Министерство транспорта Российской Федерации

Федеральное Агентство железнодорожного транспорта

Государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования

Омский государственный университет путей сообщения

цикл «Гражданская оборона и защита в ЧС»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**к выполнению расчетно-графических (контрольных) работ**

**по прогнозированию и оценке обстановки при чрезвычайных ситуациях.**

Омск 2007

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях проводятся для заблаговременного принятия мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, смягчению их последствий, определению сил и средств, необходимых для ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Целью прогнозирования и оценки последствий обстановки чрезвычайных ситуаций является определение размеров зоны чрезвычайной ситуации, степени разрушения зданий и сооруже­ний, а также потерь среди персонала объекта и населения.

Как правило, эта работа проводится в три этапа.

На первом этапе производится прогнозирование последствий наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществляемое для среднестатистических условий (среднегодовые метеоусловия; среднестатистическое распределение населения в домах, на улице, в транспорте, на работе и т. п.; средняя плотность населения и т. д.). Этот этап работы проводится до возникновения чрезвычайных ситуаций.

На втором этапе осуществляется прогнозирование последствий и оценка обстановки сразу же после возникновения источника чрезвычайных ситуаций по уточненным данным (время возникновения чрезвычайной ситуации, метеорологические условия на этот момент и т. д.).

На третьем этапе корректируются результаты прогнозирования и фактической обстановки по данным разведки, предшествующей проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

В настоящем пособии рассматриваются методы прогнозирования последствий опасных явлений, соответствующие первому этапу.

Независимо от источника чрезвычайной ситуации можно выделить шесть основных поражающих факторов, воздействующих на людей, животных, окружающую природную среду, инженерно-технические сооружения и т. д. Это:

— барическое воздействие (взрывы взрывчатых веществ, газовоздушных облаков, технологических сосудов под давлением, взрывы обычных и ядерных средств массового поражения и т. д.);

— термическое воздействие (тепловое излучение при техногенных и природных пожарах, огненный шар, ядерный взрыв и т. д.);

— токсическое воздействие (техногенные аварии на химически опасных производствах, шлейф продуктов горения при пожарах, применение химического оружия, выбросы токсических газов при извержениях вулканов и т. д.);

— радиационное воздействие (техногенные аварии на радиационно-опасных объектах, ядерные взрывы и т. д.);

— механическое воздействие (осколки, обрушения зданий, сели, оползни и т. д.);

— биологическое воздействие (эпидемии, бактериологическое оружие и т. д.).

При прогнозировании последствий опасных явлений, как правило, используют детерминированные или вероятностные методы.

В детерминированных методах прогнозирования определенной величине негативного воздействия поражающего фактора источника чрезвычайной ситуации соответствует вполне конкретная степень поражения людей, инженерно-технических сооружений и т. п.

Так, например, величина избыточного давления на фронте ударной волны Рф = 10 кПа принимается безопасной для человека. При величине избыточного давления на фронте ударной волны Рф > 100 кПа будет иметь место смертельное поражение людей.

При токсическом воздействии такими величинами являются пороговая токсодоза и летальная токсодоза.

Область, ограниченная линией, соответствующей определенной степени негативного воздействия, носит название зоны воздействия этого уровня (летального, среднего, порогового и т. п.).

В действительности при воздействии одной и той же дозы негативного воздействия на достаточно большое количество людей, зданий и сооружений, компонентов окружающей природной среды и т.д. поражающий эффект будет различен и приведенные выше значения соответствуют математическому ожиданию данной степени негативного воздействия.

Другими словами, негативное воздействие поражающих факторов носит вероятностный характер. Величина вероятности поражения (эффект поражения) Рпор (см. табл.П.1\_) измеряется в долях единицы или процентах и определяется, как правило, по функции Гаусса (функции ошибок) через «пробит-функцию» Рr

где f— функция Гаусса; a, b — константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия; D — доза негативного воздействия, равная:

 - при термическом воздействии;

 - при барическом воздействии;

 - при токсическом воздействии;

- при радиационном воздействии;

Здесь q — плотность теплового потока, — время воздействия; Рф — избыточное давление на фронте ударной волны; I+ — импульс фазы сжатия ударной волны;

С — концентрация, токсиканта; DЭф — эффективная доза ионизирующего излучения; n — показатель степени.

Поскольку чрезвычайные ситуации природного характера и техногенные чрезвычайные ситуации имеют свою специфику, рассмотрим методики прогнозирования их последствий раздельно.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА**

Основными характеристиками землетрясений являются магнитуда и интенсивность.

Магнитуда землетрясения является мерой общего количества энергии, излучаемой при сейсмическом толчке в форме упругих волн, в гипоцентре землетрясения, расположенном в очаге землетрясения на глубине до 730 км. Проекция гипоцентра на поверхность земли определяет эпицентр землетрясения, вокруг которого располагается область, называемая эпицентральной и испытывающая наибольшие колебания грунта.

Интенсивность землетрясения определяется величиной колебания грунта на поверхности земли. Интенсивность в разных пунктах наблюдения различна, однако магнитуда у толчка только одна.

Сила землетрясения исчисляется в баллах, причем, обычно применяют либо шкалу Рихтера, использующую величину магнитуды (1 < М < 9), либо международную шкалу MSK (или близкую к ней шкалу Меркалли), использующие величину интенсивности землетрясения (1 < J< 12).

Землетрясения в зависимости от интенсивности колебаний грунта на поверхности земли классифицируются следующим образом: слабые (1—3 балла); умеренные (4 балла), довольно сильные (5 баллов); сильные (6 баллов); очень сильные (7 баллов); разрушительные (8 баллов); опустошительные (9 баллов); уничтожающие (10 баллов); катастрофические (11 баллов); сильно катастрофические (12 баллов).

Интенсивность землетрясение J (R) определяется по формуле

; (5.3)

где R- расстояние от эпицентра землетрясения, км; h – глубина гипоцентра землетрясения, км;

М - магнитуда землетрясение, равная:

; (5.4)

где Zm – амплитуда земных колебаний, мкм.

Реальная интенсивность (Jреал) землетрясения и степень разрушения зданий и сооружений будет зависеть от типа грунта как под застройкой, так и на остальной окружающей местности:

; (5.5)

Где Jпост – приращение балльности для грунта ( по сравнению с гранитом), на котором построена здание; Jо.м. – приращение балльности для грунта в окружающей местности (табл. 5.1)

ЗНАЧЕНИЕ Jпост,  J о.м

Таблица 5.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип грунта |  Jпост,  J о.м | Тип грунта | Jпост,  J о.м |
| Гранит | 0 | Песчаные | 1,6 |
| Известняк | 0,52 | Глинистые | 1,61 |
| Щебень, гравий | 0,92 | Насыпные рыхлые | 2,6 |
| Полускальные грунты | 1,36 |  |  |

Все здания и типовые сооружения традиционной постройки (без антисейсмических мероприятий) подразделяются на три группы, каждой из которых свойственна определенная сейсмостойкость (табл. 5.2).

Классификация зданий и сооружений по сейсмостойкости (Jc)

Таблица 5.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа | Характеристика здания | Jс, баллы |
| А | А1 | Здания со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из скатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т. п. | 4 |
| А2 | Здания со стенами из самана или сырцового кирпича; с каменными, кирпичными или бетонными фундаментами; выполненные из рваного камня на известковом, цементном или сложном растворе с регулярной кладкой в углах; выполнение из пластового камня на известковом, цементном или сложном растворе; выполненные из кладки типа «мидис»; здания с деревянным каркасом с заполнением из самана или глины, с тяжелыми земляными или глиняными крышами; сплошные массивные ограды из самана или сырцового кирпича и т. п. | 4,5 |
| Б | Б1 | Здания с деревянным каркасом с заполнением из самана или глины и легкими перекрытиями | 5 |
| Б2 | Типовые здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни | 5,5 |
| В | В1 | Деревянные дома, рубленные «в лапу» или «в обло» | 6 |
| В2 | Типовые железобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные дома; железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т. п. | 6,5 |
| С | С1 | Типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов | 7 |
| С2 | То же для расчетной сейсмичности 8 баллов | 8 |
| С3 | То же для расчетной сейсмичности 9 баллов | 9 |

Примечание. При сочетании в одном здании признаков двух или трех типов здание в целом следует относить к слабейшему из них.

Состояние зданий и сооружений после землетрясения оцени­вается степенью повреждения I (табл. 5.3).

Степени (I) разрушений зданий при землетрясениях

Таблица 5.3

|  |  |
| --- | --- |
| Степень | Характеристика повреждений |
| 0Отсутствие видимых повреждении | Сотрясение здания в целом; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки |
| 1Слабые повреждения | Слабые повреждения материала и неконструктивных элементов здания: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют.Для ликвидации повреждений достаточен текущий ремонт здания |
| 2Умеренные повреждения | Значительные повреждения материала и неконструктивных элементов здания, падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб, падание отдельных черепиц. Слабые повреждения несущих конструкций: тонкие трещины в несущих стенах, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей.Для ликвидации повреждений необходим капитальный ремонт здания |
| 3Тяжелыеповреждения | Разрушения неконструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса.Возможен восстановительный ремонт здания |
| 4Частичное разрушение | Частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих стенах; разрывы стыков и узлов каркаса; нарушение связей между частями здания; обрушение отдельных панелей перекрытия; обрушение крупных частей здания |
| 5Обвал | Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания с потерей его формы |

Примечание. В зданиях, возведенных с антисейсмическими мероприятиями, при оценке степени повреждения учитываются только повреждения несущих элементов конструкций.

Люди, находящиеся в момент землетрясения внутри зданий, поражаются преимущественно обломками строительных конструкций. Вероятность общих (Робщ) и безвозвратных {Рбезв) потерь в зависимости от степени повреждения зданий представлена в табл. 5.4.

Вероятность общих () и безвозвратных() потерь.

Таблица 5.4

|  |  |
| --- | --- |
| Вероятность потерь | Степень разрушения зданий (I) |
| 0, 1, 2 | 3 | 4 | 5 |
|  | 0 | 0,05 | 0,5 | 0,95 |
|  | 0 | 0,01 | 0,17 | 0,65 |

Для группы однотипных зданий в зависимости от их сейсмостойкости Jс и реальной интенсивности землетрясения Jреал может быть найдена осредненная степень разрушения (табл. 5.5), которая используется для приближенной оценки потерь населения, нахо­дящегося в этих зданиях, по данным табл. 5.4.

Зависимость осредненной степени разрушения однотипных зданий (Iср) от приведенной интенсивности (Jреал – Jс) землетрясения

Таблица 5.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Jреал – Jс | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Iср | 0,1 | 0,50 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 4,9 |

Так как степени разрушения зданий тоже являются случайными величинами (см. табл. П.2), поэтому более точно потери населения с учетом данных табл. 5.4 следует оценивать по их математическим ожиданиям. Для этого сначала вычисляются вероятности людских потерь различных видов (структура потерь) по формулам:

вероятность общих потерь населения

 (5.6)

вероятность безвозвратных потерь населения

 (5.7)

Вероятность санитарных потерь населения

 (5.8)

где - вероятность получения зданиями степеней поражения от 3….5 (см. табл. 5.4)

Далее, учитывая, что по своей физической сущности величины Робщ, Рбезв и Рсан представляют собой относительные потери населения, под которыми понимают отношение численности пострадавшего населения (по видам поражения) в зданиях к его общей численности в них, то абсолютные потери населения в зданиях при землетрясении определяются по формулам:

 (5.9)

где Nобщ,, Nбезв, Nсан - абсолютные общие , безвозвратные и санитарные потери;

Nз – численность населения, находящегося в зданиях.

Бескаркасные здания из местного материала без фундамента на песчаном грунте.

Так как грунт, на котором построены эти здания, и грунт окружающей местности одинаков, то приращение балльности Jпост и Jо.м (см. табл. 5.1) одинаково, и для песчаного грунта составляет 1,6, поэтому

 (балла).

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости Jс = 4 (см. табл. 5.2),

Jреал — Jс= 7,3 — 4 = 3,3 и, согласно табл. 5.5, Iср = 2,8. При I=Iср = 2,8 3 вероятность общих потерь населения в домах рассматриваемого типа при условии, что все дома получат третью степень разрушения, по данным табл. 5.4. составит = 0,05, а безвозвратных — = 0,01.

Для более точного определения структуры потерь населения по табл. П.2 по разности величин Jреал — Jс3,3 (принимаем Jреал — Jс 3,0) находим вероятность возникновения различных степеней повреждения зданий: для первой степени = 0,1; для второй степени = 0,3; для третьей степени = 0,5 и для четвертой = 0,1. Далее по формулам (5.6)—(5.8) находим структуру потерь:

Примем для определенности, что землетрясение произошло ночью, когда 94% населения (табл. П.3.1) находится в жилых домах, и в бескаркасных зданиях из местных материалов проживает 20% жителей населенного пункта (N3= 0,94 • 0,2 • 50 000 = 9 400 человек).

Тогда по формулам (5.9):

 (чел.);

 (чел.);

 (чел.).

Кирпичные малоэтажные здания на полускальных грунтах.

Так как грунт, на котором построены эти здания, полускальный, то приращение балльности для грунта (по сравнению с гранитом), на котором построено здание, составляет =1,36 (см. табл. 5.1), а приращение балльности для песчаного грунта в окружающей местности составляет 1,6 поэтому

 (балла).

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости Jс = 5,5 (см. табл. 5.2), тогда Jреал – Jс = 7,54 - 5,5 = 2,04, и, согласно табл. 5.5, Iср = 1,5. При I= Iср — 1,5 < 2 вероятности общих и безвозвратных потерь населения в домах рассматриваемого типа при условии, что все дома получат разрушения не более 2 степени, по данным табл. 5.4 составят и , т. е. люди не пострадают.

В соответствии с данными табл. П.2 по разности величин Jреал — Jс = 2,04

(принимаем Jреал — Jс 2) находим вероятность возникновения различных степеней повреждения зданий: для первой степени ; для второй степени ; для третьей степени.

Крупнопанельные здания, построенные на полускальных грунтах.

Так как грунт, на котором построены эти здания, полускальный, то приращение балльности для грунта (по сравнению с гранитом), на котором построено здание, составляет

Jпост = 1,36 (см. табл. 5.1), а приращение балльности для песчаного грунта в окружающей ме­стности Jо.м составляет 1,6, поэтому

 (балла).

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости Jс = 6,5 (см. табл. 5.2), тогда Jреал – Jс = 7,54 - 6,5 = 1,04 и, согласно табл. 5.5, Iср = 0,5. При I= Iср = 0,5 < 2 люди не пострадают (см. табл. 5.4).

Легко убедиться в том (см. табл. П.2), что при Jреал – Jс = 1,04 40% зданий рассматриваемого типа вообще не получит повреждений, 50% зданий получит повреждения первой степени, 10% —второй.

Таким образом, наибольшую опасность представляют бескар­касные здания без фундамента из местных материалов, жители которых могут серьезно пострадать.

Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях природного характера осуществляется с использованием специальных методик и рекомендаций , часть некоторых из них изложена в данной методичке и в учебном пособии «Безопасность жизнедеятельности в ЧС природного и техногенного характера»- М.;Высш. шк.,2006г. В.А. Акимов, Ю.Л.Воробьев.

# Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях техногенного характера

При заблаговременном прогнозировании обстановки в чрезвычайных ситуациях техногенного характера, как правило, принимают следующие допущения

— рассматривают негативные события (источники чрезвычайных ситуаций), наносящие наибольший ущерб;

— масса (объем) выброса (сброса) вещества (энергии) при техногенной аварии соответствует максимально возможной величине или объему наибольшей емкости;

— метеоусловия (класс устойчивости атмосферы, скорость и направление ветра, температура воздуха, влажность и т. п.) принимаются наиболее благоприятными (инверсия, скорость ветра 1 м/с, температура 20°С) для распространения пыле-паро-газово-го облака (радиоактивного, токсического, взрывоопасного);

— распределение населения в домах, на улице, в транспорте, на производстве принимается соответствующим среднестатистическому, с равномерной плотностью населения (персонала) в пределах населенного пункта (объекта экономики).

Рассмотрим методы прогнозирования последствий некоторых техногенных аварий.

Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, связанных со взрывами.

Прогнозирование обстановки при взрывах заключается в определении размеров зон возможных поражений, степени поражения людей и разрушения объектов. Для этого обычно используют один из двух методов прогнозирования последствий взрывов: детерминированный (упрощенный) и вероятностный.

При детерминированном способе прогнозирования поражающий эффект ударной волны определяется избыточным давлением во фронте ударной волны Рф (кПа), в зависимости от величины которого находятся степени поражения людей:

Рф, кПа Менее 10 10-40 40-60 60-100 Более 100

Степень Безопасное Легкая Средняя (крово- Тяжелая Смертельное поражения людей избыточное давление (ушибы.,потеря слуха) течения, вывихи, (контузии) поражение сотрясения мозга) и степени разрушения зданий (табл. 5.19)

Избыточное давление во фронте ударной волны Рф (кПа), при котором происходит разрушение объектов

Таблица 5.19

|  |  |
| --- | --- |
| Объект | Разрушение |
| полное | сильное | среднее | слабое |
| Здания жилые: |  |  |  |  |
| кирпичные многоэтажные | 30…40 | 20…30 | 10…20 | 8…10 |
| кирпичные малоэтажные | 35…45 | 25…35 | 15…25 | 8…15 |
| деревянные | 20…30 | 12…20 | 8…12 | 6…8 |
| Здания промышленные: |  |  |  |  |
| с тяжелым металлическим или ж/б каркасом | 60…100 | 40…60 | 20…40 | 10…20 |
| с легким металлическим каркасом или бескаркасные | 80…120 | 50…80 | 20…50 | 10…20 |
| Промышленные объекты: |  |  |  |  |
| ТЭС | 25…40 | 20…25 | 15…220 | 10…15 |
| котельные | 35…45 | 25…35 | 15…25 | 10…15 |
| трубопроводы наземные | 20 | 50 | 130 | - |
| трубопроводы на эстакаде | 20…30 | 30…40 | 40…50 | - |
| трансформаторные подстанции | 100 | 40…60 | 20…40 | 10…20 |
| ЛЭП | 120…200 | 80…120 | 50…70 | 20…40 |
| водонапорные башни | 70 | 60…70 | 40…60 | 20…40 |
| станочное оборудование | 80…100 | 60…80 | 40…60 | 25…40 |
| кузнечно-прессовое оборудование | 200…250 | 150…200 | 100…150 | 50…100 |
| Резервуары, трубопроводы: |  |  |  |  |
| стальные наземные | 90 | 80 | 55 | 35 |
| газгольдеры и емкости ГСМ и химических веществ | 40 | 35 | 25 | 20 |
| частично заглубленные для нефтепродуктов | 100 | 75 | 40 | 20 |
| подземные | 200 | 150 | 75 | 40 |
| автозаправочные станции | - | 40…60 | 30…60 | 20…30 |
| перекачивающие и компрессорные станции | 45…50 | 35…45 | 25…45 | 15…25 |
| Резервуарные парки (заполненные) | 90…100 | 70…90 | 50…80 | 20…40 |
| Транспорт: |  |  |  |  |
| металлические и ж/б мосты | 250…300 | 200…250 | 150…200 | 100…150 |
| ж/д пути | 400 | 250 | 175 | 125 |
| Тепловозы с массой до 50 т | 90 | 70 | 50 | 40 |
| цистерны | 80 | 70 | 50 | 30 |
| вагоны цельнометаллические | 150 | 90 | 60 | 30 |
| вагоны товарные деревянные | 40 | 35 | 30 | 15 |
| автомашины грузовые | 70 | 50 | 35 | 10 |

Примечания: слабые разрушения — повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов. Ущерб—10—15% от стоимости здания; средние разрушения — разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей. Ущерб — 30—40%; сильные разрушения — разрушение несущих конструкций и перекрытий. Ущерб — 50%. Ремонт нецелесообразен; полное разрушение — обрушение зданий.

При вероятном способе прогнозирования поражающее действие ударной волны определяется как избыточным давление на фронте ударной волны Рф (кПа), так и импульсом фазы сжав ударной волны I+ (кПа \* с).

Степень поражения (разрушения) Рпор (%) (см. табл. П. 1) опре­деляется в зависимости от пробит-функции Рr, являющейся функ­цией Рф (кПа) и I+ (кПа \* с) (табл. 5.20).

Выражение пробит-функций для разных степеней поражения (разрушения)

Таблица 5.20

|  |  |
| --- | --- |
| Степень поражения(разрушения) | Пробит-функция |
| Поражение человека |
| 1. Разрыв барабанных перепонок | Рr = -12,6 + 1,524 ln Рф |
| 2. Контузия | Рr = 5 – 5,74 ln{4,2/(1 + Pф/Ро + 1,3/[I+/()]},где m – масса тела, кг |
| 3. Летальный исход | Рr = 5 – 2.44 ln [7,38/Pф + 1,9\*103/(РфI+)] |
| Разрушение зданий |
| 1. Слабые разрушения | Pr = 5 – 0,26 ln [(4,6/Pa)3,9 + (0,11/I+)5,0] |
| 2. Средние разрушения | Pr = 5 – 0,26 ln [(17,5/Pa)8.4 + (0,29/I+)9,3] |
| 3. Сильные разрушения | Pr = 5 – 0,22 ln [(40/Pa)7,4 + (0,26/I+)11,3] |

При полном разрушении зданий под действием взрыва образу­ются завалы, форма и размеры которых зависят от размеров здания и особенностей взрыва. При взрыве внутри здания обломки разле­таются во все стороны равномерно, а при взрыве вне здания — смещаются в направлении распространения ударной волны (рис. 5.4).

При сильном разрушении зданий можно принять, что объем завалов составляет примерно 50% объема завалов при полном раз­рушении здания.

При приближенных оценках размеры завалов, образующихся при взрыве внутри здания размером ABE, можно определить по формулам:

длина завала А (м)

 (5.42)

ширина завала Взав (м)

 (5.43)

где L – дальность разлета обломков, принимается равной половине высоты здания (L =H/2).

При внешнем взрыве размеры завала определяют по формулам

 (5.44)

 (5.45)

Для определения высоты завала h (м) используется формула

 (5.46)

где — удельный объем завала на 100 м3 строительного объема зда­ния (табл. 5.21);

— константа, равная k = 2 — для взрыва вне зда­ния и k =2,5 — для взрыва внутри здания.

Объемно- массовые характеристики завалов

Таблица 5.21

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип здания | Пустотность, м3/100 м3 | Удельный объем ,м3 / 100м3 | Объёмный вес , т / м3 |
| Производственные здания |
| Одноэтажное легкого типа | 40 | 14 | 1,5 |
| Одноэтажное среднего типа | 50 | 16 | 1,2 |
| Одноэтажное тяжелого типа | 60 | 20 | 1,0 |
| Многоэтажное | 40 | 21 | 1,5 |
| Смешанного типа | 45 | 22 | 1,4 |
| Жилые здания бескаркасные |
| Кирпичное | 30 | 36 | 1,2 |
| Мелкоблочное | 30 | 36 | 1,2 |
| Крупноблочное | 30 | 36 | 1,2 |
| Крупнопанельное | 40 | 42 | 1,1 |
| Жилые здания каркасные |
| Со стенами из навесных панелей | 40 | 42 | 1,1 |
| Со стенами из каменных материалов | 40 | 42 | 1,1 |

Примечания: 1. Пустотность завала () — объем пустот на 100 м3 завала, м3. 2. Объемный вес завала () — вес 1 м3 завала, т/м3

Для ориентировочного определения безвозвратных потерь Nбезв (чел) населения (персонала) вне зданий и убежищ можно ис­пользовать формулу

, (5.47)

где Р – плотность населения (персонала), тыс. чел. /км2; Gтнт- тротиловый эквивалент, т.

Санитарные потери Nсан (чел.) принимаются равными

 (5.48)

а общие потери Nобщ ( чел.)

 (5.49)

Для ориентировочного определении потерь людей, находя­щихся в зданиях, в зависимости от степени их разрушения можно использовать следующие формулы:

 (5.50)

 (5.51)

 (5.52)

где Ni — количество персонала в i-м здании, чел.; n — число зда­ний (сооружений) на объекте; — общие потери при разруше­нии i-го здания; К1i, K2i — коэффициенты для нахождения потерь в i-м здании, определяемые по табл. 5.22.

Значения коэффициентов К1, К2

Таблица 5.22

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Степень разрушения зданий | К1 | К2 |
| Слабая | 0,08 | 0,03 |
| Средняя | 0,12 | 0,09 |
| Сильная | 0,8 | 0,25 |
| Полная | 1 | 0,3 |

Взрыв конденсированных ВВ.

Для определения зависимости избыточного давления на фронте ударной волны Рф (кПа) от рас­стояния R (м) до эпицентра взрыва конденсированного взрывча­того вещества наиболее часто используют формулу М.А. Садов­ского для наземного взрыва при условии 1 R 100:

 (5.53)

Величину импульса фазы сжатия I+ (кПа \* с) на расстоянии R (м) от эпицентра взрыва для ориентировочных расчетов можно определить по приближенной формуле

 (5.55)

Здесь GТНТ — тротиловый эквивалент, равный массе тринитро­толуола (тротила), при взрыве которой выделяется такое же коли­чество энергии, как и при взрыве рассматриваемого взрывчатого вещества G, кг. Величина GТНТ (кг) определяется по формуле (5.55)

Где и - энергии взрывов, соответственно, рассматриваемого взрывчатого вещества и тротила, кДж/кг, приведенные в табл. 5.23.

Энергии взрыва (кДж)/кг конденсированных взрывчатых веществ

Таблица 5.23

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Взрывчатое вещество |  | Взрывчатое вещество |  |
| Индивидуальные: |  | Смеси: |  |
| тротил (ТНТ) | 4520 | Амматол 80/20 (80% нитрата + 20% ТНТ) | 2650 |
| гексоген | 5360 |
| октоген | 5860 | 60% нитроглицериновый динамит | 2710 |
| нитроглицирин | 6700 |
| тетрил | 4500 | торпекс (42%гексогена + 40% ТНТ + 18% Al ) | 7540 |
| гремучая ртуть | 1790 | Пластическое ВВ (90% нитроглицерина + 8% нитроцеллюлозы + 1% щелочи + 0,2 % H2O) | 4520 |

**Взрыв парогазовоздушного облака в неограниченном пространстве**

Парогазовоздушные (ПГВ) облако образуется при авариях в системах переработки, транспортировки и хранения перегретых жидкостей и сжатых газов, а также при испарении разлившейся горючей жидкости (нефть, бензин и т. п.).

При аварии агрегата, содержащего горючие жидкости или газы, принимается, что все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство и одновременно происходит утечка вещества из подводящего и отводящего трубопроводов в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов (табл. 5.24).

Расчетное время отключения трубопроводов

Таблица 5.24

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика системы автоматики | Расчетное время отключения, с |
| Вероятность отказов менее 10-6 год-1 или обеспечено резервирование ее элементов | Менее 120 |
| Вероятность отказов менее 10-6 год-1 или не обеспечено резервирование ее элементов | 120 |
| Ручное отключение | 300 |

Масса газа mг (кг), поступившего в окружающее пространство при аварии аппарата, равна

 (5.56)

где Vа = 0,01P1V1 — объем газа, вышедшего из аппарата, м3; Р1 -давление в аппарате, кПа; V1 — объем аппарата, м3; Vт = Vт1 + Vт2 - объем газа, вышедшего из трубопровода, м3; Vт1 = — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м3; — расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газа и т. п., м3 /с;

— время, определяемое по табл. 5.24; — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м3 ; Р2 — максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа; — внутренний! радиус -го участка трубопровода, м; — длина -го участка трубопровода от аварийного аппарата до задвижек, м; n — число поврежденных участков трубопровода; — плотность паров газа, кг/м3.

При аварии аппарата с жидкостью часть жидкости может находиться в виде пара, вырывающегося при аварии в окружающее пространство, образуя первичное облако. Оставшаяся часть жидкости разливается либо внутри обваловки (поддона), либо на грун­те с последующим испарением с зеркала разлива с образованием вторичного облака.

Масса пара в первичном облаке mп,1 (кг) равна

 (5.57)

где — объемная доля оборудования, заполненная газовой фазой; (Па), и (Па) — то же, что и в формуле (5.56); — температура жидкости в аппаратуре, К; М— молекулярная масса жидкости, кг/кмоль; R — универсальная газовая постоянная газа, равная 8310 Дж/(К \* кмоль).

Если разлившаяся жидкость имеет температуру Тж выше, чем температура кипения Ткип и температура окружающей среды то она кипит за счет перегрева с образованием пара с массой (кг)

, (5.58)

где - удельная теплота кипения жидкости при температуре перегрева , Дж/кг; Ср — удельная теплоемкость жидкости при температуре перегрева Тж, Дж/(кг\*К); — масса перегретой жидкости, кг.

Разлившаяся жидкость с температурой Тж < TКИП испаряется с образованием пара массой (кг) во вторичном облаке

 ( 5.59)

где W— интенсивность испарения жидкости, кг/(м \* с); — площадь испарения (разлива), м2, равная площади обваловки (поддона) или площади поверхности, занимаемой разлившейся жидкостью исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержа­щих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на 0,1 м2, остальные жидкости на 0,15 м2 ; ИСП — время испарения разлив­шейся жидкости, с, равное либо времени полного испарения , либо ограничиваемое временем 3600 с, в тече­ние которых должны быть приняты меры по устранению аварии.

Интенсивность испарения разлившейся жидкости W, кг/(м2 \* с), определяется по справочным или экспериментальным данным. Например, согласно документу НПБ 107-97 при обосновании взрывопожарной опасности наружных установок для ненагретых легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) используется формула

 (5.60)

где - давление насыщенного пара, кПа, определяемое по формуле

 (5.61)

Поступающий в окружающее пространство горючий газ или пар ЛВЖ массой или (кг) образует взрывоопасное облако, горизонтальные размеры которого ограничены линией, соответствующей нижнему концентрационному пределу распространения пламени Снкпр (кг/м3) (табл. 5.25). При этом радиус облака Rнкпр (м) определяется по формулам:

для горючих газов

 (5.62)

Характеристики взрываемости некоторых газов (паров)

Таблица 5.25

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | M,кг / кмоль | кДж/кг газа | ,кДж / кг газовоздушной смеси | Пределы взрываемости (НКПР/ВКПР) | кг / м3 | об., % |
| % | кг/м3 |
| Аммиак NH3 | 15 | 16 600 | 2370 | 15 / 18 | 0.11 / 0.28 | 1.18 | 19.72 |
| Ацетон C3H6O | 58 | 28 600 | 3112 | 2.2 / 13 | 0.052 / 0.31 | 1.21 | 4.99 |
| Ацителен C2H2 | 26 | 48 300 | 3387 | 2 / 81 | 0.021 / 0.86 | 1.278 | 7.75 |
| Бутан C4H10 | 58 | 45 800 | 2776 | 1.9 / 9.1 | 0.045 / 0.22 | 1.328 | 3.13 |
| Бутадиен C4 H8 | 56 | 47 000 | 2892 | 2 / 11.5 | 0.044 / 0.26 | 1.329 | 3.38 |
| Бензол C6H6 | 78 | 40 600 | 2973 | 1.4 / 7.1 | 0.045 / 0.23 | 1.350 | 2.84 |
| Бензин | 94 | 46 200 | 2973 | 1.2 / 7 | 0.04 / 0.22 | 1.350 | 2.10 |
| Водород H2 | 2 | 120 000 | 3425 | 4 / 75 | 0.0033 / 0.06 | 0.933 | 29.59 |
| Метан CH4 | 16 | 50 000 | 2763 | 5 / 15 | 0.033 / 0.1 | 1.232 | 9.45 |
| Оксид углеродаCO | 28 | 13 000 | 2930 | 12.5 / 74 | 0.14 / 0.85 | 1280 | 29.59 |
| Пропан C3H8 | 44 | 46 000 | 2801 | 2.1 / 9.5 | 0.038 / 0.18 | 1.315 | 4.03 |
| Этилен C2 H4 | 28 | 47 200 | 2922 | 3 / 32 | 0.034 / 0.37 | 1280 | 4.46 |

Примечание: НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени;

ВКПР – верхний концентрационный предел распространения пламени.

для паров ненагретых ЛВЖ

 (5.63)

Плотность газа (пара) (кг/м3) определяется по формуле

 (5.64)

где — мольный объем, равный 22,4 м3/кмоль; — расчетная температура, °С, принимаемая равной максимально возможно температуре воздуха в соответствующей климатической зоне. При отсутствии соответствующих данных допускается принимать равной 61°С.

Внутренние границы ПГВ облака определяются внешними га­баритными размерами аппаратов, резервуаров, установок и т. п. Во всех случаях R НКПР принимается не менее 0,3 м.

При расчете избыточного давления на фронте ударной волны при взрыве ПГВ облака принимают, что внутри облака имеется зона детонационного взрыва радиусом R0:

 (5.65)

где k — коэффициент, зависящий от способа хранения горючего вещества (1 — для газа; 0,6 — для сжиженного газа под давлением; 0,1 —для сжиженного газа при пониженной температуре (изотермическое хранение); 0,06 — аварийный разлив ЛВЖ); — стехиометрическая концентрация газа в смеси, объемные % (см.табл. 5.25).

В пределах зоны детонационного взрыва Рф = 1750 кПа.

Избыточное давление Рф (кПа) на фронте ударной волны, об­разующейся при взрыве ПГВ облака, равно

 (5.66)

 (5.67)

где mПР — приведенная масса пара или газа, участвующих во взрыве, кг; R — расстояние от эпицентра взрыва, м; и — соответственно энергии взрыва газа (пара) и тротила (тринитротолуола), кДж/кг (значение приведено в табл. 5.23, а значения энергий взрыва некоторых газов (паров) — в табл. 5.25); Z— коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1.

Величина импульса волны давления I+ (кПас \* с) вычисляется по формуле

 (5.68)

**Взрыв парогазовоздушного облака в ограниченном пространстве**

При авариях с технологической аппаратурой, содержащей горючие газы и жидкости, но находящейся в ограниченном пространстве, масса поступающих в помещение горючих газов (ГГ), горючих (ГЖ) и легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) определяют по формулам (5.57) и (5.58).

Массу паров ГЖ, поступающих в помещение при испарении разлившейся жидкости, находят по формуле (5.59), в которой пло­щадь испарения F{u2) определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих по массе 70% и менее растворителей разливается по площади 0,5 м2 пола помещения, а остальных жидкостей — на 1 м2 пола помещения. Длительность испарения (с) принимается равной времени полного испарения, но не более 3600 с.

Интенсивность испарения разлившейся жидкости в помещении Wкг / (m2 \* с), согласно НПБ-105-95, определяется по формуле

где — коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения (табл. 5.26); М- молекулярная масса жидкости, кг/моль; Р нас. — по формуле (5.61), кПа.

Значение коэффициента

Таблица 5.26

|  |  |
| --- | --- |
| Скорость воздушного потока, м/с | Температура в помещении t, 0C |
| 10 | 15 | 20 | 30 | 35 |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 0, 1 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 1,8 | 1,6 |
| 0, 2 | 4,6 | 3,8 | 3,5 | 2,4 | 2,3 |
| 0, 5 | 6,6 | 5,7 | 5,4 | 3,6 | 3,2 |
| 1, 0 | 10,0 | 8,7 | 7,7 | 5,6 | 4,6 |

Избыточное давление взрыва Рф (кПа) для индивидуальный горючих веществ, состоящих из атомов углерода, водорода, кислорода, хлора, брома и фтора, определяется по формуле

 (5.69)

где: — максимальное давление взрыва стехиометрической газо- или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемой по справочным данным (при отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа); — начальное давление, принимаемое равным 101,3 кПа; m — масса горючего газа или паров ЛВЖ в помещении, кг; Z — коэффициент участия горючего во взрыве, принимаемый равным 1 для водорода, 0,5 — для других горючих газов, 0,3 — для паров ЛВЖ и ГЖ; Vсв — свободный объем помещения, м3 (можно принять равным 80% помещения); — плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м3 ; — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатность процессов горения, принимаемый равным 3; С СТХ – стехиометрическая концентрация горючего, % об., вычисляемая по формуле

 (5.70)

где стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения число атомов углерода, водорода, кислорода и галоидов в молекуле горючего).

**Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся пожарами**

Основным поражающим факторам пожаров является термическое воздействие, обусловленное тепловым излучением пламени.

Термическое воздействие определяется величиной плотности потока поглощенного излучения qПОГЛ (кВт/м2) и временем теплового излучения (с).

Плотность потока поглощенного излучения qПОГЛ связана с плотностью потока падающего излучения qПАД соотношением qПОГЛ = qПАД, где - степень черноты (поглощательная способность) тепловоспринимающей поверхности. Чем ниже степень черноты (больше отражательная способность), тем меньше при прочих равных условия величина qПОГЛ (далее q, кВт/м2).

Человек ощущает сильную (едва переносимую) боль, когда температура верхнего слоя кожи превышает 45 °С. Время достижения «порога боли» (с) определяется по формуле (5.71)

Различают три степени термического ожога кожи человека (табл. 5.27).

Характеристики ожогов кожи человека

Таблица 5.27

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Степень ожога | Повреждаемый слой | Характеристика | Доза воздействия, кДж/м2 |
| I | Эпидермис | Покраснения кожи | Менее 42 |
| II | Дерма | Волдыри | 42-84 |
| III | Подкожный слой | Летальный исход при поражении более 50% кожи | Более 84 |

Время воспламенения горючих материалов (с) при воздействии на них теплового потока плотностью q (кВт/м2) определяется по формуле

 (5.72)

где qкр — критическая плотность теплового потока, кВт/м2; А, n — константы для конкретных материалов (например, для древесины A = 4300, n = 1,61).

Значения qкр для разных материалов и результаты расчета по формуле (5.72) приведены в табл. П.6.

Особенно опасным является нагрев резервуаров с нефтепродуктами, которые могут воспламеняться при воздействии теплового излучения (табл. 5.28).

Время воспламенения резервуара с нефтепродуктами в зависимости от величины плотности потока теплового излучения q

Таблица 5.28

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| q, кВт/м2 | 34,9 | 27,6 | 24,8 | 21,4 | 19,9 | 19,5 |
|  | 5 | 10 | 15 | 20 | 29 | Более 30 |

При применении вероятностного подхода к определению поражающего фактора теплового воздействия на человека значения Рпор определяют по табл. П. 1 с использованием для случая летального исхода при термическом поражении следующее выражение для пробит-функции Рr:

 (5.73)

Время термического воздействия (с) для случаев пожара разлития и горения здания (сооружения, штабеля и т. п.) равно

 (5.74)

где — характерное время обнаружения пожара (допускается принимать 5 с); х — расстояние от места расположения человека до зоны, где плотность потока теплового излучения не превышает 4 кВт/м2, м; и — скорость движения человека (допускается принимать 5 м/с).

Для случая огненного шара время термического воздействия принимается равным времени существования огненного шара.

**Пожар разлития**

При нарушении герметичности сосуда, содержащего сжиженный горючий газ или жидкость, часть (или вся) жидкости может заполнить поддон или обваловку, растечься по

поверхности грунта или заполнить какую-либо естественную впадину.

Если поддон или обваловка имеют вертикальный внутренний откос, то глубину заполнения h (м) можно найти по формуле:

 (5.75)

где масса и плотность разлившейся жидкости; FПОД –площадь поддона.

При авариях в системах, не имеющих защитных ограждений, происходит растекание жидкости по грунту и (или) заполнение естественных впадин. Обычно при растекании на грунт площадь разлива ограничена естественными и искусственно созданными границами (дороги, дренажные канавы и т. п.), а если такая информация отсутствует, то принимается толщина разлившегося слоя, равной h = 0,05 м, и определяют площадь разлива Fpaз (м2) по формуле

 (5.76)

Отличительной чертой пожаров разлития является «накрытие» (рис. 5.6.) с подветренной стороны, которое может составлять 25—50% диаметра обвалования

Пламя пожара разлития при расчете представляется в виде на­клоненного по направлению ветра цилиндра конечного размера (см. рис. 5.6), причем угол наклона зависит от безразмерной ско­рости ветра WВ:

 (5.77)

Геометрические параметры факела пожара разлития находятся по формуле Томаса:

 (5.78)

где Wв = — безразмерная скорость ветра; mВЫГ — массовая скорость выгорания, кг/(м2 \* с); — плотность пара и воздуха, соответственно, кг/м3 ; g — ускорение силы тяжести, м/с2; D — диаметр зеркала разлива, м; — скорость ветра, м/с.

Эмпирические коэффициенты по формуле Томаса (а = 55; b = 0,67 и с = — 0,21) получены по результатам экспериментов, выполненных для широкого диапазона изменения параметров:

Скорость выгорания жидкостей определяют, как правило, экспериментально. Для экспертной оценки скорости выгорания mВЫГ (кг/(м2 \* с)) можно воспользоваться эмпирической формулой

 (5.79)

где — плотность жидкости, кг/м3; — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг; LИСП — скрытая теплота испарения жидкости, Дж/кг, С — коэффициент пропорциональности, значение которого, равное 1,25 \*10-6 м/с, получено путем обработки многочисленных экспериментальных данных по выгоранию большинства органических жидкостей и их смесей (рис. 5.7).

Плотность теплового потока, падающего на элементарную площадку, расположенную на уровне грунта (см. рис. 5.6), (кВт/м2) вычисляется по формуле:

 (5.80)

где — угловой коэффициент излучения с площадки на боковой поверхности пламени пожара разлива на единичную площадку, расположенную на уровне грунта (рис. 5.6), определяемый по графику на рис. 5.8; qСОБ — средняя по поверхности плотность потока собственного излучения пламени кВт/м.3

Для ориентировочных расчетов можно принять следующие значения qСОБ (кВт/м2):

Сжиженный природный газ (метан) – 150…170

Сжиженный нефтяной газ – 50…60

Бензин – 120…140

Нефть – 60…80

Мазут – 50…70

Керосин – 80…00

**Горение парогазовоздушного облака**

Крупномасштабное диффузионное горение парогазовоздушного (ПГВ) облака, реализуемое при разгерметизации резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением, носит название «огненный шар». Плотность теплового потока, падающего с поверхности «огненного шара» на элементарную площадку на поверхности мишени qпад .(кВт/м2), равна

qпад =qсобехр,

где qсоб- платность потока собственного излучения «огненного шара», кВт/м2 (допускается принимать равной 450 кВт/м2);

 - угловой коэффициент излучения с «огненного шара» на единую площадку на облучаемой поверхности; Х – расстояние от точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара» до облучаемого объекта, м; Н – высота центра «огненного шара», м, которую допускается принимать равной 0,5Dэф – эффективный диаметр «огненного шара», м, определяемый по формуле

Dэф= 5,33m0,327,

Где m – масса горючего вещества, кг.

Угловой коэффициент излучения с «огненного шара» на единичную площадку на облучаемой поверхности при Н=0,5Dэф определяется по формуле

.

Время существования «огненного шара» r (с) рассчитывается по формуле

r = 0,92m0,303.

Рассчитав значения qпад и r по формулам (5.81) и (5.84), по формуле

Определяется величина пробит-функции, а по таблице П.1 вероятность летального исхода при термическом поражении Рпор.

Таблица П.1.

Значения пробит-функции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рпор% | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 |  | 2,67 | 2,95 | 3,12 | 3,25 | 3,38 | 3,45 | 3,52 | 3,59 | 3,66 |
| 10 | 3,72 | 3,77 | 3,82 | 3,87 | 3,92 | 3,96 | 4,01 | 4,05 | 4,08 | 4,12 |
| 20 | 4,16 | 4,19 | 4,23 | 4,26 | 4,29 | 4,33 | 4,36 | 4,39 | 4,42 | 4,45 |
| 30 | 4,48 | 4,50 | 4,53 | 4,56 | 4,59 | 4,61 | 4,64 | 4,67 | 4,69 | 4,72 |
| 40 | 4,75 | 4,77 | 4,80 | 4,82 | 4,85 | 4,87 | 4,90 | 4,92 | 4,95 | 4,97 |
| 50 | 5,00 | 5,03 | 5,05 | 5,08 | 5,10 | 5,13 | 5,15 | 5,18 | 5,20 | 5,23 |
| 60 | 5,25 | 5,28 | 5,31 | 5,33 | 5,36 | 5,39 | 5,41 | 5,44 | 5,47 | 5,50 |
| 70 | 5,52 | 5,55 | 5,58 | 5,61 | 5,64 | 5,67 | 5,71 | 5,74 | 5,77 | 5,82 |
| 80 | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,95 | 5,99 | 6,04 | 6,08 | 6,13 | 6,18 | 6,23 |
| 90 | 6,28 | 6,34 | 6,41 | 6,48 | 6,55 | 6,64 | 6,75 | 6,88 | 7,05 | 7,33 |
| 99 | 7,33 | 7,37 | 7,41 | 7,46 | 7,51 | 7,58 | 7,65 | 7,75 | 7,88 | 8,09 |

Таблица П.2.

Вероятность Р13 получения зданиями различной степени повреждения (I)

|  |  |
| --- | --- |
| J-Jк | Степень повреждения |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 0,9 | 0,1 |  |  |  |  |
| 1 | 0,4 | 0,5 | 0,1 |  |  |  |
| 2 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 |  |  |
| 3 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 |  |
| 4 | 0 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0,6 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,9 |

Таблица П.3.1.

Среднесуточное распределение городского населения по месту его пребывания

|  |  |
| --- | --- |
| Времясуток,ч | Место нахождения,% |
| Жилыездания и здания культ-быт. назначения | Произ-водст-венныездания | В транспорте | На улице (открыто) |
| Города с населением (млн.чел.) |
| 0,25-0,5 | 0,5-1,0 | Более 1,0 | 0,25-0,5 | 0,5-1,0 | Более1,0 |
| 1 | 6 | 94 | 6 | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 7 | 74 | 6 | 7 | 9 | 12 | 13 | 11 | 8 |
| 7 | 10 | 22 | 50 | 9 | 11 | 17 | 19 | 17 | 11 |
| 10 | 13 | 28 | 52 | 6 | 7 | 10 | 14 | 13 | 10 |
| 13 | 15 | 45 | 37 | 4 | 4 | 7 | 14 | 14 | 11 |
| 15 | 17 | 27 | 49 | 8 | 9 | 13 | 15 | 15 | 12 |
| 17 | 19 | 45 | 24 | 10 | 12 | 15 | 20 | 18 | 15 |
| 19 | 01 | 77 | 14 | 4 | 4 | 6 | 5 | 5 | 3 |

Таблица П.3.2.

Среднесуточное распределение сельского населения по месту пребывания

|  |  |
| --- | --- |
| Время суток, ч | Место нахождения, % |
| Поле и с/х произ-ва | Жилые помещения |
| днем  | ночью | днем | ночью |
| 1 | 6 | 25 | 10 | 75 | 90 |
| 6 | 7 | 60 | 40 | 40 | 60 |
| 7 | 10 | 75 | 75 | 25 | 25 |
| 10 | 13 | 80 | 80 | 20 | 20 |
| 13 | 15 | 85 | 75 | 15 | 25 |
| 15 | 17 | 85 | 50 | 15 | 50 |
| 17 | 19 | 80 | 40 | 20 | 60 |
| 19 | 01 | 50 | 20 | 50 | 80 |

Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся пожарами и взрывами осуществляется с использованием данной методической разработки и «Руководства по определению зон воздействия опасных аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и АХОВ на объектах железнодорожного транспорта» ( Приложение 3)

**Оценка радиационной обстановки**

**Общие положения**

Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение), и если радиоактивные вещества пополи внутрь человека с воздухом, водой, через открытую рану или другим путем (внутреннее облучение).

Внутреннее и внешнее облучение человека происходит от природных и искусственных источников ионизирующего излучения.

Источник ионизирующего излучения – устройство или радиоактивное вещество, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

Радиационная безопасность населения обеспечивается ограничением воздействия от всех основных видов облучения. Свойства источников и возможности регулирования различных видов облучения существенно разнятся. Поэтому регламентация обеспечения радиационной безопасности производится для каждого источника отдельно с использованием различных методологических подходов и технических способов.

**Радиоактивное загрязнение при разрушении (аварии ) объектов ядерно-топливного цикла и перевозке радиоактивных материалов**

В случае возникновения аварии , при которой облучение людей превысит основные пределы доз от техногенного источника облучения (приведенные в НРБ-99), должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником и сведения к минимуму доз облучения, количества облучаемых лиц из населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды , экономических и социальных потерь, вызванных радиоактивным загрязнением.

Процесс принятия решения по мерам защитных мероприятий (вмешательство)чрезвычайно сложен и включает множество факторов, в том числе и не связанных с радиацией. Обычно к основным факторам относят следующие: масштаб аварии, безопасность проживания, проблемы здравоохранения , стрессы, переселение, низкий уровень доверия и понимания, риск загрязнения водных ресурсов и т.д.

При принятии решения о характере вмешательства руководствуются следующими принципами.

1. Принцип обоснования – предполагаемое вмешательство должно принести обществу и прежде всего облучаемым лицам больше пользы, чем вреда, т.е. уменьшение ущерба в результате снижения дозы должно быть достаточным, чтобы оправдать вред самого вмешательства и затраты на него, в том числе социальные.

2. Принцип оптимизации- форма, масштаб и длительность вмешательства должна быть оптимизированы таким образом , чтобы чистая польза от снижения дозы, т.е. польза от снижения радиационного ущерба за вычетом ущерба, связанного с вмешательством, была максимальной.

Исходя из принципов планирование вмешательства (защитных мероприятий) на случай радиационной аварии, органами Госсанэпиднадзора устанавливаются уровни вмешательства(дозы и мощности доз облучения, уровни радиоактивного загрязнения) применительно к конкретному РОО и условиям его размещения с учетом вероятных типов аварий, сценария развития аварийной ситуации и складывающейся радиационной обстановки.

Срочное вмешательство согласно НРБ-99 требуется, если за двое суток дозы достигают приведенных в таблице уровней, при превышении которых возможны детерминированные эффекты.

Таблица 1.

Прогнозируемые уровни облучения, при которых безусловно

необходимо срочное вмешательство.

|  |  |
| --- | --- |
| орган или ткань | Поглощенная доза в органе или ткани. Гр |
| За 2 суток | Годовая, при хроническомоблучении |
| Все тело | 1 | - |
| легкие | 6 | - |
| кожа | 3 | - |
| Щитовидная железа | 5 | - |
| Хрусталик глаза | 2 | 0,1 |
| гонады | 3 | 0,2 |
| плод | 0,1 | - |
| Красный костный мозг | - | 0,4 |

При хроническом облучении в течении жизни вмешательство обязательно, если годовые поглощенные дозы превышают значения, приведенные в таблице.

В случае крупной аварии решение о мерах защиты населения принимаются по результатам сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, с уровнями А и Б по таблицам 2,3.

Таблица 2.

Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде

радиационной аварии.

|  |  |
| --- | --- |
| Меры защиты | Предотвращаемая доза за первые 10 суток, мГр. |
| На все тело | Щитовидная железа, легкие, кожа. |
| А | Б | А | Б |
| Укрытие | 5 | 50 | 50 | 500 |
| Йодная профилактикаВзрослыеДети | -- | -- | 250\*100\* | 2500\*1000\* |
| Эвакуация | 50 | 500 | 500 | 5000 |

* только для щитовидной железы
*

Таблица 3.

Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

|  |  |
| --- | --- |
| Меры защиты | Предотвращаемая эффективная доза, мЗв |
| Уровень А | Уровень Б |
| Ограничение потребления загрязненных пищевых продуктов и питьевой воды | 5- за первый год, 1/год в последующие годы | 50 – за первый год, 10/год в последующие годы |
| Отселение | 50 за первый год | 500 за первый год |
|  | 1000 – за все время отселения |

Таблица 4.

Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов в первый год после аварии.

|  |  |
| --- | --- |
| Радионуклиды | Содержание радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг |
| Уровень А | Уровень Б |
| Иод-131,Цезий-134, 137 и стронций- 90 | 10,1 | 101,0 |
| Плутоний-238,239,америций-241 | 0,01 | 0,1 |

Если предотвращаемый уровень облучения меньше А, то нет необходимости в мерах защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территорий.

Если уровень предотвращаемого облучения больше А, но меньше, то решение принимается на основании принципов обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Для аварийно-спасательных формирований, осуществляющих спасательные работы, а также для условий боевых действий с применением ядерного оружия ,доза облучения устанавливается:

Однократная (в течении первых четырех суток) – 50Р(0,05Гр);

Многократная: в течении первых 10-30 сут.- 100Р (0,1Гр), в течении трех месяцев-200Р (0,2Гр), в течении года-300Р (0,3Гр).

При выявлении радиационной обстановки решаются следующие задачи:

- определение размеров зон радиоактивного загрязнения местности и отображения ее на картах ( схемах, планах);

- определение размеров зон облучения щитовидной железы детей и взрослого населения за время прохождения облака и отображения его на картах.

**Зонирование загрязненных территорий**

На разных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территории, которое основывается на величине годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствии мер радиационной защиты.

Под годовой дозой – понимается эффективная доза, средняя у жителей населенного пункта за текущий год, обусловленная искусственными радионуклидами, поступившими в окружающею среду в результате радиационной аварии.

На территории, где годовая эффективная доза не превышает 1мЗв, проживание и хозяйственная деятельность населения на данной территории по радиационному фактору не ограничивается.

**Зонирование на восстановительной стадии радиационной аварии**

1. зона радиационного контроля- от 1мЗв до 5мЗв. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, осуществляются меры по снижению доз.

2. зона ограниченного проживания – от 5мЗв до 20мЗв. В этой зоне осуществляются те же меры мониторинга и защиты населения что и в первой. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничивается, однако разъясняется риск ущерба здоровью.

3. зона отселения – от20мЗв до 50мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен, особенно для лиц репродуктивного возраста и детей.

4. зона отчуждения – более50мЗв. В этой зоне проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируется специальными актами.

Расчет доз внутреннего облучения от загрязненных продуктов.

В региональном органе санэпиднадзора всегда имеются данные о загрязненности радионуклидами пищевых продуктов. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) устанавливают стандартные условия для поступления радионуклида в организм человека. Эти условия характеризуются:

- величиной объема воздуха Vнас., с которым радионуклид поступает в организм человека на протяжении календарного года (нас. в возрасте 12-17 лет

-V= 7,3 \*106 литров, старше 17 лет- Vнас.=8,1\*106л.);

- массой воды М нас., с которой радионуклид поступает в организм

(М нас.=730кг/год);

- время облучения в течении календарного года (t=8800ч.)

Пример. На территории проживания населения было зафиксировано загрязнение пищевых продуктов радионуклидами цезием-137, стронцием-90,и йодом-131. Удельная и объемная активность (Аm и Ао) пищевых продуктов и состав рациона приведены в таблице 5.

Определить эффективную дозу облучения населения (в возрасте до 17лет) от пищевых продуктов и питьевой воды в течении календарного года.

Таблица 5.

Состав и содержание радионуклидов в пищевых продуктах и воде

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование пищевых продуктов | Наименование радионуклидов в продуктах | Масса пищевых продуктов за годкг(л) |
| Цезий-137 | Стронций-90 | Йод -131 |
| Активность радионуклидов, Бк/кг, Бк/л |
| Молоко | 50 | 20 | 120 | 190 |
| Мясо | 100 | 40 | 80 | 60 |
| Хлеб | 30 | 10 | 40 | 110 |
| Картофель | 200 | 50 | 240 | 200 |
| Питьевая вода | 8 | 4 | 5 | 730 |
| Рыба | 80 | 30 | 20 | 40 |
|  |  |  |  |  |

Решение. 1. определяем активность пищевых продуктов и питьевой воды за календарный год по долгоживущим радионуклидам (период полураспада больше года):

По молоку Аcs=50\*190=9500Бк; Аsr=20\*190=3800Бк;

По мясу =6000Бк; =2400Бк;

По хлебу =3300Бк; =1100Бк;

По картофелю =40000Бк; =10000Бк;

По питьевой воде =5840Бк; =2920Бк;

По рыбе =3200Бк; =1200Бк;

Годовая активность радионуклидов, имеющих «небольшой» (по сравнению с одним годом) период полураспада, определяется по зависимости:

где А – активность радионуклида за промежуток времени от t1 до t2 (в данном случае в течении года), Бк; М – масса пищевых продуктов, кг; А0 – активность (удельная) радионуклида в начальный момент времени ti, Бк/кг; t1 и t2 – начальное и конечное время поступления радионуклида в организм (для примера t1=0 и t2=8800ч.)ч; T- период полураспада радионуклида, ч.

Интегрирование выражения

При «небольшом» (с одним годом) периодом полураспада радионуклида выражение из приведенной формулы, при условии что выражение можно привести к нулю, тогда формула примет вид:

Годовая активность пищевых продуктов и питьевой воды по йоду-131:

По молоку Аj = 190\*120\*193/8800\*0,693=722Бк;

По мясу =152Бк;

По хлебу =139Бк;

По картофелю = 1519Бк;

По питьевой воде =115 Бк;

По рыбе =25Бк;

2. Определяем суммарную активность пищевых продуктов по каждому радионуклиду за год.

По цезию-137: Аcs=9500+6000+3300+40000+1600+3200 = 63600Бк/год;

По стронцию: Аsr =3800+2400+100+10000+800+1200 =19300Бк/год;

По йоду: Аj =722+152+139+1519+116+25+ =2673Бк/год.

3. Определяем эффективную дозу облучения населения от загрязненных продуктов по каждому радионуклиду, по таблице 6.(прил.) (табл.П-2, НРБ-99).

Для цезия – 137 Е = 1,3\* 10-8 Зв/Бк;

Для стронция – 90 Е = 8,0\*10-8 Зв/Бк;

Для йода – 131 Е = 1,8\*10-8Зв/Бк.

Эффективная доза от внутреннего облучении, обусловленная поступлением в организм радионуклидов с продуктами питания, определяется как произведение суммарной активности радионуклида за год на его дозовый коэффициент.

Ecs = E \*Acs =1,3\*10-8\*63600=0,83мЗв;

Esr =E\*Asr = 8,0\*10-8 \*19300 =154мЗв;

Ej = E \*Aj = 1,8\*10-7 \*2683 =0,048мЗв.

Внутренняя доза облучения населения от пищевых продуктов составит:

Евнутр= Ecs + Esr + Ej = 0,830+01,54 + 0,048 = 2,85мЗв.

Таким образом, население от пищевых продуктов в течение календарного года получит эффективную дозу 2,85мЗв. Для принятия решения об ограничении потребления продуктов необходимо воспользоваться табл.4. В данном случае уровень облучения превосходит предел А, но не достигает предела Б, решение может быть принято по ограничению употребления пищевых продуктов с учетом конкретной обстановки и частных условий.

Определение дозы облучения населения от загрязненного воздуха радионуклидами.

Для примера возьмем время проживания населения на загрязненной территории в течении одного календарного года. Радиационная авария находится в восстановительной стадии, т.е. нет выброса в атмосферу радионуклидов.

При проведении исследования воздуха было зафиксировано, что в воздухе содержатся радионуклиды цезий-137, стронций-90, и йод-131.

Объемная активность воздуха по радионуклидам:

Acs = 17,6Бк/м3;

Asr = 5Бк/м3;

Aj = 15Бк/м3.

Так как период полураспада стронция-90 составляет 29,1 лет, цезия -131-30 лет, то в течении календарного года снижение активности этих радионуклидов будет незначительная, в расчетах снижения активности можно не учитывать.

1. Определяем годовую активность радионуклидов, поступивших в организм с воздухом.

Для населения (возраст12-17 лет) объем вдыхаемого воздуха

Vнас.=7,3\*106 л/год=7,3\*103м3/год;

Годовая активность цезия-137 и стронция -90

Acs = 17,6 \* 7,3\*103Бк;

Asr =5 \* 7,3\*103 = 36,5\*103Бк.

Период полураспада йода-131 – 8,04 суток, т.е. довольно быстрый, поэтому активность этого радионуклида будет падать при условии, что не будет аварийного сброса. Активность йода-131 будет изменятся с течением времени по зависимости:

Следовательно годовая активность йода-131 будет:

, где Vвозд.- объем воздуха, вдыхаемого за время t;

A0 - начальная активность йода -131; t – время нахождения населения на зараженной территории; T – период полураспада йода-131.

Проинтегрировав это выражение и подставив время в часах, получим следующую зависимость:

Для практических расчетов годовую активность воздуха, загрязненного короткоживущими радионуклидами определяют по формуле:

=, где - годовой объем воздуха, определяется из НРБ-99(стандартные условия), - объемная активность воздуха на начало поступления в организм человека, Бк/м3; - период полураспада, ч.

2. Определяем дозу облучения населения по каждому радионуклиду.

По таблице 6 (табл. П-2,НРБ-99), находим дозовые коэффициенты для радионуклидов:

J-131 E =7,2\*10-8 Зв/Бк;

Sr-90 E =5,10-8 Зв/Бк;

Cs-137 E =4,6\*10-9Зв/Бк.

Дозы облучения:

Ej =7,6\*10-9\*7,2\*10-8 =0,252мЗв;

Esr =5\*10-8\*36,5\*103 =1,825мЗв;

Ecs =4,6\*10-9\*128,5\*103 =0,591мЗв.

Эффективная доза от загрязненного воздуха:

Eвозд. внутр.= 0,252 +1,825 +0,591 =2,67мЗв.

Общая доза внутреннего облучения от поступления в организм человека радионуклидов через органы дыхания и пищеварения:

Евнутр.= Епища + Евоздух = 2,85 +2,67 =5,52мЗв.

**Расчет внешней дозы облучения**

Во многих случаях внешнее облучение от радионуклидов, находящихся в окружающей человека среде, является самой большой составляющей дозы. Особенно большой вклад внешнего облучения в общее будет там, где вводились ограничения на пищевые продукты.

Внешнее облучение обуславливается в основном - излучением и определяется по формуле:

внеш.= 8800\*к\*, где - эффективная доза излучения; Рм, Рз- мощность дозы излучения на открытой местности и в зданиях соответственно; Ром,,Роз- радиационный фон на открытой местности и в зданиях до аварии; К- коэффициент перехода (при измерении мощности дозы в Греях К=0,7; в Зивертах К =1).

Пример. Мощность дозы на открытой местности составляет 0,24мкЗв/час, в зданиях- 0,41мкЗв/час. Определить дозу облучения за календарный год t=8800ч, если до аварии радиационных фон на местности 0,1мкЗв/час, а в зданиях 0,2мкЗв/час.

Решение. Воспользуемся формулой

Евнеш. =

или примерно 1,72мЗв.

Таким образом, эффективная доза за год у жителей:

Е = Евнутр.+Евнеш.= 5,52 +1,72 =7,24мЗв/год.

На разных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, которое основывается на величине годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствии мер защиты. В данном случае , на восстановительной стадии радиационной аварии территория попадает в зону ограниченного проживания населения, например населенные пункты №3,4,6 (см.рисунок 1).

**Определение размеров зон радиоактивного загрязнения и облучения щитовидной железы**

Зоны радиоактивного загрязнения представляют собой участки местности, ограниченные изолиниями доз внешнего облучения, которые может получить незащищенное население при открытом расположении за промежутки времени, определяемые с момента начала выброса радиоактивных веществ (время формирования заданной дозы облучения). Фактическое время формирования дозы облучения меньше на время подхода облака

Приведенное время подхода радиоактивного облака (ч), отсчитываемое с момента начала выброса радиоактивных веществ в атмосферу, определяется по формуле:

,

Где Х- расстояние до аварийного реактора по оси следа радиоактивного облака, км; U0- скорость ветра на высоте флюгера (10м), м/с; - коэффициент, учитывающий распределение скорости ветра по высоте и размерность величин X и U0 и принимающий значения при конвекции – 0,23, изотермии – 0,20, инверсии – 0,09.

Время подхода радиоактивного облака является временем начала радиоактивного загрязнения местности.

Зоны облучения щитовидной железы представляют собой участки местности, ограниченные изолиниями доз, которые получить не защищенное население при ингаляционном поступлении радиоактивных веществ за время прохождения облака.

Дополнительная информация : заданные дозы внешнего гамма-облучения D0 (Гр) и облучения щитовидной железы Dж (Гр) при открытом расположении, выбираемые, как правило , в соответствии с критериями для принятия решения (таб.6).

Таблица 6.

|  |  |
| --- | --- |
| Меры защиты | Предотвращаемая доза за первые 10 суток, мГр |
| На все тело | Щитовидная железа, легкие, кожа |
| Уровень А | Уровень Б | Уровень А | Уровень Б |
| укрытие | 5 | 50 | 50 | 500 |
| Йодная профилактика:- взрослые- дети | -- | -- | 250\*100\* | 2500\*1000\* |
| Эвакуация | 50 | 500 | 500 | 5000 |

* только для щитовидной железы.

Порядок решения задачи.

1. По данным таблицы 7. определяется степень вертикальной устойчивости атмосферы, соответствующая погодным условиям и времени суток.

Таблица 7.

Степень вертикальной устойчивости атмосферы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Скорость ветра, м/с | ночь | утро | день | вечер |
| Ясно,перемен. Облач-ность | Сплошная обл-ачность | Ясно,перемен.Облач-ность | Сплошная облач-ность | Ясно,перемен.облачность | Сплош-наяоблач-ность | Ясно,перемен.облач-ность | Сплош-наяоблач-ность |
| 2 | Ин | Из | Из (ин) | Из | Кон(из) | Из | Из | Из |
| 2 -3,9 | Ин | Из | Из (ин) | Из | Из | Из | Из(ин) | Из |
| 4 | Ин | Из | Из | Из | Из | Из | Из | Из |

2. На карте (плане) обозначаются положение аварийного РОО(реактора) и в соответствии с заданным направлением ветра черным цветом наносится ось следа радиоактивного облака.

3. По табл.8 определяются глубины прогнозируемых зон радиоактивного загрязнения соответствующие заданным значениям дозы внешнего облучения и времени ее формирования, погодным условиям, типу ядерного реактора, а также находятся глубины прогнозируемых зон облучения щитовидной железы, соответствующие заданной дозе облучения.

Таблица 8.

Глубины (Lx,км) зон радиоактивного загрязнения и облучения щитовидной железы для принятия неотложных решений по защите населения в начальном периоде аварии для реактора РБКМ-1000 и ВВЭР-1000 при различной степени вертикальной устойчивости атмосферы и скорости ветра (м/с) на высоте 10 м.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Зона | конвекция | изотермия | инверсия |
| 2 | 3 | 4 | 2 | 5 | 7 | 2 | 3 | 4 |
| Укрытие (уровень А, 5мГр за первые 10 суток на все тело) | 240300 | 200240 | 190220 | 280260 | 300200 | 260300 | 250275 | 280210 | 300250 |
| Укрытие (уровень Б, 50мГр за первые 10 суток на все тело) | 55110 | 40110 | 3580 | 140200 | 163300 | 160295 | 140140 | 185130 | 220180 |
| Эвакуация (уровень Б, 500мГр за первые 10 суток на все тело) | 1021 | 85 | 611 | 4570 | 3044 | 2553 | 6057 | 6050 | 5050 |
| Йодная профилактика взрослые:уровень А, 250мГр за первые 10 суток для щитовидной железыуровень Б,2500мГр за первые 10 суток для щитовидной железы | 901404828 | 691251120 | 5198914 | 1601806090 | 1852354890 | 1952404078 | 16018577105 | 19022085120 | 20527087130 |
| Дети:Уровень А, 100мГр за первые 10 суток для щитовидной железыУровень Б, 1000мГр за первые 10 суток для щитовидной железы | 25527891141 | 22727580124 | 19827054101 | 277260157178 | 287300179230 | 297300190232 | 243257161181 | 280290184218 | 290300192265 |

Примечание. В числителе приведены значения для РБМК-1000, в знаменателе – для ВВЭР-1000.

4. Максимальные ширины зоны Ly (км) (на середине глубин) определяются по формуле

Ly=ALх,

где А – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы и принимающий значения при конвекции – 0,20, изотермии – 0,06, инверсии – 0,03.

5. Площади зон радиоактивного загрязнения S (км2) и облучения щитовидной железы находятся по формуле:

S=0,8LxLy.

6. Используя найденные размеры, зоны в масштабе карты отображаются в виде правильных эллипсов ( см. рис.2.).

При решении задач с разрушением реакторов типа ВВЭР-440 глубины зон определяются умножением данных рассчитанных для реактора ВВЭР-1000, на коэффициент 0,663.

Lx(ВВЭР-440)= 0,663Lx(ВВЭР-1000).

**Оценка радиационной обстановки при применении ядерного оружия**

Среди поражающих факторов ядерного взрыва ионизирующее излучение создают проникающая радиация и радиоактивное заражение местности.

Проникающая радиация- представляет собой поток гамма-излучения и поток нейтронов.

Гамма-излучение и нейтронное излучение различны по своим физическим свойствам, а общим для них является то, что они могут распространятся в воздухе во все стороны на расстояние до -4км. Проходя через биологическую ткань, гамма-кванты и нейтроны ионизируют атомы и молекулы, входящие в состав живых клеток, отдельных органов и систем организма, что приводит к возникновению специфического заболевания - лучевой болезни.

Источником проникающей радиации являются ядерные реакции деления и синтеза, протекающие в боеприпасах в момент взрыва, а также радиоактивный распад осколков деления.

Время действия проникающей радиации при взрыве зарядов деления и комбинированных зарядов не превышает нескольких секунд (10-15сек.) и определяется временем подъема облака взрыва на такую высоту, при которой гамма-излучение поглощается толщей воздуха и практически не достигает поверхности земли.

Поражающее действие гамма-излучения на человека характеризуется поглощенной дозой. Так как облучение является внешним (облучается все тело), а взвешивающий коэффициент для гамма-излучения равен единицы, то можно принять, что поглощенная доза равна эквивалентной дозе, (в данном случае 1Гр=1Зв) и в дальнейшем использовать для характеристики поглощенную дозу. Время набора человеком основной части дозы (до 80%) равно нескольким секундам.

При воздушном и наземном ядерных взрывах доза гамма-излучения на равных расстояниях от центра взрыва практически одинакова, но она зависит от плотности воздуха. Плотность воздуха летом меньше чем зимой, поэтому при взрыве летом доза гамма-излучения будет больше, чем зимой на одном и том же расстоянии от центра взрыва.

Эквивалентная доза складывается из доз гамма-излучения и нейтронов, которые действуют на любой объект практически одновременно. Поэтому, поражающее действие проникающей радиации определяется суммарной дозой (эквивалентной дозой), получаемой в результате сложения доз гамма-излучения и нейтронов.

Изменение суммарных доз проникающей радиации для взрывов различной мощности в зависимости от расстояния представлено на рис.2.

Соотношение между дозами гамма-излучения и нейтронного излучения в эквивалентной дозе зависит от мощности взрыва и расстояния до центра взрыва. Для больших доз и взрывов мощностью менее 10кт доза, обусловленная нейтронами, большие дозы, обусловленной гамма-излучением; для средних величин доз, а также для взрывов мощностью более 10кт справедливо обратное соотношение.

**Прохождение проникающей радиации через защитные материалы**

В веществе, более плотном чем воздух, гамма-излучение и нейтронное излучение ослабляются еще сильнее. Происходит это потому, что чем больше плотность вещества, тем больше в единице его объема атомов и тем больше количество раз взаимодействуют с ними гамма-излучение и нейтроны.

При попадании потока гамма-излучения на поверхность преграды толщиной l, некоторый слой dy уменьшает дозу гамма-излучения в два раза (рис.3). тогда на границе А-А доза равна Doy/2,если в толщине преграды умещается несколько слоев dy, то доза радиации, например на границе второго слоя Б-Б, будет Doy/4, и т.д. в общем виде ослабление дозы гамма-излучения преградой толщиной l пропорционально 2l/dy. Эта величина называется коэффициентом ослабления материала Кy,. Доза за преградой будет:

D=D0y/2l/dy

Рис.3. Схема ослабления гамма-излучения преградой.

Таблица 8.

Толщина слоя половинного ослабления некоторых материалов

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование материала | Слой половинного ослабления, см |
| dy | dn |
| ДревесинаПолиэтиленВодаГрунтКирпичная кладкаСтеклопластикСтиробетонЖелезобетонЖелезоСвинец | 30,521.820,413,013,012,011,09,53,52,0 | 9,72,72,79,010,04,05,08,211,512,0 |

**Расчет противорадиационной защиты убежища**

Ограждающие конструкции убежищ должны обеспечивать ослабление радиационного воздействия до допустимого уровня.

Степень ослабления радиационного воздействия выступающими над поверхностью земли стенами и покрытиями убежищ следует определять по формуле:

A2КyiКniКр/Кyi+Кni

Где А – степень ослабления проникающей радиации (нормируется согласно СНиП 2.01.51.-90); Кyi и Кni –коэффициенты ослабления дозы гамма-излучений и нейтронного излучения i-м слоем материала ограждающих конструкций убежища (табл.9); Кр- коэффициент условий расположения убежищ, который определяется по формуле:

Кр=Кзас/Кзд

Где Кзас- коэффициент, учитывающий снижение дозы проникающей радиации в застройке и принимаемый по СНиП II-11-77; Кзд –коэффициент, учитывающий ослабление радиации в жилых и производственных зданиях при расположении в них убежищ и принимаемый по СНиП II-11-77.Таблица 9

|  |  |
| --- | --- |
| ТолщинаСлояматериала | Коэффициент ослабления толщей материала дозы проникающей радиациигамма-излучения и нейтронов |
| 101520253035404550 | бетон | кирпич | грунт | дерево | полиэтилен | сталь |
| Кn | Кy | Кn | Кy | Кn | Кy | Кn | Кy | Кn | Кy | Кn | Кy |
| 6,2 | 2,0 | 3,7 | 1,7 | 6,5 | 1,7 | 12 | 1,0 | 22 | 1,0 | 4,7 | 17 |
| 12 | 3,5 | 5,5 | 2,5 | 13 | 2,5 | 30 | 1,2 | 53 | 1,3 | 6,5 | 56 |
| 23 | 5,3 | 8,2 | 3,7 | 26 | 3,8 | 59 | 1,3 | 130 | 1,7 | 8,8 | 150 |
| 43 | 8,3 | 12 | 5,2 | 51 | 5,7 | 120 | 1,5 | 240 | 2,0 | 11 | 280 |
| 74 | 13 | 17 | 7,2 | 100 | 8,2 | 200 | 1,8 | 460 | 2,5 | 14 | 430 |
| 130 | 20 | 24 | 10 | 170 | 12 | 340 | 2,2 | 860 | 3,0 | 17 | 640 |
| 230 | 30 | 34 | 14 | 280 | 17 | 550 | 2,5 | 1600 | 3,8 | 21 | 900 |
| 390680 | 4466 | 4766 | 1824 | 470780 | 2535 | 9101500 | 3,03,5 | 31003800 | 4,55,5 | 2633 | 12001200 |

**Радиоактивное заражение местности, приземного слоя атмосферы и объектов**

Радиоактивное загрязнение территории является поражающим фактором ядерного взрыва. Оно создается радионуклидами, образованными в результате ядерной реакции и облучения некоторых химических элементов в атмосфере и грунте нейтронами. Поражающее действие радиоактивного заражения обуславливается в основном гамма-излучением и в меньшей степени бета-излучением; альфа-излучение может воздействовать на человека при попадании радионуклида внутрь организма.

Поражающее действие радиоактивного загрязнения определяется главным образом внешним облучением. Попадание радионуклида на кожу или внутрь организма несколько увеличивает поражающий эффект внешнего облучения.

Основными источниками радиоактивного загрязнения территории в районе взрыва являются радионуклиды, образовавшиеся в результате ядерной реакции и наведенная активность элементов поверхностного слоя почвы (это алюминий-28, марганец-56, натрий-24, железо-59). Радионуклиды образуются в почве под воздействием нейтронов, выходящих из зоны взрыва.

Загрязнение местности по пути движения облака взрыва образуется в результате выпадения из облака и пылевого столба радиоактивных частиц (частиц грунта и капель воды с осевшими на них радионуклидами). Зону заражения местности по пути движения облака взрыва называют следом облака.

Зонирование территории производится в зависимости от дозы, которую может получить население, находящееся на отрытой местности от 1часа после взрыва до полного распада радиоактивных продуктов и предположении, что меры защиты не применяются. Доза рассчитывается от гамма-излучения при внешнем облучении всего тела человека (т.е. поглощенная доза равна эквивалентной дозе).

Таблица10

Характеристика зон радиоактивного загрязнения территории на следе облака и в районе ядерного взрыва

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Зоназагрязнения | Условноеобозначение | Цвет линииграницы зонына схеме | Поглощенная доза, Гр |
| На внешнейгранице зоны | В серединезоны | На внутреннейгранице зоны |
| УмеренногозараженияСильногозараженияОпасногозараженияЧрезвычайноопасногозаражения | АБВГ | СиняяЗеленаяКоричневаячерная | 0,441240 | 1.2572270 | 41240Более100 |

На равнинной местности при неменяющемся направлении и скорости среднего ветра, а также при прогнозировании зон радиоактивного загрязнения след облака имеет форму эллипса

Рис.3 Зоны радиоактивного загрязнения территорий.

Степень радиоактивного загрязнения местности характеризуется мощностью дозы радиации. Мощность дозы излучения (уровень радиации) –величина дозы ионизирующего излучения, отнесенная к единице времени (1час). P=dD/dt (Гр/с-1, Гр/ч). Мощность дозы зависит от плотности потока гамма-квантов и их энергии. Энергия гамма-квантов со временем изменяется незначительно, а плотность их уменьшается прямо пропорционально уменьшению активности радионуклидов. Это обстоятельство, а также естественные процессы непрерывного распада радионуклидов приводит к уменьшению мощности дозы с течением времени. Изменение мощности дозы в любой точке загрязненной территории происходит по определенному закону:

Pt=P0  или Pt=PK(t) (1.1)

Где Рt- мощность дозы в рассматриваемый момент времени t (время отсчитывается с момента взрыва);

Р0 – мощность дозы в момент времени t0 после взрыва;

К( t ) – коэффициент, характеризующий степень изменений мощности дозы с течением времени: К( t )=.

Тогда доза излучения за время от t1 до t2 составит:

. (1.2)

После интегрирования получим:

.

Подставив значения:

,

Найдем

. (1.3)

Для ядерного взрыва при п=1,2 формула 1.3 приобретает вид

 или.

Для расчета дозы радиации по данной формуле необходимо измеренный уровень радиации привести с помощью коэффициентов перерасчета (характеризующих степень изменения мощности дозы с течением времени) уровней радиации (см. таблицы методики прилож.1) на время начала и окончания облучения, т.е. найти Рн и Рк.

Для практических целей можно применять правило приблизительного определения 10-кратного снижения уровня радиации при 7-кратном увеличении времени. Так, если уровень радиации через 1 час после взрыва принять за 100%, то через 7часов он составит примерно 10%, а через 72ч (49ч.), или около двух суток – 1%, а через 73ч(343ч), или около двух недель, -0,1%.

Прогнозирование и оценка обстановки при радиационных авариях, осуществляется с использованием методических рекомендаций данного пособия , а при оценке радиационной обстановки при ядерном взрыве «Методикой оценки радиационной обстановки при ядерных взрывах» (Приложение 1).

**Прогнозирование и оценка обстановки при химических авариях**

Развитие химической промышленности обусловило возрастание техногенных опасностей, приводящих к крупным химическим авариям, сопровождаемых значительными материальными ущербами и большими человеческими жертвами.

Под химически опасным (ХОО) объектом понимается объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества (ОХВ), при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

Все эти объекты классифицируются по степени химической опасности. В основу этой классификации положена степень опасности объекта для населения и территорий.

Таблица 11

|  |  |
| --- | --- |
| Степень химической опасности объекта | Количество человек, попадающих в зону химического заражения при аварии,тыс.человек |
| I | Более75 |
| II | От 40 до 75 |
| III | Менее 40 |
| IV\* | Оценке не подлежит |

Примечание\* - зона возможного заражения АХОВ

Опасность заражения АХОВ приземного слоя атмосферы, зданий и сооружений, местности, открытых водоисточников, а в отдельных случаях и грунтовых вод при химических авариях определяется физико-химическими свойствами АХОВ их способностью переходить из жидкого состояния в парообразное.

В результате возникновения аварий на различных производственных объектах с жидкими (газообразными) АХОВ или пожаров с твердыми химическими веществами с образованием аэрозолей АХОВ в районах прилегающих к очагу поражения, может создастся сложная химическая обстановка на значительных площадях с образованием обширных зон химического заражения.

Под зоной химического заражения понимается территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены опасные химические вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течении определенного времени. Она включает территорию непосредственного разлива АХОВ (горения веществ, образующих АХОВ) и территорию, над которой распространилось облако зараженного воздуха с поражающими концентрациями.

Величина зоны химического заражения зависит от физико-химических свойств, токсичности, количества разлившегося (выброшенного в атмосферу) АХОВ, метеорологических условий и характера местности. Размеры зон характеризуются глубиной и шириной распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями и площадь разлива (горения) АХОВ. Внутри зоны могут быть районы со смертельными концентрациями.

Глубина зоны химического заражения для АХОВ определяется глубиной распространения первичного и вторичного облака и в значительной степени зависит от метеорологических условий, рельефа местности и плотности застройки объектов.

Существенное влияние на глубину зоны химического заражения оказывает степень вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха.

Для задач прогнозирования рассматривают три основных типа устойчивости атмосферы:

- неустойчивая (конвекция), когда нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего. Характерна для солнечной летней погоды.

 - безразличная (изотермия), когда температура воздуха на высотах до 30м от поверхности земли почти одинакова. Характерна для переменной облачности в течении дня, облачного дня и облачной ночи, а также дождливой погоды;

- устойчивая (инверсия), когда нижние слои воздуха холоднее верхних. Характерна для ясной ночи, морозного зимнего дня, а также для утренних и вечерних часов.

В зависимости от глубины распространения облака АХОВ в зоне заражения может быть один или несколько очагов химического поражения.

Очагом химического поражения принято называть территорию с находящимися на ней объектами, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошли массовые поражения людей. Сельскохозяйственных животных и растений.

Потери рабочих, служащих и населения в очагах химического поражения зависят от токсичности, величины концентрации АХОВ и времени пребывания людей в очаге поражения, степени их защищенности и своевременности использования индивидуальных средств защиты.

Характер поражения людей, находящихся в зоне химического поражения определяется главным образом токсичностью АХОВ и полученной токсодозой.

Токсичность АХОВ ( от греч.- яд) – ядовитость, свойство некоторых химических соединений и веществ биологической природы при попадании в определенных количествах в живой организм (человека, животного и растения) вызывать нарушения его физиологических функций, в результате чего возникают симптомы отравления (интоксикации, заболевания),а при тяжелых – гибель.

Токсичность характеризуется количеством вещества, вызывающим поражающий эффект, и характером токсического действия на организм.

В целях количественной оценки токсичности АХОВ и токсинов используются определенные категории токсических доз при различных путях проникновения в организм: ингаляционном, кожно-резорбтивном и через раневые поверхности. Показателем токсичности вещества является доза. Доза вещества, вызывающая определенный токсический эффект, называется токсической дозой (токсодозой). Для человека и животных она определяется количеством вещества, вызывающим определенный токсический эффект. чем меньше токсодоза, тем выше токсичность.

При ингаляционных поражениях, если человек массой G (кг) вдыхает воздух с концентрацией С (мг/л) в нем АХОВ в течении (мин) при интенсивности дыхания V(л/мин), то удельная поглощенная доза АХОВ (количество АХОВ, попавшего в организм) D (мг/кг) будет равна

Dуд. =CV/G

Для людей или конкретного вида животных, находящихся в одинаковых условиях, отношение V/G постоянно, и его исключают при характеристики ингаляционной токсичности вещества, а выражение C(мг.\*мин/л) принимают за коэффициент токсичности имеющий постоянную величину.

Для количественной оценки токсичности приняты следующие параметры:

- концентрация ОХВ в среде (мг/кг;мг/м3);

- токсодоза (мг\*мин/л; г \*мин/л).

Токсическая доза, вызывающая равные по тяжести поражения, зависит от свойства вещества, путей его проникновения в организм и условий применения вещества.

 Основными показателями токсичности АХОВ при воздействии на человека в чрезвычайных ситуациях являются:

Limir- пороговая концентрация, порог раздражающего действия на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаз. Выражается количеством вещества, которое содержится в одном объеме воздуха (мг/м3) и пороговая токсодоза – количество вещества, вызывающее начальные признаки поражения организма с определенной вероятностью. Пороговые токсодозы обозначают PD100 или PD50.

КВИО – коэффициент возможности ингаляционного отравления, представляющий собой отношение максимально достижимой концентрации токсичного вещества (Сmax, мг/м3) в воздухе при 200 С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

КВИО=

Где – - летучесть вещества мг/м3; -среднесмертельная концентрация яда при 120мин. Величина безразмерная.

ПДК – предельно допустимая концентрация вещества – максимальное количества вещества в единице объема воздуха, воды и др., которое при ежедневном воздействии на организм в течении длительного времени не вызывает в нем патологических изменений (отклонения в состоянии здоровья, заболевания), обнаруживаемых современными методами исследования в процессе жизни или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Различают ПДК рабочей зоны (мг/м3), пдк среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест, ПДК в воде водоемов различного водопользования (мг/л), ПДК (или допустимое остаточное количество) в продуктах питания (мг/кг) и др.

Смертельная, или летальная, доза – это количество вещества, вызывающее при попадании в организм смертельный исход с определенной вероятностью.

LC50 ( LC100) – Среднесмертельная (смертельная) концентрация в воздухе, вызывающая гибель 50% (100%) при ингаляционном воздействии вещества при определенной экспозиции (стандартная 2-4часа) и определенном сроке последующего наблюдения.(г\*мин/м3; мг\*мин/л)

LD50 ( LD100) – Среднесмертельная ( смертельная) доза, вызывающая гибель 50% (100%) приведении в желудок, в брюшную полость, на кожу при определенных условиях введения и конкретном сроке последующего наблюдения ( обычно 2 недели). Выражается количеством вещества, отнесенным к единице массы тела (мг/кг).

Выводящая из строя ( ID – доза, IC- концентрация) это количество вещества, вызывающее при попадание в организм выход из строя определенного процента пораженных как временно, так и со смертельным исходом

 В военной токсикометрии и в гражданской обороне, наиболее употребительны показатели относительных медианных значений:

А) при воздействии на человека через органы дыхания (ингаляции);

- среднесмертельной LC50 ;

- средневыводящей IC 50 ;

- средней эффективно действующей EC50 ;

- средней пороговой PC ;

Выражающихся в мг\*мин/л.

Б) при кожно-резорбтивном воздействии LD50, ID50, ED50, PD50. (мг/кг).

Таблица12

Параметры токсичности некоторых синтетических веществ.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| АХОВ | LC50 (мг/м3)биообъект, экспозиция | LC50мг\*мин/л | PC50мг\*мин/л | ПДКмг/м3 | ПДК в Воде,мг/м3 |
| АХОВ ингаляционного действия |
| Аммиак  | 7600,крыса 2ч.3800,мышь | 150 | 5 | 0,04 | 2 |
| Метил бромистый  | 1540,мышь,2250, крыса 2ч. | 90 | 2 | 0,2 | - |
| Метил хлористый | 5300,крыса4ч | 100 | 10 | 0,06 | - |
| Метилмеркаптан | 1700,мышь,1200,крыса 2ч. | 1700 | 1,7 | 9 \*10-5 | 2\*10-4 |
| Оксид этилена | 1500,мышь,2630, крыса 4ч. | 100 | 41 | 0,03 | - |
| Сероводород  | 1200,мышь,2ч | 16 | 5 | 0,008 | - |
| Сероуглерод  | 10000,мышь25000,крыса,2ч | 900 | 1,5 | 0,005 | 1 |
| Синильная кислота | 400-700(LC100),Чел.,2-3мин. | 2 | 0,015 | 0,01 | 0,1 |
| Фосген  | 360(LC100),чел.,30мин | 3,2 | 0,03 | 0,003 | - |
| Хлор  | 1900(LC100), Собака, 30мин | 6 | 0,3 | 0,03 | Отсутствие в воде |
| Боевые отравляющие вещества |
| Ви-газы |  | 3,5\*10-2 | 1\*10-4 | 5\*10-8 | 2\*10-6 |
| Зоман  |  | 5\*10-2 | 2\*10-4 | 1\*10-7 | 5\*10-6 |
| Зарин  |  | 0,1 | 2,5\*10-3 | 2\*10-7 | 5\*10-5 |
| Иприт  |  | 1.3 | 2,5\*10-2 | 2\*10-6 | 1\*10-4 |
| Люизит  |  | 0,5 | 6\*10-4 | 4\*10-6 | 2\*10-4 |
| Поражение через кожу LD50 г/чел. |
| Ви-газы | 0,007 |
| Зоман  | 0,1 |
| Зарин  | 1,48 |
| Иприт  | 5 |
| Азотистый иприт  | 1 |

Расчеты параметров зон заражения при химических авариях осуществляется с помощью «Методики прогнозирования последствий аварий на ХОО с выбросом в атмосферу АХОВ», (приложение 2).

**Дополнительная информация**

**Оценка вредных веществ**

Способность химических веществ вызывать нарушение жизнедеятельности организма (отравление) – называется токсичностью. Токсичность (вредность, ядовитость) характеризуется как мера несовместимости вещества с жизнью и здоровьем, а опасность – как вероятность отравления этим веществом в реальных условиях его применения или присутствия.

Оценка токсичности имеет четкую количественную интерпретацию (т.е. основанную на измерениях- предмет токсикометрии).

В основу токсикометрических исследований положено изучение зависимости между количеством ядовитого вещества, содержащимся в конкретной среде (субстрате) или поступившим в организм, и реакцией последнего в виде острого, подострого, хронического или смертельного отравления, а также в форме того или иного отдаленного эффекта.

При этом имеют значения не только собственно дозы, но и пути поступления вещества в организм, продолжительность его воздействия, состояние самого организма, условия окружающей среды. Количество яда оценивается в единицах его массы, отнесенных к единицы массы или объема субстрата (мг/м3 воздуха, мг/л воды, или г/кг воздушно-сухой почвы).эти характеристик называются концентрациями и обозначаются либо латинской буквой С, либо русской К.

Количество яда, поступившего в организм, соотносится с массой его тела (мг/кг) и называется дозой вещества ( D или Д ). Кроме того, концентрации вредных веществ могут выражаться в процентах или частях на миллион (ppm).

Устанавливаются три количественных характеристики вещества:

1) пороговая доза (или концентрация), иначе называемая порогом однократного воздействия; это наименьшее количество вещества, вызывающее при однократном воздействии такие изменения в организме, которые обнаруживаются при помощи специальных биохимических или физиологических тестов при отсутствии внешних признаков отравления ; обозначаются символами Кмин (Смин ) или Дмин. (Dмин ) (минимальная концентрация или доза).

2) токсическая несмертельная доза (концентрация), которая вызывает видимые проявления отравления без смертельного исхода и обозначается символами ЕД или ЕК;

3) токсическая смертельная доза (концентрация), которая вызывает отравление, заканчивающееся смертью подопытного животного; обозначается символами ЛК и ЛД, где Л – первая буква латинского слова леталис, что означает смертельный.

Наиболее объективную оценку токсичности исследуемого вещества,, приемлемую для сравнения различных ядов дает та доза (концентрация), которая вызывает гибель половины (50%) всех подопытных организмов, т.е.ЛК50 или ЛД50. Обратные им величины ЛК50-1и ЛД50-1 рассматриваются в качестве степени токсичности вещества.

Чем выше степень токсичности того или иного вещества, тем более жесткие требования при работе с ним или его присутствию в окружающей среде. Поэтому все токсичные вещества делят на группы токсичности (классы токсичности) (см. табл.). чем меньше значения устанавливаемых в эксперименте токсических доз (концентраций вещества), тем более ядовитым, т.е. токсичным или опасным, оно является.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели \* | Классы токсичности (опасности) |
| IЧрезвычайно токсичные | IIвысокотоксичные | IIIУмереннотоксичные | IVмалотоксичные |
| ЛД50,мг/кг,при введении внутрь | 15 | 15-150 | 150-1500 |  1500 |
| ЛД50,мг/кг,Накожно | 100 | 100-500 | 501-2500 |  2500 |
| ЛК50, мг/л | 0,5 | 0,5-5,0 | 5,1-50 |  50 |
| ЛКмин.,мг/л | 0,01 | 0,01-0,1 | 0,11-1 |  0,1 |
| Zостр. | 6 | 6-18 | 18.1-54 |  54 |
| Zхрон. | 10 | 10-5 | 4,9-2,5 | 2,5 |
| КВИО |  300 | 300-30 | 30-3 | 3 |

\* первые четыре показателя характеризуют степень токсичности , а три последние – степень опасности вещества.

Воздействие вредных веществ на организм можнт вызвать два вида отравлений: острое и хроническое.

Острые отравления (резкое скачкообразное возрастание содержание вредных веществ) возникает после аварий. В результате однократного воздействия наступают острые отравления приводящие к смертельному исходу немедленно, либо через определенный промежуток времени ( дни, недели).

Хроническое отравление – это заболевание, развивающееся в результате систематического воздействия таких доз вредного вещества, которые при однократном поступлении в организм не вызывают отравлений.