042  1,042 | 1,096  1,096 | 0,991  0,97 | 1,449  1,319 | 1,352  1,008 | 0,876  0,945 | 2,596  2,596 |
| Давление насыщенных  паров, гПа при темпера-  туре 20° С | 8546 | 81 | - | 1013 | 1417 | 396 | 3373 | 1559 | 6906 | 827 |

**Примечания**:1. Ж - жидкость, Т – твердое тело, Г - газ, 2. Для диоксина приведена температура плавления.

Она является причиной многих аварий (разрушений) на промышленных и транспортных объектах, в том числе в процессе хранения. Большинство СДЯВ обладают повышенной коррозионной активностью

**Температура вспышки -** самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытании над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать в воздухе от постороннего источника зажигания. Устойчивого горения вещества при этом не возникает.

**Температура воспламенения -** наименьшая тем­пература, при которой в условиях специальных испытании вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания внешним источником возникает самостоятельное пламенное горение этого вещества. Данная характеристика присуща только горючим веществам.

**Температура самовоспламенения** - самая низкая температура вещества (или его оптимальной смеси с воздухом), при нагреве до которой происходит рез­кое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению пламенного горения.

Характеристика наиболее распространенных СДЯВ приведена в табл. 1.3 и 1.4.

**1.3. Токсические свойства сильнодействующих ядовитых веществ**

Для характеристики токсичности СДЯВ используются пороговая концентрация, предел переносимости, смертельная концентрация и смертельная доза. Значения этих характеристик, используемых при классификации СДЯВ по степени их воздействия на организм человека, приведены в табл. 1.5.

**Пороговая концентрация - это** минимальная эффективная концентрация, т. е. наименьшее количество вещества, которое может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют боеспособность (работоспособность).

**Предел переносимости** - это минимальная концентрация, которую человек может выдерживать определенное время без устойчивого поражения. В промышленности в качестве предела переносимости используется **предельно допустимая концентрация**

**Таблица 1.5**

**Классификация СДЯВ по степени воздействия**

**на организм человека**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Норма для класса опасности | | | |
| 1-го | 2-го | 3-го | 4-го |
| ПДК СДЯВ в воздухе  рабочей зоны, мг/м3 | Менее  0,1 | 0,1 - 1 | 1,1-10 | Более  10 |
| Средняя смертельная  доза при введении в желудок, мг/кг | Менее  15 | 15—150 | 151—500 | Более  500 |
| Средняя смертельная  доза при нанесении на  кожу, мг/кг | Менее  100 | 100—500 | 501—  2500 | Более  2500 |
| Средняя смертельная  концентрация в воздухе,  мг/м3 | Менее  500 | 500—  5000 | 5001—  50 000 | Более  50000 |

Примечание. Отнесение СДЯВ к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

**(ПДК).** Она регламентирует допустимую степень заражения СДЯВ воздуха рабочей зоны и используется в интересах соблюдения требований безопасности в производстве. Эта концентрация определена как максимально допустимая, которая при постоянном воздействии на человека в течение рабочего дня не может вызвать через длительный промежуток времени .патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых при помощи современных методов диагностики. Она относится, как правило, к восьмичасовому рабочему дню и не может использоваться для оценки опасности аварийных ситуаций в связи со значитель­но меньшим интервалом воздействия СДЯВ.

Вместе с тем пороговая концентрация и ПДК, несмотря на широкую сферу своего применения, не могут служить полной характеристикой токсичности СДЯВ, так как не позволяют оценить возможный физиологический эффект в зависимости от времени их воздействия. Более того, токсичность СДЯВ в значительной степени зависит от пути попадания в организм человека. При этом поражение может носить общий или местный характер.

При местном воздействии токсический эффект проявляется в месте контакта СДЯВ с тканями организма (поражение кожных покровов, раздражение органов дыхания, расстройство зрения). При общем воздействии токсический эффект проявляется после попадания СДЯВ в кровь через кожные покровы (кожно-резорбтивная токсичность), органы дыхания (ингаляционная токсичность) или желудочно-кишечный тракт (перроральная токсичность). Следовательно, при оценке токсичности необходимо учитывать как характер и степень токсичности, так и способ попадания СДЯВ в организм человека.

В качестве основного пути попадания СДЯВ в организм человека следует отнести органы дыхания, а в ряде случаев, особенно при нахождении в районе (очаге) аварии, не исключена возможность поражения людей через кожные покровы.

Для количественной характеристики токсичности различных химических соединений пользуются опре­деленными категориями токсических доз, учитывающими путь проникновения вещества в организм. Под токсической дозой понимается количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект.

Токсодоза принимается равной:

при ингаляцоионных поражениях — произведению Сτ (С — средняя по времени концентрация СДЯВ в воздухе);

при кожно-резорбтивных поражениях — массе жидкого СДЯВ, вызывающей определенный эффект поражения при попадании на кожу.

Для характеристики токсичности веществ при их воздействии на организм человека через органы дыхания применяются следующие токсодозы:

средняя смертельная токсодоза LCτ50, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных; \*

средняя выводящая из строя токсодоза ICτ50, вызывающая выход из строя 50% пораженных;

средняя пороговая токсодоза PCτ50, вызывающая начальные симптомы поражения у 50% пораженных.

Ингаляционные токсические дозы измеряются в граммах (миллиграммах) в минуту (секунду) на кубический метр (г мин/м3, г с/м3, мг мин/л).

Кроме того, степень токсичности СДЯВ, обладающих кожно-резорбтивным действием, оценивается также средней смертельной (LD50), средней выводящей (ID50) и пороговой (минимальной) (PD50) дозами. Кожно-резорбтивные токсодозы принято измерять количеством вещества, приходящегося на единицу поверхности тела человека или на единицу его массы (мг/см2, мг/м2, г/см2, г/м2, кг/см2, кг/м2 или мг/кг).

Значения ингаляционных и кожно-резорбтивных токсозод СДЯВ позволяют, с одной стороны, сравнивать их между собой, а с другой стороны, оценивать степень тяжести поражения пострадавших в аварийной ситуации.

Значения средних пороговых токсодоз СДЯВ приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

**Значения средних пороговых токсодоз СДЯВ.**

|  |  |
| --- | --- |
| СДЯВ | *pc*τ50*,* г с/м3 |
| Аммиак | 454 |
| Гидразин | 14 |
| Окись углерода | 1620 |
| .Окись этилена | 3600 |
| Двуокись серы | 194 |
| Сероуглерод | 2502 |
| Фосген | 13 |
| Цианистый водород | 36 |
| Хлор | 36 |

Примечание. В таблице приведены значения пороговых токсодоз для взрослых, для детей в 4 — 10 раз меньше.

Значения указанных токсодоз являются постоянными лишь для сравнительно кратковременных экспозиций, не превышающих 40 — 60 мин. При более продолжительных воздействиях или при малых концентрациях значение PCτ50 увеличивается, особенно для тех СДЯВ, которые выводятся частично из организма. Для них значение токсодозы может быть значительно выше. Чтобы учесть процесс интоксикаций СДЯВ, происходящий за счет обезвреживания их в организме или выведения из него, рекомендуется вводить поправочный множитель, являющийся функцией времени и свойств конкретного вещества. В этом случае

РСτ 50(τ)= РСτ 50(τ)K(τ)

где РСτ 50(τ) — пороговая токсодоза при экспозиции τ, г с/м3;

РСτ 50(τ) — пороговая токсодоза в случае короткой экспозиции (табл. 1.6),

г с/м3;

K(τ)— поправочный множитель.

В случае когда СДЯВ практически не выводятся или слабо выводятся из организма, поправочный множитель принимается равным единице. При этом исходят из предположения, что СДЯВ обладает кумулятивным действием.

В аварийных ситуациях в воздухе может оказаться не одно, а несколько СДЯВ. В этом случае оценка суммарного эффекта представляет достаточно сложную задачу, так как эффект от комбинированного действия нескольких химических веществ может быть равным сумме эффектов раздельного действия, больше или меньше этой суммы. Рекомендуется при одновременном содержании в воздухе нескольких токсичных веществ однонаправленного действия допустимыми считать концентрации, отвечающие условию:

С1 + С2+…+Сn ≤1,

ПДК1 ПДК2 ПДКn

то есть сумма отношений фактических концентраций СДЯВ в воздухе (С1 С2, ..., Сn*)* к их ПДК (ПДК1 ПДК2, …, ПДКn), которые установлены для каждого из этих веществ, не должна превышать единицы.

Если же одновременно выделяются несколько токсичных веществ, не обладающих однонаправленным характером действия, то эффект действия СДЯВ рекомендуется оценивать по наиболее токсичному веществу.

Очевидно, такой подход целесообразно использовать и при оценке глубин распространения СДЯВ в приземном слое атмосферы. При этом в качестве основных характеристик в данном условии целесообразно использовать соответствующие значения экспозиционных доз.

По строению, физико-химическим свойствам СДЯВ весьма неоднородны. Их биологические эффекты многообразны. Однако в аварийных ситуациях необходимо определение прежде всего наибольшей опасности воздействия СДЯВ на человека с целью оказания своевременной и квалифицированной помощи пораженным. В связи с этим приведена классификация СДЯВ на основе преимущественного синдрома, складывающегося при острой интоксикации.

Химические вещества, способные вызывав массвые поражения при авариях, сопровождаемых их выбросом (утечкой), разделены на группы:

**первая группа** — вещества с преимущественно удушающим действием:

с выраженным прижигающим действием (хлор, треххлористый фосфор, оксихлорид фосфора);

со слабым прижигающим действием (фосген, хлорпикрин, хлорид серы);

**вторая группа** — вещества преимущественно общеядовитого действия (окись углерода, синильная кислота, динитрофенол, динитроортокрезол, этиленхлор-гидрин, этиленфторгидрин);

**третья группа** - вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием:

с выраженным прижигающим действием (акрилонитрил);

со слабым прижигающим действием (сернистый ангидрид, сероводород, окислы азота);

**четвертая группа** - нейротропные яды, вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса (сероуглерод, фосфорорганические соединения);

**пятая группа** - вещества, обладающие удушаю­щим и нейротропным действием (аммиак);

**шестая** группа - метаболические яды (этиленом сид, метилбромид, метилхлорид, диметилсульфат);

**седьмая группа** - вещества, нарушающие обмен веществ (диоксин).

**К веществам с преимущественно удушающим действием** относятся токсические соединения, для которых главным объектом воздействия на организм являются дыхательные пути. Поражение организма при воздействии веществ удушающего действия условно подразделяют на четыре периода: период контакта с веществом, период скрытого действия, период токсического отека легких и период осложнений. Длительность каждого периода определяется токсическими свойствами каждого вещества и величиной экспозиционной дозы. При действии паров ряда веществ в высоких концентрациях возможен быстрый летальный исход от шокового состояния, вызванного химическим ожогом открытых участков кожи, слизистых верхних дыхательных путей и легких.

**К веществам преимущественно общеядовитого действия**

относятся соединения, способные вызывать острое нарушение энергетического обмена, которое и является в тяжелых случаях причиной гибели пораженного. Эти вещества можно разделить на яды крови и тканевые яды. Яды крови подразделяются на гемолитические яды и яды гемоглобина. Тканевые яды делятся на ингибиторы ферментов дыхательной цепи (цианиды, сероводород, акрилонитрил), разобщители окисления и фосфорилирования (динитрофенол, динитроортокрезол) и вещества, истощающие запасы субстратов для процессов биологического окисления (этиленхлоргидрин, этиленфторгидрин).

**К веществам, обладающим удушающим и общеядовитым действием**, относится значительное количество СДЯВ, способных при ингаляционном воздействии вызывать токсический отек легких, а при резорбции нарушать энергетический обмен. Многие соединения этой группы обладают сильнейшим прижигающим действием, что значительно затрудняет оказание помощи пострадавшим.

**К веществам, действующим на генерацию, проведение и передачу нервного импульса (нейротропным ядам),** относятся вещества, нарушающие механизмы периферической нервной регуляции, а также модулирующие состояние самой нервной системы. В основе их действия лежит способность вмешиваться в процессы синтеза, хранения, выброса, инактивации в синаптической щели нейромедиаторов; взаимодействовать с рецепторами нейромедиаторов; изменять проницамость ионных каналов возбудимых мембран.

**К веществам, обладающим удушающим и нейротропным действием,** относятся токсические соединения, вызывающие при ингаляционном поражении токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы. В основе действия на мозг лежит нарушение генерации, проведения или передачи нервного импульса, который усугубляется состоянием тяжелой гипоксии, вызванной нарушением внешнего дыхания. К метаболическим ядам относятся токсические соединения, вмешивающиеся в интимные процессы метаболизма веществ в организме. Отравление этими

Таблица 1.7

**Общий характер действия и признаки поражения наиболее распространенными СДЯВ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| сдяв | Общий характер действия | Признаки поражения |
| Аммиак (вещество, обладающее удушающим и нейротропным действием) | Общетоксические эффекты в основном обусловлены действием аммиака на нервную систему. Нарушается обмен глутаминовой и β-кетоглутаровой кислот в коре головного мозга. Резко снижается способность мозговой ткани усваивать кислород. Обладает курареподобным действием. Нарушает свертываемость крови в результате прямого действия на протромбин, поражает паренхиматозные органы.  Последствиями тяжелой интоксикации является снижение интеллектуального уровня с выпадением памяти, неврологические симптомы: тремор, нарушение равновесия тики, понижение болевой и тактильной чувствительности, головокружение, нистагм, гиперрефлексия.  Последствиями острого отравления могут быть помутнение хрусталика, роговицы даже ее прободение и потеря зрения, охриплость или полная потеря голоса и различные хронические заболевания (бронхит, эмфизема легких и др.) | В случае малых концентраций наблюдается незначительное раздражение глаз и верхних дыхательных путей.  При средних концентрациях наблюдается сильное раздражение в глазах и носу, частое чихание, слюнотечение, небольшая тошнота и головная боль, покраснение лица и потоотделение. Наблюдается мочеиспускание и боль в области грудины.  При попадании в облако с высокими концентрациями наступают резкое раздражение слизистой оболочки рта, верхних дыхательных путей и роговой оболочки глаз, приступы кашля, чувство удушья, беспокойство, головокружение, боль в желудке, рвота.  При воздействии очень высоких концентраций уже через несколько минут наступают мышечная слабость с, повышенной рефлекторной возбудимостью, тетанические судороги, резко снижается слух. Пострадавшие иногда сильно возбуждены, находятся в состоянии буйного бреда, не способны стоять. Наблюдаются резкие расстройства дыхания и кровообращения. Смерть может наступить от сердечной слабости или остановки дыхания |
| Гидразин (вещество, обладающее удушающим и нейротролным действием) | Гидразин и его производные вызывают при ингаляционном поражении токсический отек легких, на фоне которого формируются при остром отравлении тяжелые поражения центральной нервной системы, ведущие в ряде случаев к смертельному исходу.  Вызывает нарушение углеводного и жирового обмена. Обладает гемолитическими свойствами, гемолиз развивается через 1,5-2 ч после острого отравления | В случае легких интоксикаций наблюдается раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, при средних - бронхит и токсический отек легких, возбуждение, а затем депрессия, нарушение углеводной, жировой и антитоксической функции печени. Острое отравление вызывает затемнение созна­ния, желтуху, стоматит, нарушение сердечной деятельности, болезненность печени, рвоту. Смерть наступает при явлениях уремии |
| Диоксин (вещество, нарушающее обмен веществ) | Оказывает токсическое действие при ингаляции, через кожу и при введении внутрь желудка. Местным действием не обладает. Имеет период скрытого действия от 10 дней до нескольких недель. Увеличение дозы не приводит к существенному уменьшению периода скрытого, действия.  Отравление связано с нарушением обмена веществ, поражением печени, атрофией лимфоидной ткани, нарушением функций нервной системы | Нарушение обмена веществ внешне проявляется в потере массы, резком сокращении потребления воды. Выраженная дегидратация, как правило, предшествует смерти. Характерно наличие отеков. Жидкость накапливается в подкожной клетчатке вначале вокруг глаз, затем распространяется на лицо, шею, туловище. Появляются тяжелейшие терминальные отеки, в основном подкожной локализации, однако часть жидкости обнаруживается в брюшной, грудной полостях, в полости перикарда. Характерным проявлением острой интокси­кации является угреобразная сыпь на лице в шее, не поддающаяся терапии. Кроме тогог развиваются гиперкератоз кожи, стоп и ладоней, разрушение ногтей на руках и ногах, выпадение волос на лице, ресниц. Развивается блефарит |
| Окись углерода (вещество преимущественно общеядовитого действия - яд гемоглобина) | Вытесняет кислород из оксигемоглобина. Содержание кислорода может снижаться до 8% (аноксемия). Способна оказывать непосредственное токсичное действие на клетки, нарушая тканевое дыхание. Угнетает активность тирозиназы и сукцинатдегидрогеназы в печени, сердце и мозге.  Влияет на углеводный обмен, повышая уровень сахара в крови. Нарушает фосфорный обмен, сильно возбуждает каротидные химиорецепторы, нарушает азотистый обмен, вызывая азотемию, изменение содер­жания белков плазмы, снижение активности холинэстеразы в крови и уровня витамина В6 | При действии окиси углерода наблюдается тяжесть и ощущение сдавливания головы, сильная боль во лбу и висках, головокружение, шум в ушах, покраснение и жжение кожи лица, дрожь, чувство слабости и страха, жажда, учащение пульса, пульсация височных артерий, тошнота, рвота. В дальнейшем проявляется оцепенелость, слабость и безучастность, нарастает сонливость и оцепенение. Температура тела может повышаться до 38-40 °С. В дальнейшем наступает потеря сознания, рвота, непроизвольное опорожнение мочевого пузыря и кишечника. Смерть наступает от остановки дыхания. |
| Окись этилена (метаболический яд) | Обладает выраженным местным и обще-резорбтивным действием. Мутаген и алкилирующий агент. Наркотик с сильной специфической ядовитостью. Обладает раздражающим и сенсибилизирующим действие | При слабой и средней интоксикации наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз легкое сердцебиение, подергивание мышц, шь :раснение лица, головные боли, понижение слуха, нистагм, ацидоз, сильная рвота.  В случае острой интоксикации появление внезапной сильной пульсирующей головной боли, головокружение, неуверенность при ходьбе, затруднение речи, рвота, боли в ногах, вялость, скованность спазм сосудов сетчатки.  Действует на кожу и слизистые оболочки; Поражение кожи наблюдается при действии в жидком, газообразном состоянии и в виде растворов. Легко проникает через одежду, обувь, перчатки, поэтому часто развиваются поражения не только открытых, но и защищенных участков кожи |
| Двуокись серы (вещество, обладающее удушающим и общеядовитым действием) | Раздражает дыхательные пути, вызывая спазм бронхов и увеличение сопротивления дыхательных путей.  Общее действие заключается в наруше нии углеводного и белкового обмена, угне тении окислительных процессов в головном мозге, печени, селезенке, мышцах. Раздражает кроветворные органы | Раздражение глаз и носоглотки. Чихание, кашель возникают при воздействии в течениенескольких минут. При более длительном воздействии наблюдается рвота, речь и глотание затруднены. Смерть наступает от удушья, вследствие рефлекторного спазма голосовой щели, внезапной остановки кровообращения в легких или шока |
| Сероуглерод тронный яд) (нейро | Вещество обладает выраженным обще резорбтивным действием, местные эффекты выражены слабо. Основной путь поступления в организм - ингаляционный, возможно проникновение через неповрежденную  кожу.  Высокие концентрации действуют наркотически. Хроническое воздействие малых концентраций приводит к заболеванию центральной, вегетативной, периферической нервных систем, эндокринных и внутренних органов, системы крови. Способствует раз­витию сердечно-сосудистых заболеваний язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, сахарного диабета | Головная боль, сосудодвигательные рас-стройства, раздражения, расстройство чувствительности, боль в горле, ощущение мурашек, легкое опьянение, неправильное дыхание. Сте­пень выраженности симптомов находится в за­висимости от тяжести отравления. При воздействии высоких концентраций потеря сознания возможна после нескольких вздохов. Если пострадавший не удаляется из зараженной атмосферы, наступает глубокий наркоз, исчезают все рефлексы, включая роговичный и зрачковый, смерть наступает от остановки дыхания. При выносе пораженного из зараженной атмосферы бессознательное состояние сменяется психическим и двигательным возбуждением и дезориентацией |
| Фосген (вещество с преимущественно удушающим действием) | Является ацилирующим агентом, кото рый взаимодействует с нуклеофильными группами л или дав и белков, входящих в состав мембран клеток стенок альвеол и лет точных капилляров. Это приводит к нарушению проницаемости стенок альвеол к кровеносных сосудов, в результате чего жидкая часть крови (плазма) выходит в полость альвеол и развивается отек легких Наступает кислородное голодание организма, усиливающееся в связи с замедленным кровообращением | При вдыхании паров ощущается запах прелого сена (яблок). Период скрытого действия продолжается 4-6ч, но в зависимости от полученной дозы может быть от 1 ч до суток. Чем короче период скрытого действия, тем менее благоприятный прогноз. Физическая нагрузка может приводить к уменьшению периода скрытого действия. У пораженных возникают кашель, затруднение дыхания, боль в груди при вдохе, сильные хрипы. Температура тела повышается. Отек легких достигает своего максимума к концу первых суток. Уменьшается количество кислорода в крови, развивается кислородная недостаточность. При явлениях сильного кислородного голодания наступает гибель пораженных (80% в первые двое суток) |
| Хлор (вещество преимущественно удушающего действия) | Раздражает дыхательные пути, может вызвать отек легких. При действии хлора в крови нарушается содержание свободных аминокислот и снижается активность некоторых оксидаз | При незначительных концентрациях наблюдается покраснение конъюнктивы, мягкого нёба и глотки, бронхит, легкая одышка, охрип­лость, чувство давления в груди. При воздействии малых и средних концентраций наблюдаются загрудинные боли, жжение и резь в глазах, слезотечение, мучительный сухой кашель, увеличивается одышка, пульс учащается, начинается отделение мокроты со слизью и отхаркивание пенистой желтой или красноватой жидкости. Иногда отравление, перенесенное на ногах, через несколько дней заканчивается смертью.  При попадании в облако с высокими концентрациями может наступить молниеносная смерть из-за рефлекторного торможения дыхательного центра. Пострадавший задыхается лицо синеет, он мечется, делает попытку бежать, но тотчас же падает и теряет сознание |
| Цианистый водород (вещество преимущественно общеядовитого действия - ингибитор ферментов дыхательной цепи) | Токсическое действие обусловлено способностью цианиона образовывать комплексы с трехвалентным железом, входящим в состав простатических групп цитохромов. Является специфическим ингибитором тканевого дыхания в клетках. Тканевое дыхание угнетается почти полностью (на 90% и более) и в первую очередь в клетках нервной системы, что приводит к возбуждению и гибели нейронов | Молниеносная форма развивается быстро после воздействия высоких концентраций. Пораженный падает, теряет сознание и спустя несколько минут погибает. При замедленной форме симптомы интоксикации развиваются медленней. Различают легкую, среднюю и тяжелую форму поражений.  В случае легкой степени пострадавший ощущает запах миндаля, металлический привкус во рту. Затем возникает головокружение, головная боль и нарушение координации движения («пьяная походка»).  При средней степени поражения дополнительно наблюдается сильная слабость. Пострадавший падает, сознание угнетено, дыхание затруднено, зрачки расширены.  В случае тяжелой формы поражения возникают клонико-тонические судороги с потерей сознания, дыхание поверхностное, развиваются параличи. Может быть непроизвольное мочеиспускание и дефекация. В дальнейшем происходит остановка дыхания и сердца. Характер ным симптомом отравления является ярко-ро­зовая окраска кожи, слизистых оболочек губ и глаз, сохраняющаяся у тюгибшего. |
| Окислы азота (вещества преимущественно общеядовитого действия-яды гемоглобина) | Общий характер действия зависит от состава образующихся в воздухе окислов. Токсическое действие протекает в основном по раздражающему или нитратному типу действия. При контакте с влажной поверхностью легких образуются HNO3 и HNO2, поражающие альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких и сложным рефлекторным расстройствам.  В крови образуются нитраты и нитриты, которые, действуя на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровеносного давления. Помимо этого нитриты превращают оксигемоглобин в метгемоглобин. Повреждение эритроцитов, как и отек легких приводит к кислородной недостаточности. | Наблюдаются раздражение дыхательных пу­тей, сильный кашель, иногда головная боль, рвота. Пострадавший чувствует невозмож­ность сделать глубокий вдох. Через 2—12 ч после воздействия паров развивается чувство страха и сильной слабости, нарастающий ка­шель сначала с лимонно-желтой, а затем кровя­нистой мокротой, иногда озноб, повышение температуры, учащенное сердцебиение, сильная синюха. Часты значительные расстройства же-кишечного тракта, тошнота, \* мучитель­ные боли в диафрагме, рвота, понос, жажда, В 58% случаев смерть наступает в течение суток после отравления.  При внезапном вдыхании высоких концентраций почти немедленно наблюдаются симптомы тяжелого удушья, судороги, остановка дыхания |
|  |  |  |

характеризуется отсутствием реакций на яд. Поражение организма развивается, как правило, постепенно и в тяжелых случаях заканчивается смертельным исходом в течение нескольких суток. В патологический процесс поражения этими веществами вовлекаются многие органы, но ведущими являются нарушения со стороны центральной нервной системы, паренхиматозных органов и иногда системы крови.

По своему строению эти вещества относятся к различным классам соединений, однако все они обладают общим свойством: в организме человека они разрушаются с образованием высокореакционноспособных углеводородных радикалов.

**К веществам, нарушающим обмен веществ,** относятся токсические соединения группы галогенированных ароматических углеводородов. При этом особой биологической активностью отличаются дибензодиоксины и полихлорированные бензофураны.

Данные вещества способны, действуя через легкие, пищеварительный тракт и неповрежденную кожу, вызывать заболевания с чрезвычайно вялым течением. При этом в процесс вовлекаются практически все органы и системы организма. Характерной особенностью действия этих веществ является нарушение обмена веществ, что в итоге может привести даже к смертельному исходу.

Общий характер действия и признаки поражения наиболее распространенными СДЯВ приведены в табл. 1.7.

**1.4. Характер возможных химически**

**опасных аварий**

Безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, полупродуктов и продуктов, от характера технологического процесса, от конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т. д. Кроме того, безопасность производства, использования, хранения и перевозок СДЯВ в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, системы надзора за состоянием технических средств противоаварийной защиты.

Наличие такого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования химически опасных объектов, делает эту проблему крайне сложной. Как показывает анализ причин крупных аварий, сопровождаемых выбросом (утечкой) СДЯВ, на сегодня нельзя исключить возможность возникновения аварий, приводящих к поражению производственного персонала, населения, а также войск (сил), дислоцирующихся в районе функционирования химически опасных объектов.

Достаточно сказать, что в США с 1971 по 1983 год произошло более 150 тыс. инцидентов на объектах с химическими компонентами, в которых погибло 940 человек и более 11 тыс. человек получили различной степени поражения. Только в 1985 году в США зарегистрировано 6 тыс. аварий с утечкой СДЯВ.

Анализ структуры предприятий, производящих или потребляющих СДЯВ, показывает, что в их технологических линиях обращается, как правило, незначительное количество токсических химических продуктов. Значительно большее количество СДЯВ по объему содержится на складах предприятий. Это приводит к тому, что при авариях в цехах предприятия в большинстве случаев имеет место локальное заражение воздуха, оборудования цехов, территории предприятий. При этом поражение в таких случаях может получить в основном производственный персонал.

При авариях же на складах предприятий, когда разрушаются (повреждаются) крупнотоннажные емкости, СДЯВ распространяется за пределы предприятия, приводя к массовому поражению не только персонала предприятия, но и населения, а также личного состава войск (сил), дислоцирующихся вблизи химически опасных предприятий.

В общем случае вместимость склада СДЯВ (сырья и товарной продукции) на любом предприятии определяется в зависимости от требуемого запаса, обеспечивающего бесперебойную работу предприятия, а также от целесообразно допустимого накопления на производственной площадке товарной продукции, подлежащей отправке потребителям. В итоге нормы хранения СДЯВ на каждом предприятии определяются с учетом условий их потребления, выработки, транспортирования, предупреждения аварийных ситуаций, профилактических остановок, сезонных поставок, а также токсичности и пожаро и взрывоопасности.

В среднем на предприятиях минимальные (неснижаемые) запасы химических продуктов создаются на трое суток, а для заводов по производству минеральных удобрений — до 10—15 сут.

В результате на крупных предприятиях, а также на складах в некоторых портах могут одновременно храниться тысячи тонн сильнодействующих ядовитых веществ.

На производственных площадках или в транспортных средствах СДЯВ, как правило, содержатся в стандартных емкостных элементах. Это могут быть алюминиевые, железобетонные и стальные оболочки, в которых поддерживаются условия, соответствующие заданному режиму хранения. Форма и тип емкостных элементов выбираются исходя из масштабов производства или потребления, условий их транспортирования. Наиболее широкое распространение в настоящее время получили емкости цилиндрической формы и шаровые резервуары.

Вместимость резервуаров бывает разной. Хлор, например, хранится в емкостях вместимостью от 1 до 1000 т, аммиак — от 5 до 30000 т, синильная кислота — от 1 до 200 т, окись этилена — в шаровых резервуарах объемом 800 м3 и более, окись углерода, двуокись серы, гидразин, тетраэтилсвинец, сероуглерод— в ёмкостях вместимостью от 1 до 100 т.

Наземные резервуары, как правило, располагаются группами. В каждой группе предусматривается резервная емкость для перекачки СДЯВ в случае их утечки из какого-либо резервуара. Для каждой группы наземных резервуаров по периметру оборудуется замкнутое обвалование или ограждающая стенка из несгораемых и коррозионно-устойчивых материалов высотой не менее 1 м. Внутренний объем обвалованной территории, рассчитывается практически на полный объем группы резервуаров. Расстояние от резервуаров до подошвы обвалования или ограждающей стенки принимается равным половине диаметра ближайшего резервуара, но не менее 1 м.

Расстояние от складов СДЯВ объемом свыше 8000 м3 до населенных пунктов должно быть не менее 1000 м. Расстояние от складов с наземным расположением резервуаров до мест массового скопления людей (стадионов, рынков, парков) увеличивается в два раза.

Для хранения СДЯВ на складах предприятий используются следующие основные способы:

в резервуарах под высоким давлением (в этом случае расчетное давление резервуара соответствует давлению паров продукта над жидкостью при абсолютной максимальной температуре окружающей среды);в изотермических хранилищах (При таком способе хранения емкости искусственно охлаж­даются. Давление насыщенных паров сжиженных газов зависит, как известно, от температуры: чем ниже температура, тем мень­ше давление паров. Если искусственно охладить аммиак до ми­нус 33,4° С, жидкий пропан до минус 42° С, то давление паров этих продуктов будет близко к атмосферному.) при давлении, близком к атмосферному (низкотемпературное хранилище), или до 1 Па (изотермическое хранилище, при этом используются шаровые резервуары большей вместимости);

хранение при температуре окружающей среды в закрытых емкостях (характерно для высококипящих жидкостей).

Способ хранения СДЯВ во многом определяет их поведение при авариях (вскрытии, повреждении, разрушении оболочек резервуаров).

В случае разрушения оболочки емкости, содержащей СДЯВ под давлением, и последующего разлива большого количества СДЯВ в поддон (обваловку) его поступление в атмосферу может осуществляться в течение длительного времени. Процесс испарения в данном случае можно условно разделить на три периода.

Первый период — бурное, почти мгновенное испарение за счет разности упругости насыщенных паров СДЯВ в емкости и парциального давления в воздухе. Данный процесс обеспечивает основное количество паров СДЯВ, поступающих в атмосферу за этот период времени. Кроме того, часть СДЯВ переходит в пар за счет изменения теплосодержания жидкости, температуры окружающего воздуха и солнечной радиации. В результате температура жидкости понижается до температуры кипения. Учитывая, что за данный период времени испаряется значительное количество СДЯВ, то может образоваться облако с концентрациями СДЯВ, значительно превышающими смертельные.

Второй период — неустойчивое испарение СДЯВ за счет тепла поддона (обваловки), изменения теплосодержания жидкости и притока тепла от окружающего воздуха. Этот период характеризуется, как правило, резким падением интенсивности испарения в первые минуты после разлива с одновремен­ным понижением температуры жидкого слоя ниже температуры кипения.

Третий период — стационарное испарение СДЯВ за счет тепла окружающего воздуха. Испарение в этом случае будет зависеть от скорости ветра, температуры окружающего воздуха и жидкого слоя. Подвод тепла от поддона (обваловки) практически будет равен нулю. Продолжительность стационарного периода в зависимости от типа СДЯВ, его количества и внешних условий может составить часы, сутки и более. Наиболее опасной стадией аварии в этом случае, безусловно, являются первые 10 мин, когда испарение СДЯВ происходит интенсивно. При этом в первый момент выброса сжиженного газа, находящегося под давлением, образуется аэрозоль в виде тяжелых облаков. Натурные опыты с аммиаком показывают, что первичное облако моментально поднимается вверх примерно на 20 м, а затем под действием собственной «силы тяжести» опускается на грунт. Границы облака на первом этапе очень отчетливы, так как оно имеет большую оптическую плотность и только через 2—3 мин становится прозрачным. Ввиду его большой плотности на начальном этапе разбавление облака и его движение осуществляются под собственной «силой тяжести». На этом этапе формирование и направление движения облака носят крайне неопределенный характер, в результате чего при прогнозировании распространения (движения) облака СДЯВ в данном случае выделяют «зону неопределенности», в которой нельзя предсказать местоположение облака, руководствуясь только метеорологическими условиями. Радиус этой зоны может достигать 0,5—1 км и более.

В случае разрушения оболочки изотермического хранилища и последующего разлива большого количества СДЯВ в поддон (обваловку) испарения за счет разности упругости насыщенных паров СДЯВ в емкости и парциального давления в воздухе в связи с малым избыточным давлением практически не на­блюдается. Для данного типа емкостей характерны периоды нестационарного и стационарного испарения СДЯВ. Формирование первичного облака осуществ­ляется за счет тепла поддона (обваловки), изменения теплосодержания жидкости и притока тепла от окружающего воздуха. При этом количество вещества, переходящее в первичное облако, как правило, не превышает 3—5% при температуре окружающего воз­духа 25—30° С.

При вскрытии оболочек с высококипящими жидкостями образования первичного облака не происходит. Испарение жидкости осуществляется по стационарному процессу и зависит от физико-химических свойств СДЯВ и температуры окружающего воздуха. Учитывая малые скорости испарения таких СДЯВ, они будут представлять опасность только для личного состава и населения, находящихся непосредственно. в районе аварии.

Для приближенной оценки количества СДЯВ Qi, переходящего в первичное облако в момент вскрытия оболочек, можно использовать формулу

Q1 = QCν(tа-tк)/λ, (1.1)

где Q— общее количество СДЯВ в емкости, кг;

*Cv —* удельная теплоемкость жидкости, кДж/кгХ

tа; — температура жидкого СДЯВ до разрушения емкости, ° С; \*град

tк —температура кипения СДЯВ, °С;

λ — удельная теплота испарения, кДж/кг.

При разрушении емкостей с высококипящими жидкостями (гидразин, тетраэтилсвинец и др.) первичное облако практически не образуется.

Основным процессом, определяющим поступление СДЯВ во вторичное облако, является процесс его испарения с площади поверхности зеркала пролива.

Количество СДЯВ, поступающее во вторичное облако, можно определить по формуле

Q2=3600ЕSпрτ, (1.2)

где *Е* — удельная скорость испарения, кг/м2-с;

Sпр — площадь поверхности зеркала пролива СДЯВ, М2;

т — время испарения, ч.

Площадь поверхности зеркала пролива определя­ют по формуле

Sпр = πdпр/4, (1-3)

где dпр — приведенный диаметр площади пролива.

Необходимое для расчетов значение dпропределяют из формулы (1.3).

При наличии поддона (обваловки) приведенный диаметр равен

dпр=1.22√ Q- Q1./ρ

а при отсутствии поддона (обваловки) (1.4)

dпр=5.04√ Q- Q1./ρ

где 1,22 и 5,04 — размерные коэффициенты, м -1/2; г

Q — количество СДЯВ в емкости, кг;

Q1 — количество СДЯВ, перешедшее в первичное облако, кг; определяется по формуле (1.1);

ρ — плотность СДЯВ, кг/м3.

В формуле (1.4) высота поддона (обваловки) принята равной 1 м при его заполнении на 85%. Для больших емкостей (вместимостью более 2000 т) высота поддона (обваловки) может быть выше, поэтому для таких случаев

dпр =1.22/√h = √ Q- Q1./ρ (1.5)

где *h* — высота поддона (обваловки), м.

Удельная скорость испарения *Е* определяется по формуле

E=0.041u1/ dпр 0.14Tиexp[λM/R(1/Tk-1/Tи)] (1,6)

где u1— скорость ветра на высоте 1 м, м/с;

*М —* молекулярная масса СДЯВ, г/моль;

dпр — приведенный диаметр площади пролива, м;

Tи — температура испарения, К;

λ — удельная теплоемкость испарения, кДж/кг;

Tk — универсальная газовая постоянная, равная 8,3 кДж/кмоль К;

Гк — температура кипения СДЯВ, К.

Учитывая, что количество СДЯВ Р2, поступающее во вторичное облако, может быть представлено в виде

Q2 = Q - Q1 (1,7)

используя формулы (1.6) и (1.7), можно найти ориентировочное время испарения СДЯВ с поверхности пролива.

Необходимо отметить, что на промышленных объектах обычно сосредоточено значительное количество различных легковоспламеняющихся веществ, в том числе СДЯВ (аммиак, окись этилена, синильная кислота, окись углерода и др.). Кроме того, многие СДЯВ взрывоопасны (гидразин, окислы азота и др.), а некоторые хотя и негорючи, но представляют значительную опасность в пожарном отношении (хлор, фосген, двуокись серы, окислы азота и др.). Это обстоятельство следует учитывать при возникновении пожаров на предприятиях. Более того, сам пожар на предприятиях может способствовать выделению различных ядовитых веществ. Например, при горении комовой серы выделяется в больших количествах двуокись серы. Горение полиуретана и других пластмасс приводит к выделению синильной кислоты, фосгена, окиси углерода, различных изоционатов, иногда диоксина и других СДЯВ в опасных концентрациях, особенно в закрытых помещениях.

Поэтому при организации работ по ликвидации химически опасной аварии на предприятии и ее последствий необходимо оценивать не только физико химические и токсические свойства СДЯВ, но и их взрыво- и пожароопасность, возможность образования в ходе пожара новых СДЯВ и на этой основе принимать необходимые меры по защите персонала, участвующего в работах.

Анализ имевших место аварийных ситуаций и проведенные расчеты показывают, что объекты с химически опасными компонентами могут .быть источником: залповых выбросов СДЯВ в атмосферу; сброса СДЯВ в водоемы; «химического»у пожара с поступлением токсичных веществ в окружающую среду; разрушительных взрывов; заражения объектов и местности в очаге аварии и на следе распространения облака; обширных зон задымления в сочетании с токсичными продуктами.

Принципиальная схема формирования поражающих факторов при аварии на объекте с химически опасными компонентами приве­дена на рис. 1.1.

Объектом аварий является завод по производству хлора 150 тыс. тонн в год, химических средств защиты растений 5 тыс. тонн в год и других продуктов. Завод расположен на берегу реки. Наиболее опасные эле­енты объекта №2,3 и 5. Произошло разрушение резервуара вместимостью 150 т в хранилище жидкого хлора, и возник пожар на складе готовой продукции.

Характеристика поражающих факторов:

А — при разрушении резервуара с хлором образо­валось облако зараженного воздуха, которое распространилось по территории завода (до 300 м) и движется в приземном слое атмосферы по направлению ветра. Глубина распространения облака с поражающими концентрациями может составить от нескольких километров (изотермия) до нескольких десятков километров (инверсия).

Б — в результате пожара образовалось дымовое облако, содержащее токсичные продукты, которое может распространиться в пограничном слое атмосферы на значительное расстояние. При взаимодействии с подстилающей поверхностью или с осадками возможно образование «пятен», загрязненных токсич­ными продуктами терморазложения и возгонки.

В — при тушении пожара часть токсичных продуктов попала в реку и произошло заражение воды по течению.

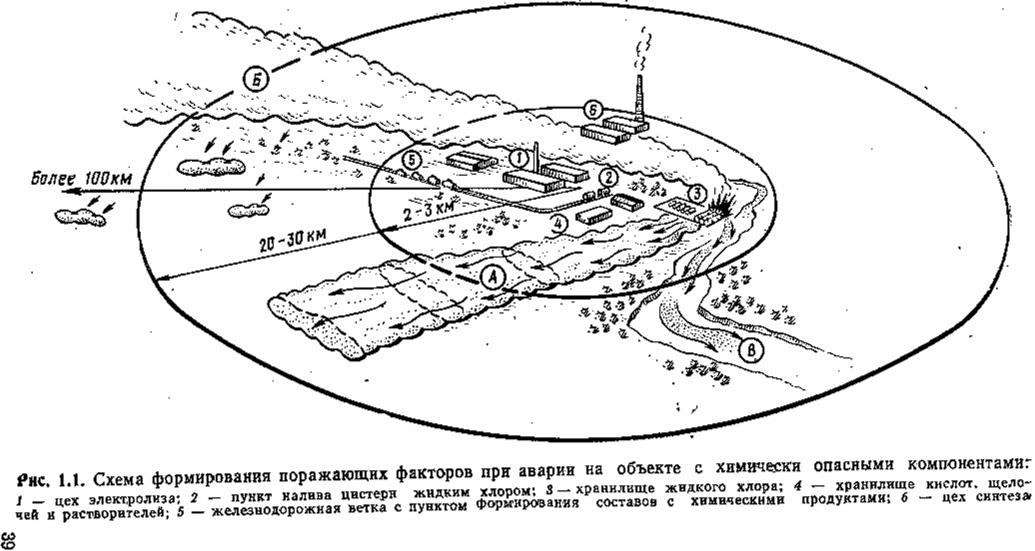
Каждый из указанных видов опасности по месту и времени может проявляться отдельно (единичный выброс), последовательно и в сочетании с другими, а также может быть многократно повторен, в том чис­ле в различных комбинациях. Для любой аварийной ситуации характерны стадии возникновения, развития и спада опасности. На химически опасном объекте в разгар аварии могут действовать, как правило, несколько поражающих факторов — пожар, взрывы, химическое заражение

местности и воздуха и другие, а за пределами объекта — заражение окружающей среды. Действие СДЯВ через органы дыхания чаще, чем через другие пути воздействия, приводит к поражению людей, реализуется на больших расстояниях и площадях со ско ростью ветрового переноса.

Для многих СДЯВ характерно длительное заражение окружающей среды, а также проявление отдаленных эффектов поражения людей и объектов биосферы. Например, в 1976 году в г. Севезо (Италия) в результате разрушения на химическом заводе одного из аппаратов, в котором осуществлялся синтез трихлорфенола, в атмосферу было выброшено облако, которое кроме основного продукта синтеза содержало около 4 кг диоксина. Облако распространилось на площади около 18 км2. В результате было поражено несколько сотен человек, погибло много сельскохозяйственных животных. Пришлось осуществить эва­куацию населения. Дегазация местности продолжалась 8 лет.

Масштабы поражения при химически опасных авариях очень сильно зависят от метеорологической обстановки и условий хранения СДЯВ. Так, иногда мощный выброс может не причинить значительного вреда или он будет минимальным при неблагоприятной для распространения облака метеорологической обстановке. В то же время меньший выброс в других условиях может привести к большему ущербу.

Из этих особенностей химически опасных аварий следует: защитные мероприятия и, прежде всего, прогнозирование, выявление и периодический контроль заизменениями химической обстановки, оповещение персонала предприятия, населения и войск (сил), находящихся вблизи от места аварии, должны прово­диться с чрезвычайно высокой оперативностью; среди личного состава войск (сил) и населения, оказавшихся в зонах распространения СДЯВ, могут быть пораженные, для обследования которых и оказания им медицинской помощи потребуются значительные силы и средства. Локализация источника поступления СДЯВ в окружающую среду имеет решающую роль в предупреждении массового поражения людей. Быстрое осуществление этой задачи может направить аварийную ситуацию в контролируемое русло, уменьшить вьгброс СДЯВ и существенно снизить ущерб.

Глава 2

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАСШТАБОВ И; ПОСЛЕДСТВИЙ**

**ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ АВАРИЙ**

**2.1. Основные понятия и определения**

Последствия химически опасных аварий характеризуются масштабом, степенью опасности и продолжительностью химического заражения.

**Масштаб химического** заражения характеризуется:

радиусом Ra площадью Sa района аварии;

глубиной Гм и площадью Sм заражения местности с опасными плотностями;

глубиной Г1 и площадью S1 зоны распространения первичного облака СДЯВ;

глубиной Г2 и площадью S 2 зоны распространения вторичного облака СДЯВ.

Под глубиной заражения понимается максимальная протяженность соответствующей площади заражения за пределами района аварии, а под глубиной распространения — максимальная протяженность зоны распространения первичного или вторичного облака СДЯВ.

Под зоной распространения понимается площадь химического заражения воздуха за пределами района аварии, создаваемая в результате распространения облаков СДЯВ по направлению ветра.

Во всех случаях глубина химического заражения и распространения измеряется по направлению ветра от подветренной границы района аварии.

**Степень опасности химического заражения** характеризуется:

возможным количеством Пра (%) пораженных в районе аварии;

возможным количеством Пзр (%) пораженных в зонах распространения СДЯВ;

количеством Nт зараженной техники, требующей проведения специальной обработки;

количеством Nобм зараженных комплектов средств защиты и обмундирования.

**Продолжительность химического заражения** характеризуется:

временем испарения СДЯВ в районе аварии с поверхности земли (поддона, обваловки) τра, в течение которого существует опасность поражения людей при отсутствии средств защиты;

временем химического заражения воздуха в зонах распространения СДЯВ τзр на различных удалениях от района аварии;

временем химического заражения открытых источ­ников воды τв;

временем естественной дегазации техники тс;

временем подхода облака СДЯВ к заданному рубежу τс.

Все указанные количественные показатели последствий химически опасных аварий являются первичными информационными данными, подлежащими анализу с учетом конкретной обстановки. Суть такого анализа состоит в получении обобщенных количественных показателей масштабов и последствий аварий, пригодных для оценки складывающейся химической обстановки и принятия соответствующих решений.

Прежде всего, оценка последствий химически опасных аварий осуществляется методом прогнозирования. Исходными данными для прогнозирования последствий аварий служат:

Характеристики объекта аварии (предприятия, транспортного средства);

Сведения о предприятиях (учреждениях и т. п.), которые могут оказаться в районе аварии и зонах распространения СДЯВ;

метеорологические условия;

топографические особенности местности.

К характеристикам объекта аварии относятся:

место и время аварии;

тоннаж емкостей хранения (перевозки), способ хранения СДЯВ;

наименование СДЯВ.

К сведениям о предприятиях, необходимым в первую очередь для оценки степени опасности химического заражения, относятся:

линейные размеры предприятий и их удаленность от района аварии;

степень защищенности персонала предприятий (наличие средств защиты);

данные о составе, расположении и возможностях различных подразделений по ликвидации последствий аварий.

Данные о метеорологических условиях, в значительной мере определяющих степень реализации поражающих возможностей СДЯВ, включают:

скорость и направление ветра у поверхности зем­ли;

вертикальную устойчивость воздуха (инверсию, изотермию, конвекцию);

температуру воздуха и подстилающей поверхности.

Существенное влияние на поражающее действие СДЯВ оказывают топографические особенности местности. Их сочетание характеризует тип местности. Вся эта информация может быть получена от соответствующих должностных лиц предприятий или железной дороги, органов Гражданской обороны, гидрометеослужбы, а также в ходе проведения разведки.

Кроме того, оценка типа местности может быть произведена по картам, аэрофотоснимкам и непосредственным изучением местности, прилегающей к районам аварий.

**2.2. Оценка размеров района аварии, глубины**

**заражения и распространения первичного облака**

**сильнодействующих ядовитых веществ**

Район аварии ограничивается радиусом Rа, определяющим площадь окружности, в пределах которой облако СДЯВ обладает наибольшими поражающими возможностями.

Радиус района аварии зависит от вида СДЯВ и условий его хранения (использования) и может достигать 0,5—1 км.

При проведении практических расчетов рекомен­дуется для низкокипящах жидких СДЯВ значение радиуса принимать равным: при разрушении технологических емкостей до 100 т — 0,5 км, в остальных случаях — 1 км; для высококипящих СДЯВ: при разрушений технологических емкостей до 100 т — 300 м, в остальных случаях — 0,5 км.

При возникновении пожаров при химически опасных авариях радиус района аварии рекомендуется увеличивать в 1,5—2 раза, что обосновывается возможностью выбросов в этих условиях большего количества СДЯВ, а также разброса СДЯВ за счет взрыва.

Как правило, при химически опасных авариях заражение СДЯВ оборудования, зданий, сооружений, техники и местности имеет место лишь в районе аварии. В связи с этим глубина заражения для большинства СДЯВ отсутствует. Вместе с тем при выбросе некоторых высокотоксичных соединений (диоксина и других) глубина заражения может достигать значительных размеров.

Глубина заражения местности диоксином для средних метеорологических условий (изотермия, ско­рость ветра от 2 до 6 м/с, местность равнинная) приведена в табл. 2.1.

Таблица 2,1

Глубина заражения местности при выбросах диоксина, км

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество выброшенного диоксина, кг | Высота выброса, м | Граничная плотность заражения, г/м2  при скорости ветра | | | |
| 2-3 м/с | | 4-6 м/с | |
| 1 – 10 -3 | 1 – 1 -4 | 1 – 1 -3 | 1 • 10 -4 |
| 2 | 30 | Менее 0,5 | 2,5-3 | Менее 0,5 | 1,5-2 |
| 4 | 30 | 0,5-1 | 5-6 | 0,7 | 3-4 |
| 10 | 30 | 1,5-2 | 10-14 | 1-1,5 | 7-10 |
| 50 | 100 | 4-6 | 25-35 | 3-4 | 18-25 |
| 100 | 100 | 10- 14 | Более 50 | 8-10 | 35-40 |

Одним из главных показателей, характеризующих масштабы заражения при химически опасных авари­ях, является глубина распространения первичного облака СДЯВ. В общем случае она может определяться с использованием табличных данных и аналитических соотношений.

В табл. 2.2 приведена глубина распространения первичного облака СДЯВ на равнинной местности

**Глубина распространения первичного облака СДЯВ**

**на равнинной местности при стандартных внешних**

**температурных условиях с граничным значением**

**пороговой токсодозы РСτ50 км**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Емкость хранения (общее ко-  личество)  СДЯВ, т | Конвекция | | Изотермия | | | | Инверсия \* | |
| Скорость ветра, м/с | | | | | | | |
| 1 | 2 | 2 | 4 | | 6 | 1 | 2 |
| Хлор | | | | | | | | |
| 1 | Менее 0,5 | | 0,6 | | Менее 0,5 | | 2,1 | 1,4 |
| 10 | 0,9 | 0,6 | 2,7 | 1,8 | | 1,3 | 8,7 | 5,7 |
| 100 | 2,9 | 2 | 9,5 | 6,4 | | 5,1 | 30 | 20 |
| 500 | 5,5 | 4 | 25 | 17 | | 14 | До 60 | |
| 1000\*\* | 3,4 | 2,5 | 11,4 | 7,7 | | 6,1 | 37 | 24 |
| Фосген | | | | | | | | |
| 1 | Менее 0,5 | | 0,6 | 0,5 | | Менее | 1,8 | 1,2 |
|  |  | |  |  | | 0,5 |  |  |
| 10 | 1,2 | 0,5 | 1,7 | 1,2 | | 0,9 | 4,1 | 2,7 |
| 100 | 3,6 | 2,6 | 6,5 | 4,4 | | 3,5 | 16,7 | 11 |

**Аммиак**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 50, | 0,7 | 0,5 | 1,6 | 1Д | 0,8 | 5,0 | 3,2 |
| 100 | 0,9 | 0,6 | 2,4 | 1,6 | 1,3 | 6,7 | 4,4 |
| 500 | 2,0 | 1,4 | 6 | 4 | 3,2 | 18,3 | 12 |
| 10000\*\* | 3,1 | 2,3 | 10,4 | 7 | 5,5 | 33,7 | 22 |
| 30 000\*\* | 5,3 | 3,8 | 19,5 | 13,1 | 10,4 | До 60 | 43,6 |

**Цианистый водород**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Менее 0,5 | | | | | | |
| 10 | Менее 0,5 | | 0,5 | Менее 0,5 | | 1,3 | 0,9 |
| 50 | 0,5 | Менее 0,5 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 3,7 | 2,4 |
| 100 | 0,7 | 0,5 | 1,8 | 1,2 | 1 | 5,6 | 3,7 |

**Окись этилена**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 1 | Менее 0,5 | | |  | | |
| 50 | Менее 0,5 | | | | 0,6 | Менее 0,5 | |
| 100 | Менее 0,5 | | 0,6 | Менее 0,5 | | 0,9 | 0,6 |

**Окись углерода \*\*\***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | Менее 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 2,3 | 1,5 |

**Сернистый ангидрид**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | Менее 0,5  нее 0,5 | | 0,6 | Мене нее 0,5  е 0,5 | | 1,4 | 0,9 |
| 50 | 0,8 | 0,5  0,8 | 1  2,9 | 0,7  2 | 0,6  1,6 | 2,3  8,5 | 1,5  5,5 |
| 100 | 1,1 | 0,8 | 2,9 | 2 | 1,6 | 8,5 | 5,5 |

**Окислы азота**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 0,8 | 0,6 | 2,4 | 1,6 | 1,3 | 7,5 | 4,9 |
| 50 | 1,7 | 1,2 | 5,9 | 4 | 3,2 | 20 | 13 |
| 100 | 2,3 | 1,7 | 8,8 | 5,9 | 4,7 | 30 | 20 |

**Гидразин, сероуглерод**

|  |  |
| --- | --- |
| 1—100 | Менее 0,5 |

\* Глубина распространения рассчитана из условия, что инверсия сохраняется в течение всего времени распространения сдяв.

\*\* Хранение осуществляется в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

\*\*\* При оценке глубины распространения окис углерода представленные данные характеризуют возможные последствия в случае аварийного выброса из промышленных установок.

при стандартных внешних температурных условиях с граничным значением пороговой токсодозы РСτ50\*

Значения глубины распространений первичного облака рассчитаны для нескольких типовых объемов емкостей хранения СДЯВ с учетом их полной разгерметизации и вылива СДЯВ в поддон, различной вертикальной устойчивости воздуха и скорости ветра, измеренной на высоте 2 м, В качестве граничного значения пороговой токсодозы при этом использовано значение РСτ50 для взрослых, определенное за время от 40 до 60 мин (максимально возможное время прохождения первичного облака СДЯВ относительно неподвижной точки в зоне распространения).

Для определения глубины распространения пер­вичного облака СДЯВ с учетом конкретных метеорологических условий, влияния температуры воздуха на количество СДЯВ, переходящих в первичное облако используется соотношение

Г1=Г1т Кt1Кк (2.1)

где Г1— глубина распространения первичного облака СДЯВ на равнинной местности с учетом конкретных метеорологических условий, км;

Г1т — табличное значение глубины распространения первичного облака СДЯВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях;

Кt1— поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха;

Кк — коэффициент пропорциональности, учитывающий изменение массы СДЯВ по сравнению с типовой технологической емкостью. Значения поправочного коэффициента Кt1*,* учитывающего влияние температуры воздуха, приведены в табл. 2.3.

Коэффициент пропорциональности Ккопределяют в случае несовпадения конкретного (имеющегося) количества СДЯВ с типовыми объемами емкостей, приведенными в табл. 2.2. Для его нахождения вначале определяют коэффициент превышения, представляющий собой отношение имеющегося количества СДЯВ Q3 к ближайшему значению типовой емкости Qтиз табл. 2.2. Затем, используя полученное значение, по табл. 2.4 находят коэффициент пропорциональности.

Если же требуется определить глубину распространения первичного облака для СДЯВ, не вошедших в табл. 2.2, то можно использовать формулу

Г1 = b1(Q1/u1 РСτ50)а1  (2.2)

где Г1— глубина распространения первичного облака СДЯВ на равнинной местности, км;

**Значения поправочного коэффициента, учитывающего**

**влияние температуры воздуха на глубину распространения**

**первичного облака СДЯВ *Ка***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СДЯВ | Температура воздуха, дС | | | | | | | | |
| -40 | -30 | —20 | —10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| Хлор, аммиак\* | 0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 |
| Хлор, аммиак\*\* | 0 | ОД | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,3 |
| Фосген | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 1 | 1,4 | 1,8 |
| Цианистый водород | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2,2 |
| Окись этилена | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,7 | 1 |
| Окись углерода | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Сернистый ан гидрид | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 |
| Окислы азота | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1,5 |
| Остальные\*\*\* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

\* При хранении в сжатом, сжиженном состоянии (под давлением).

\*\* При хранении в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

\*\*\* Гидразин и сероуглерод при разрушении емкости первичного облака практически не образуют. Опасность сохраняется лишь непосредственно в районе аварии.

Таблица 2.4

**Значение коэффициента пропорциональности КК**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вертикальная  устойчивость воздуха | Q3/Qт | | | | | | | | |
| 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Конвекция | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,7 |
| Изотермия | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,5 | 2,2 | 2,8 | 3,3 |
| Инверсия | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1,6 | 2,6 | 3,4 | 4 |

Q1—количество СДЯВ, переводимое в первичное облако в зависимости от способа хранения и температуры воздуха, т;

u1— скорость ветра на высоте 2 м, м/с;

РСτ50— пороговая токсодоза, г -с/м3;

b1 и а1—размерные коэффициенты, зависящие от вертикальной устойчивости воздуха..

При этом

а1 = 0,57 ехр(0,86е); b1=15,4 ехр(6,96е), . (2.3)

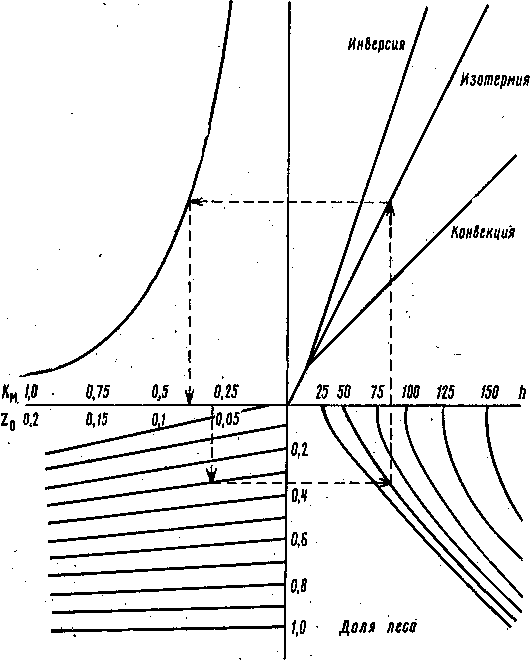
где е —параметр вертикальной устойчивости воздуха, равный при изотермии нулю, конвекции — минус 0,1—0,2, инверсии — 0,1—0,2. Формулу (2.2) рекомендуется использовать при оценке глубины распространения первичного облака СДЯВ в приземном слое атмосферы при расстояниях до 15—20 км в случае аварийных выбросов от одиночной или группы близко расположенных емкостей. Влияние на найденную глубину распространения первичного облака СДЯВ реальной топографии (типа местности) при расчетах учитывают приближенно путем умножения найденной глубины распространения на коэффициент влияния местности Км, определяемый по номограмме (рис. 2.1),

Коэффициент Км определяют в такой последовательности:

в зависимости от наличия и вида растительности (без учета леса) по табл. 2.5 определяют коэффициент шероховатости Z0,характеризующий подстилающую поверхность;

на оси левой нижней четверти (ось Z0) номограммы (рис. 2.1) находят точку со значением Z0, характеризующим подстилающую поверхность. Из данной точки проводят линию, параллельную оси у,до пересечения с прямой, учитывающей долю леса на рассматриваемой местности (процент площади, покрытой лесом). При этом долю леса на пути распространения первичного облака СДЯВ определяют по карте, аэрофотоснимкам или при непосредственном изучении местности;

из полученной точки проводят линию, параллельную оси х(оси Z0 и h), до пересечения с кривой, определяющей средний перепад высот в метрах на километр (относительное превышение), характерный для данного типа местности. Относительное превышение определяют по табл. 2.6, в которой дана характеристика местности в зависимости от вида рельефа;



**Рис. 2.1.** Номограмма для определения коэффициента влияния местности Км

из полученной точки восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линией, определяющей вертикальную устойчивость воздуха;

из точки пересечения с линией вертикальной устойчивости воздуха проводят прямую, параллельную оси х(оси Z0 и h), до пересечения со вспомогательной кривой левой верхней четверти;

из полученной точки опускают перпендикуляр но верхнюю часть оси х(ось Км). Точка пересечения определяет искомое значение коэффициента влияния местности Км.

Таблица 2.5

**Значения коэффициента шероховатости**

**подстилающей поверхности**

|  |  |
| --- | --- |
| Наличие и вид растительности | Z0 |
| Открытые водные поверхности | 0,005 |
| Растительность отсутствует или покрыта снегом | 0,01 |
| Невысокая трава, тундровая растительность мох, ягель) | 0,04/0,01 |
| Степная растительность (трава, отдельные небольшие кусты), сельскохозяйственные поля, болотная растительность (редкий кустарник, чахлое редколесье, мох), полупустынная растительность (саксаул, кустарник и полукустарник) | 0,06/0,04 |
| Высокая трава (50—60 см), густой кустарник, виноградники, отдельные деревья и небольшие рощи | 0,1/0,06 |
| Большие площади занимают сады, рощи, стланик и низкорослые леса | 0,25/0,15 |

Примечание. В знаменателе указаны значения коэффи­циента для зимних условий при наличии снежного покрова,

Таблица 2.6

**Характеристика местности в зависимости от вида рельефа**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид рельефа | Превышение относительно среднего уровня, м | Относительное превышение, м/км |
| Равнинный плоский | Менее 15 | 0—10 |
| Равнинный волнистый | 15—30 | 10—30 |
| Равнинно-холмистый | 30—50 | 30—60 |
| Овражно-балочный | 50—100 | 50—100 |
| Холмистый | От 100 до 500 | 50—200 |

Примечание. При отсутствии конкретного" значения относительного превышения используют его среднее значение.

**Пример.** Определить глубину распространения первичного облака хлора при разрушении хранилища вместимостью 60 т с выливом в поддон, Метеорологические условий: изотермия, скорость ветра 2 м/с, температура воздуха 20° С, Местность степная, рельеф равнинный плоский.

Решение. 1. По табл. 2.2 для емкости 100 т (ближайшей к 60т заданной) находят табличное значение глубины распространения хлора: Г1Т = 10 км. 2. По табл. 2.3 для случая хранения хлора в сжатом сжиженном состоянии определяют значение поправочного коэффициента, учитывающего влияние температуры воздуха на глубину распространения первичного облака Кt1= 1

1. Находят отношение заданной емкости хранения хлора к табличному значению Q3/QТ =60/100=0,6, для которого по табл. 2.4 определяют коэффициент пропорциональности Кк = 0,8
2. По формуле (2.1) определяют глубину распространения первичного облака хлора на ровной местности:

Г1=Г1т/Кк = 10 • 1 • 0,8=8 км.

5. Определяют глубину распространения первичного облакас учетом влияния топографии местности. По табл. 2.5 находят коэффициент Z0=0,06. По табл. 2.6 определяют относительное превышение местности, равное 5 м/км, Используя номограмму(рис. 2,1), находят коэффициент влияния местности Кк~0,9.

6. Определяют глубину распространения первичного облака хлора с учетом коэффициента влияния местности:

Г1= Г1т Км = 8 • 0,9=7,2 км.

Ответ. Глубина распространения первичного облака хлора равна 7,2 км,

**2.3. Оценка глубины распространения вторичного облака сильнодействующих ядовитых веществ**

Глубина распространения вторичного облака СДЯВ так же, как и первичного, может определяться с использованием табличных данных и аналогичных аналитических соотношений.

В табл. 2.7 приведена глубина распространения вторичного облака СДЯВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях с граничным значением пороговой токсодозы РСτ5о.

Значения глубины распространения вторичного облака рассчитаны для нескольких типовых объемов емкостей хранения СДЯВ, различной вертикальной устойчивости воздуха и скорости ветра, измеренной на высоте 2 м. В качестве граничного значения пороговой токсодозы так же, как и для первичного облака СДЯВ, использовано значение РСτ5о для взрослых.

Для определения глубины распространения вторичного облака СДЯВ с учетом конкретных метеорологических условий, влияния температуры воздуха

**Глубина распространения вторичного облака СДЯВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях с граничным значением пороговой токсодозы РСτ50, км**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Емкость хра­нения (общее количество) СДЯВ, т | | Конвекция | | Изотермия | | Инверсия \* | |
| Хлор | | | | | | | |
| 1\*\* | | | Менее 0,5 | | | | |
| 10\*\* | | Менее 0,5 | | 0,8 | | 1,1 | |
| 100 | | Менее 0,5 | | 1,2 | | 2 | |
| 500 | | 0,7 | | 2,6 | | 4,5 | |
| 1000\*\*\* | | 1,2 | | 4,6 | | 8,7 | |
| Фосген | | | | | | | |
| 1\*\* | | Менее 0,5 | | | | | |
| 10\*\* | | Менее 0,5 | | 1,4 | | 2,1 | |
| 100 | | 0,7 | | 2Д | | 3,8 | |
| Аммиак | | | | | | | |
| До 50\*\* | | Менее 0,5 | | 0,6 | | 0,9 | |
| 100 | | Менее 0,5 | | | | 0,5 | |
| 500 | | Менее 0,5 | | 0,6 | | 1 | |
| 10 000\*\*\* | | 0,7 | | 2,8 | | 3,5 | |
| 30000\*\*\* | | 0,8 | | 4 | | 5,4 | |
| Цианистый водород | | | | | | | |
| 1\*\* | | Менее 0,5 | | | | | |
| 10\*\* | | Менее0,5 | | | | 0,6 | |
| 50\*\* | | Менее 0,5 | | 1 | | 1,5 | |
| 100 | | Менее 0,5 | | 0,7 | | 1,1 | |
| Окись этилена | | | | | | | |
| До 50 | | Менее 0,5 | | | | | |
| 100 | | Менее 0,5 | | 0,6 | | 1,3 | |
| Сернистый ангидрид | | | | | | | |
| 10\*\* | | | Менее 0,5 | | | | |
| 50\*\*  СЛ\*\* | | | Менее 0,5 | | | | 0,7  7 |
| 100 | | Менее 0,5 | | 0,5 | | 1 | |
| Окислы азота | | | | | | | | |
| 10\*\* | Менее 0,5 | | | | 1,3 | | 2 | |
| 50\*\* | 0,8 | | | | 3,2 | | 5,2 | |
| 100 | "0,6 | | | | 2,2 | | 4 | |
| Гидразин, сероуглерод | | | | | | | | |
| 1-100 | Менее 0,5 | | | | | | | |

\* Глубина распространения рассчитана для средних условии, в случае глубокой инверсии глубина распространения увеличивается в 1,5—2 раза.

\*\* Для случая вылива СДЯВ на поверхность земли (при отсутствии поддона);

\*\*\* При хранении в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

на количество СДЯВ, переходящих во вторичное об­лако, используют формулу

Г1=Г1т Кt1Кк (2,4)

где Г1—глубина распространения вторичного облака СДЯВ на равнинной местности, км;

Г2т—табличное значение глубины распространения вторичного облака СДЯВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях, км;

Кt1*—* поправочный (температурный) коэффициент, учитывающий влияние температуры почвы и воздуха;

Кк — коэффициент пропорциональности, учитывающий изменение массы СДЯВ по сравнению с типовой технологической емкостью.

Значения поправочного коэффициента Кt2*,* учитывающего влияние температуры почвы и воздуха, приведены в табл, 2,8

**Значение поправочного коэффициента учитывающего влияние температуры воздуха на глубину распространения**

**вторичного облака СДЯВ /С<2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| сдяв | Температура воздуха, °С | | | | | | | | |
| -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| Хлор,  аммиак \* | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 |
| Хлор, аммиак \*\* | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,2 | 1,3 |
| Фосген | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1,2 | 1,3 |
| Цианистый водород | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,1 |
| Окись этилена | ОД | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1 |
| Сернистый ангидрид | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 |
| Окислы азота | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,3 | 1,6 |
| Сероуглерод | 0 | 0,1 | .0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2 |
| Гидразин | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

\* При хранении в сжатом, сжиженном состоянии (под давлением).

\*\* При хранении в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

Коэффициент пропорциональности Кк, учитывающий несовпадение конкретного (имеющегося) количества СДЯВ с типовыми технологическими емкостями, определяют так же, как и в случае определения глубины распространения первичного облака.

Если же требуется определить глубину распространения вторичного облака для СДЯВ, не вошедших в табл. 2.7, то можно использовать формулу

Г2 = b2τ(Q2 (τ) / u1 РСτ50)а1  (2.5)

где Г2—глубина распространения вторичного облака СДЯВ на равнинной местности, км;

Q2 (τ) — количество .СДЯВ, испарившихся за время τ.т

РСτ50—пороговая токсодоза за время т, г-с/м3;

τ —время, за которое определяется глубина распространения вторичного облака СДЯВ, ч;

а1,b2— размерные коэффициенты, зависящие от вертикальной устойчивости воздуха.

При этом а1определяется из соотношения (2.3);

B2= 16,84 ехр(6,87е).

Время τ в случае оценки максимальной глубины распространения вторичного облака СДЯВ равно: τ = τисп, если V поиг 24 ч или т=24 ч, если τисп>24 ч, (2.6)

где τисп—время испарения СДЯВ с поверхности земли (поддона, обваловки), ч.

Учет влияния топографии местности при определении глубины распространения вторичного облака СДЯВ осуществляется аналогично, как и в случае распространения первичного облака.

Пример. Определить глубину распространения вторичного облака хлора при разрушении хранилища вместимостью 500 т с выливом СДЯВ в поддон. Метеорологические условия: инверсия, скорость ветра 1 м/с, температура воздуха 0° С. Рельеф местности равнинный волнистый, около 30% местности покрыто лесами, остальное трава и редкий кустарник.

Решение. 1. По табл. 2.7 для емкости вместимостью 500 т находят табличное значение глубины распространения хлора: Гт1=7,6км.

1. По табл. 2.8 для случая хранения СДЯВ в сжатом сжиженном состоянии определяют значение коэффициента влияния температуры воздуха на глубину распространения вторичного облака: Кt2\*2=0,8
2. Заданное значение емкости хранения СДЯВ совпадает с табличным. Следовательно, коэффициент пропорциональности Rк =1.
3. Определяют глубину распространения вторичного облака хлора на ровной местности по формуле (2.4)
4. Определяют глубину распространения вторичного облака хлора с учетом влияния топографии местности. По табл. 2.5 находят коэффициент, характеризующий подстилающую поверхность, Z0=0,06. По табл. 2.6 находят относительное превышение местности, равное 20 м/км. Используя номограмму (рис. 2.1), определяют коэффициент влияния местности Км  = 0,33.
5. Определяют глубину распространения вторичного облака хлора с учетом коэффициента влияния местности

Ответ. Глубина распространения вторичного облака хлора равна 2 км.

**2.4. Оценка площадей распространения и вторичного облаков сильнодействующих ядовитых**

**веществ и порядок их отображения на картах (схемах)**

Площади распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ определяются по формуле

•S1(2)=(Г1(2)+.RA)φ/60, (2.7)

где S1(2) — площадь распространения, первичного (вторичного) облака, км2; Г1(2) —• глубина распространения первичного (вторичною) облака, км;

RA —радиус района аварии, км;

φ —половина угла сектора, в пределах которого возможно распространение облака СДЯВ с заданной достоверностью, град; Величина φ зависит от нескольких факторов, основными из которых являются метеорологические и томографические условия. Значения φ для различной вертикальной устойчивости воздуха и доверительной вероятности приведены в табл. 2.9.

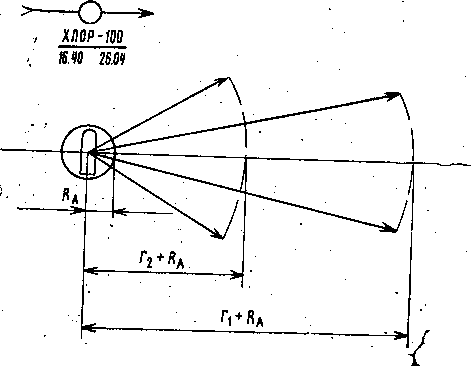
Таблица 2.9

**Значения** φ **в зависимости от вертикальной устойчивости воздуха и доверительной вероятности Рг, град**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Вертикальная устойчаивост воздуха | Значение *Рт* | | |
| 0,5 | 0,75 | 0,9 |
| Прогнозирование распространения: | Инверсия | 9 | 15 | 20. |
| первичного облака СДЯВ | Изотермия | 12 | 20 | 25 |
| Конвекция | 15 | 25 | 30 |
| вторичного облака СДЯВ: | Инверсия | 12 | 20 | 30 |
| при времени испарения СДЯВ от 2 до 6ч | Изотермия | 15 | 25 | 40 |
| Конвекция | 20 | 35 | 50 |
| при времени испарения СДЯВ от 6 до 12 ч при | Изотермия | 22 | 37 | 52 |
| времени испарения СДЯВ от 12 до 24 ч | Изотермия | 30 | 50 | 70 |

Примечание. Данные таблицы рассчитаны для средних условий и не учитывают возникновения местных ветров. Их направление и изменчивость необходимо учитывать индивидуально.

Доверительная вероятность *Рт* отражает характер решаемых задач. Так, например, при решении задачи «угрозы» (в интересах раннего предупреждения и оповещения) доверительная вероятность принимается равной 0,9. Если известен весь набор исходной информации об объекте в условиях выброса, то Рг=0,5. Во всея остальных случаях Рг=0,75.



; Рис. 2.2. Схема распространения первичного и вторич­ного облаков СДЯВ

При определении значения φ, кроме того, допол­нительно учитывается время, за которое оценивается значение угла сектора. Данное время отождествляется с временем испарения СДЯВ. И при превышении времени испарения 24 ч оно принимается постоянным, равным 24 ч, а глубина распространения облаков СДЯВ в этом случае оценивается как максимальная среднесуточная.

Схема отображения площадей распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ представлена на рис. 2.2.

Площади района аварии и возможного распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ принято обозначать сплошной линией синего цвета.

Рядом с условным знаком делается надпись синим цветом со сведениями о СДЯВ, его количестве и вре­мени аварии. Площадь района аварии закрашивается желтым цветом.

Пример. Для условий задач подразд. 2.2 и 2.3 определить площади возможного распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ. Время испарения хлора (100 т) при температуре воздуха 0° С 2,9 сут (из поддона).

Решение. 1. Определяют площадь распространения первичного облака. Из условий задачи подразд. 2.2 RА=0,5 км, Г1=7,2 км. Из табл. 2.9 при изотермии и Рг=0,5 φ=12°. Тогда по форму­ле (2.7)

S1= (Г1 + RА)2 φ/60= (7,2+0,5)212/60 =12 км2/

2. Определяют площадь распространения вторичного облака СДЯВ. Из условий задачи подразд, 2.3 А=2 км. Из табл. 2.9 при Рг=0,5ф=3(Р. Тогда

S2= (Г 2+ RА)2 φ/60= (2 + 0,5)230/60=3,1 км2.

Ответ. Площадь распространения первичного облака S1 = 12 км2, вторичного S2=3,l км2