

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.26 Техногенные системы и экологический риск**

**Направление подготовки    05.03.06 Экология и природопользование**

**Профиль образовательной программы «Экология»**

**Форма обучения    очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	3
1.1 Лекция №1 (2 часа) «Чрезвычайные ситуации их характеристики» .....	3
1.2 Лекция №2 (2 часа) «Построение полей поражающих факторов взрывов на промышленных объектах»..	10
1.3 Лекция №3 (2 часа)Тема: «Моделирование последствий аварий на промышленных объектах, обусловленных пожарами».....	14
1.4 Лекция №4 (2 часа)Тема: «Моделирование последствий аварий на промышленных объектах с выбросом АХОВ».....	16
1.5 Лекция №5Тема: «Сценарии развития ЧС» .....	26
1.6 Лекция №6Тема: «Научные основы оценки и нормирования воздействий техногенных систем на окружающую среду» .....	34
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ .....</b>	39
2.1 Лабораторная работа 1 Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом АХОВ.....	39
<b>3. Методические материалы по проведению практических занятий (не предусмотрено РУП).....</b>	40
<b>4. Методические материалы по проведению семинарских занятий .. Ошибка! Закладка не определена.</b>	
4.1 Семинарское занятие № С-1 Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций.....	40
4.2 Семинарское занятие № С-2 Расчет параметров поражающих факторов взрывов и пожаров.....	40
4.3 Семинарское занятие № С-3 Моделирование последствий аварий на промышленных объектах с выбросом АХОВ.....	40
4.4 Семинарское занятие № С-4 Построение полей потенциального риска при авариях на опасных производственных объектах.....	40
4.5 Семинарское занятие № С-5 Анализ риска методом дерева событий.....	40
4.6 Семинарское занятие № С-6,7 Анализ риска методом дерева событий.....	41
4.7 Семинарское занятие № С-8,9 Санитарно-гигиеническая оценка риска здоровью человека от химического загрязнения окружающей среды.....	41
4.8 Семинарское занятие № С-10,11 Управление экологическим риском .....	41

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1.1 Лекция №1 (2 часа)**

**Тема: «Чрезвычайные ситуации их характеристики»**

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Общие сведения о ЧС.
2. Негативные факторы воздействия ЧС на окружающую среду и человека.
3. Причины возникновения ЧС.
4. Классификация объектов экономики по опасности.
5. Классификация ЧС.

### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Общие сведения о ЧС

Развитие техногенной сферы привело к двум диаметрально противоположным последствиям:

- с одной стороны, достигнуты выдающиеся результаты в электронной, атомной, авиационной, химической и других отраслях промышленности, что обеспечило новый уровень качества жизни;
- с другой стороны, появились невиданные ранее потенциальные и реальные опасности и угрозы человеку, среде обитания не только в военное, но и в мирное время.

Эти угрозы осознаны в последние десятилетие XX столетия в связи с крупнейшими катастрофами: ядерные (Чернобыль-ущерб 400 млрд. долларов США, Трижды Айленд - 100 млрд. долларов США); химические (Индия, Италия); космические и авиационные (Челенджер, Колумбия); военно-технические - подводная лодка «Курск»; гидротехнические - (Саяно-Шушенская ГЭС).

В стране насчитывается 45 тыс. потенциально опасных промышленных объектов (среди них более 3,6 тыс. объектов, содержащих свыше 1 млн. т высокотоксичных, в том числе экологически опасных химических веществ и материалов; более 8 тыс. взрыво- и пожароопасных объектов; свыше 30 тыс. водохранилищ и накопителей экологически опасных промышленных стоков и отходов, многие из которых находятся в аварийном или угрожающем состоянии).

К объектам повышенной экологической опасности относятся радиационно опасные объекты (10 атомных электростанций (АЭС) с 30 ядерными энергетическими установками; 9 атомных судов гражданского назначения с 15 ядерными энергетическими установками; около 30 научно-исследовательских организаций со 113 исследовательскими ядерными установками; 12 предприятий ядерного топливного цикла; 16 региональных специализированных комбинатов по переработке и захоронениюadioактивных отходов; более 150 выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок ВМФ с ядерными реакторами на борту, среди которых лишь у 30% выгружены активные зоны, а у многих атомных подводных лодок нарушена герметичность. (Для справки: по количеству энергоблоков Россия занимает 5-е место в мире после США, Франции, Японии, и Великобритании, по выработке электроэнергии на АЭС-5 место в мире, а по уровню безопасности -2-е место в мире после Японии).

На территории России эксплуатируются системы магистральных трубопроводов протяженностью более 200 тысяч км, имеющих около 6000 технически сложных наземных объектов повышенной опасности: компрессорные, насосные и газораспределительные станции, резервуарные парки. В Оренбургской области длина магистрального трубопроводного транспорта составляет более 6000 км.

Для объектов с исключительно высокой потенциальной опасностью частота возникновения ЧС с тяжелыми последствиями может составить:

- по атомным реакторам  $1 \cdot 10^{-3}$  1/год;
- ракетно-космическим системам  $5 \cdot 10^{-3}$  1/год;
- турбогенераторам  $3 \cdot 10^{-3}$  1/год;
- самолетам  $5 \cdot 10^{-3}$  1/год;
- трубопроводам (1000 км)  $5 \cdot 10^{-3}$  1/год;

В России показатели риска тяжелых ЧС на 2-3 порядка выше показателей рисков, достигнутых в наиболее развитых странах.

В настоящее время и обозримом будущем в качестве одной из основных проблем будет проблема обеспечения безопасности человека. При этом под безопасностью понимается ликвидация или уменьшения до приемлемого уровня всех опасностей, которые могут действовать на человека.

В соответствии законом РФ «О безопасности» безопасность-это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз.

В законе о «Техническом регулировании» №184 от 2002г. вводится понятие безопасности: как состояние процесса производства, хранения, транспортировки при котором отсутствует недопустимый риск нанесения ущерба здоровью, жизни человека, животных, растений, окружающей среде, потерю материальных ценностей физических и юридических лиц.

Безопасность в ЧС - состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в ЧС.

Актуальность задачи обеспечения безопасности связана с наличием в природной и социальной сферах обитания человека постоянных и разнообразных опасностей.

Наиболее общее определение опасности, как центрального понятия в безопасности жизнедеятельности, состоит в следующем: опасность - негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи, людям, природной среде, материальным ценностям.

В более узком смысле опасность- это потенциальная возможность вызвать вред, принести несчастье, которая может реализоваться или нет. Реализованная опасность представляет собой реальное негативное событие- стихийное бедствие, авария, катастрофа и т.п.

Негативное событие, как следствие реализовавшейся опасности и ставшее причиной возникновения ЧС, принято называть источником ЧС. Согласно ГОСТа Р22.0.02-94 источник ЧС—это опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть ЧС.

Опасность всегда выражается через связь (действие) двух сторон. Одна из них субъекты опасности (природные явления, техногенные процессы, движущиеся или иные материальные объекты, негативные, ошибочные намерения) – источники, носители опасности. Другая сторона - объекты опасности (люди, материальные объекты, объекты природы) - является потенциально пострадавшей стороной (жертвой). Условно опасность представляется в виде вызовов и угроз. Вызов-совокупность обстоятельств, порождающих гипотетическую опасность, которая в перспективе может превратиться в угрозу. Угроза-совокупность предпосылок, обстоятельств, обуславливающих непосредственную опасность возникновения стихийных бедствий, катастроф, эпидемий и т.д. Поскольку границы между понятиями «Вызов», «Угроза» условны, то имеются трудности четкого их разделения. Наиболее распространенная форма опасности - Угроза.

Мерой опасности (количественной характеристикой) является риск. В широком смысле под риском понимают измеренную возможность (вероятность) реализации

опасности; потенциальную опасность получения нежелательных (негативных) результатов. В рамках статистического подхода риск сочетает в себе вероятность неблагоприятного события и объем негативных последствий события (потери, ущерб).

$$R = \lambda \cdot (\Delta t) \cdot \bar{W},$$

где R-показатель риска (ущерб/время);

$\lambda$  - частота событий (событие/время); усредненная частота за некоторый период наблюдения, приведенная к интервалу времени  $\Delta t$ . (обычно год);

$\cdot \bar{W}$ -средний ущерб при реализации опасного события (ущерб/событие);

В зависимости от основной причины возникновения риска различают: природный (проявление природных сил природы), техногенный (опасности техносферы), экологический (опасности загрязнения ОС), коммерческие (опасности финансово-хозяйственной деятельности).

При управлении безопасностью используют понятие риска:

- индивидуальный (риск, которому подвергается индивидуум от тех или иных опасностей);

-потенциальный территориальный (пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня);

-социальный риск (зависимость частоты событий, в которых пострадало на определенном уровне число людей больше определенного, от этого определенного числа;

-коллективный риск - ожидаемое (математическое ожидание) число смертельно травмированных за определенный период времени (обычно год);

-приемлемый риск - уровень риска, с которым общество готово мириться ради получения определенных благ или выгод от своей деятельности.

## 2. Негативные факторы воздействия ЧС на окружающую среду и человека.

Угроза выживания человечества связана с состоянием окружающей среды, которая быстро деградирует под натиском человеческой деятельности. В процессе своей экономической деятельности человек, создавая «условия существования» для себя самым разрушительным способом воздействует на окружающую его природу.

Несмотря на усилия и огромные затраты, направленные на предотвращение агрессивных последствий антропогенного воздействия на природу, общий тренд неблагоприятных изменений сохраняется. Наряду с местным загрязнением, антропогенное воздействие на атмосферу может иметь крупные региональные и даже глобальные последствия:

- кислотные осадки,
- парниковый эффект,
- нарушение озонового экрана.

Кислотные осадки – это любые атмосферные осадки - дожди, туманы, снег – кислотность которых выше нормальной. В отдельных регионах выпадают осадки, кислотность которых в 10 -1000 раз превышает норму.

В пресноводных озёрах и ручьях и прудах pH воды обычно 6-7 , и организмы адаптированы именно к этому уровню. При кислой среде погибают яйцеклетки, сперма и молодь водных обитателей.

Многие пищевые цепи, охватывающие почти всех водных животных начинаются в водоёмах. Поэтому происходит сокращение популяций птиц, питающихся рыбой или насекомыми, личинки которых развиваются в воде. Кислотные осадки вызывают деградацию лесов, разрушая защитный покров, делая растения более уязвимыми для насекомых, грибов, и других патологических организмов. В почве кислотные осадки выщелачивают биогены, и почва теряет плодородность.

Под образным выражением «парниковый эффект» подразумевается следующее геофизическое явление: солнечная радиация попадая на землю трансформируется 30% её отражается в космос, остальные 70% поглощаются поверхностью суши и океана. Поглощённая энергия солнечной радиации преобразуется в теплоту и отражается обратно в космос в виде инфракрасных лучей. Чистая атмосфера прозрачна для инфракрасных лучей, а атмосфера, содержащая пары воды, углекислый газ и некоторые другие газы, поглощает инфракрасные лучи, благодаря чему воздух нагревается.

Естественный парниковый эффект создаёт прирост средней температуры на 30 градусов С. Именно этот процесс рассматривают как тенденцию, которая может привести к глобальному потеплению климата. Ожидается, что в середине 20 века количество углекислоты в атмосфере удвоится и температура возрастёт на 2-3 градуса в умеренных широтах, а на полюсах более, чем на 10 градусов.

Это вызовет таяние полярных льдов. В океан дополнительно поступит такое количество воды, что уровень океана поднимется на 100 метров, а это вызовет обширное затопление суши. Изменится циркуляция воздуха и перенос им тепла и влажности. В большинстве районов, характеризующихся жарким, сухим климатом, количество атмосферных осадков увеличится, а в умеренном поясе станет суше.

Наблюдения с искусственных спутников Земли показали, что ежегодно в течение месяца над Антарктидой количество атмосферного озона уменьшается на 60%, а по сравнению с 1959 годом уровень озона сократился на 40% «Дыра» занимает площадь приблизительно равную площади территории США, она появляется в октябре и исчезает в ноябре.

Первооткрыватель озоновой дыры исследователь британской арктической службы Д. Чарльз Фарман.

С ростом ультрафиолетовой радиации связаны увеличение заболеваний глаз и онкологических заболеваний у людей, возникновение мутаций у многих растений, уменьшение продуктивности фитопланктона - основного корма рыб и морских организмов. Считается, что озоновый слой разрушают фторхлоруглеводороды, которые используются для холодильников, аэрозолей и в других промышленных целях человеком

В РФ за последние пять лет, концентрация озона сократилась на 4-6% зимой и 3% летом. Причина разрушения озонового слоя до конца не установлена. Весной 1987 г. озоновая дыра над Антарктидой по результатам космических снимков достигла 7 млн. квадратных километров. В марте 1995 г. озоновый слой стал ещё тоньше на 50% и появились мини-дыры над Северными районами Канады и Скандинавским полуостровом. По данным ВОЗ, уменьшение содержания в атмосфере озона на 1% (что соответствует росту УФО излучения на 2%) приводит к онкологическим заболеваниям, снижению иммунитета. В 1995 г. исполнилось 10 лет со дня принятия Конвенции по защите озонового слоя от воздушных антропогенных выбросов фреона.

### 3. Причины возникновения ЧС.

Возникновение техногенных ЧС обусловлено множеством причин, которые подразделяются на 3 класса :

- опасные внешние воздействия;
- нарушения в оборудовании, сооружениях и технологических процессах;
- ошибки эксплуатации.

Опасные внешние воздействия по отношению к объекту являются внешними угрозами. К внутренним угрозам объекта относятся надежность оборудования и уровень эксплуатации объекта.

Прямой материальный ущерб связан с разрушениями, повреждениями сооружений, оборудования находящегося в зоне действия поражающих факторов ЧС.

Возмещение убытков потребителей, недовыпуск продукции относится к так называемому косвенному ущербу.

Источниками природных ЧС являются практически все виды природных явлений и процессов геологического гидрологического и метеорологического характера. Наиболее частые природные явления и процессы – это наводнения, ураганы, бури, землетрясения, склонные процессы (оползни, селевые потоки, снежные лавины) т. е. высокоскоростные природные явления с катастрофическими последствиями.

Потенциально опасные объекты по характеру возможных ЧС на этих объектах подразделяются на шесть групп.

1 группа – Радиационно опасные объекты (РАОО) при авариях на которых могут произойти массовые радиационные выбросы, поражения людей, животных, растений, а также радиационное загрязнение территорий. К РАОО относятся предприятия ядерного цикла, организации, имеющие исследовательские и экспериментальные реакторы и др.

2 группа – Химически опасные объекты (ХОО) при авариях на которых могут произойти массовые поражения людей, животных, растений, а также загрязнение территорий сильно действующими ядовитыми веществами. К ХОО относятся предприятия по производству, переработке, хранению и утилизации химически опасных веществ. К ХОО относятся производство связанного азота (аммиак, азотная кислота, удобрения), целлюлозы, органических растворителей и масел, ртути, производство нефтяного газа в количестве более 5000м<sup>3</sup>/... и по переработки нефти и др.

3 группа – Пожароопасные объекты (ПОО), на которых производятся, хранятся транспортируются взрывоопасные продукты или вещества, способные к возгоранию и взрыву. Все пожаровзрывоопасные объекты (ПВОО) подразделяются на несколько категорий. Наибольшую опасность представляют объекты: категории А (нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, трубопроводы и склады нефтепродуктов), категории Б – цеха по приготовлению и транспортировке угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры.

4 группа – Биологически опасные объекты (БОО) при авариях на которых возможны массовые поражения флоры и фауны, а также загрязнения территорий биологически опасными веществами. К БОО относятся предприятия по изготовлению белков (дрожжи, белковые препараты), антибиотики, витамины т.е. физиологически активные вещества, органические кислоты (лимонная, уксусная), бактериальные препараты.

5 группа - Гидродинамические опасные объекты, при разрушении которых возможно образование волны прорыва и затопление больших территорий. К ним относятся гидротехнические сооружения: плотины, дамбы, напорные бассейны, гидроаккумулирующие электростанции и т.д.

О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера  
Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007г. №304

Критерии ЧС \\ Вид ЧС	Количество пострадавших	Материальный ущерб	Зона чрезвычайной ситуации
Локальная	не более 10 человек	не более 100 тыс. рублей	не выходит за пределы территории объекта
Муниципальная	не более 50 человек	не более 5 млн. рублей	не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения
Межмуниципальная	не более 50 человек	не более 5 млн. рублей	территория двух и более поселений, внутригородских

			территорий города федерального значения или межселенную территорию
Региональная	свыше 50 но не более 500 человек	свыше 5 но не более 500 млн. рублей	не выходит за пределы территории одного субъекта РФ
Межрегиональная	свыше 50 но не более 500 человек	свыше 5 но не более 500 млн. рублей	территория двух и более субъектов РФ
Федеральная	свыше 500 человек	свыше 500 млн. рублей	

6 группа – объекты жизнеобеспечения предприятий и населенных пунктов, аварии на которых могут привести к катастрофическим последствиям, вызвать загрязнение территорий. К ним относятся объекты энергетических систем, коммунального хозяйства (канализация, водоснабжение, газоснабжение, очистные сооружения), транспортные коммуникации. Согласно ФЗ №116 от 2003г. «О промышленной безопасности» к категории опасных производственных объектов относятся предприятия, на которых:

- получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества: воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные и вещества, представляющие опасность для ОС. При этом характеристики указанных выше веществ, должны находиться в пределах, оговоренных в нормативно-правовых документах;
- используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°C;
- используется стационарно устанавливаемые грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги;
- получаются расплавы черных и цветных металлов и сплавов на основе этих металлов;
- ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

#### 4. Классификация объектов экономики по опасности.

В соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» опасными производственными объектами являются предприятия или их цехи, участки, а также иные производственные объекты, на которых:

- а) получают, используют, перерабатывают, образуют, хранят, транспортируют, уничтожают следующие опасные вещества:
- воспламеняющиеся вещества — газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 °C или ниже;
- окисляющие вещества — поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;
- горючие вещества — жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;
- взрывчатые вещества — при определенных видах внешнего воздействия способные на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;
- токсичные вещества — способные при воздействии на живые организмы привести к их

гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок — от 15 до 200 мг/кг, при нанесении на кожу — от 50 до 400 мг/кг, средняя смертельная концентрация в воздухе — от 0,5 до 2 мг/л;

- высокотоксичные вещества — способные при воздействии на живые организмы привести к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок — не более 15 мг/кг, при нанесении на кожу — не более 50 мг/кг, средняя смертельная концентрация в воздухе — не более 0,5 мг/л;
- вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды (ОПС) и характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности: средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 ч — не более 10 мг/л; средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафний в течение 48 ч, — не более 10 мг/л; средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 ч — не более 10 мг/л;

б) используют оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °C;

в) применяют стационарно установленные грузоподъемные машины, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

г) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

д) ведут горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Для опасных производственных объектов (ОПО) обязательно лицензирование деятельности, сертификация применяемых технических устройств на соответствие требованиям промышленной безопасности, страхование ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и ОПС в случае аварии и декларирование промышленной безопасности.

##### 5. Классификация ЧС

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера по масштабу подразделяются на:

а) чрезвычайную ситуацию локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее - зона чрезвычайной ситуации), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (далее - количество пострадавших), составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее - размер материального ущерба) составляет не более 100 тыс. рублей;

б) чрезвычайную ситуацию муниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей, а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к чрезвычайной ситуации локального характера;

в) чрезвычайную ситуацию межмуниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей;

г) чрезвычайную ситуацию регионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

д) чрезвычайную ситуацию межрегионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

е) чрезвычайную ситуацию федерального характера, в результате которой количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн. рублей.

## 1.2 Лекция №2 (2 часа)

**Тема: «Построение полей поражающих факторов взрывов на промышленных объектах»**

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Взрывы конденсированных взрывчатых веществ.
3. Взрывы технологических систем со сжатыми негорючими газами и перегретыми жидкостями.
4. Взрыв парогазовоздушной смеси в неограниченном пространстве.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

#### Общие сведения

В результате реализации опасности на промышленном объекте образуются поражающие факторы (ПФ) для персонала, населения, окружающей среды и самого объекта. Анализ последствий реальных аварий в промышленности позволяет определить наиболее характерные ПФ[2, 9, 10, 11, 13]. К ним относятся:

- воздушная ударная волна (УВ) взрывов облаков топливовоздушных смесей (ТВС) и конденсированных взрывчатых веществ (ВВ);
  - тепловое излучение огневых (огненных) шаров и горящих разлитий;
  - токсические нагрузки;
  - фрагменты, образующиеся при разрушении зданий, сооружений, технологического оборудования;
  - осколки остекления.

Построение полей ПФ - сложная и трудоемкая научно-техническая задача. Ее решению посвящено значительное число научных работ, существует также ряд утвержденных различными ведомствами методик.

Особенности возникновения и развития аварий на складах нефти и нефтепродуктов показали, что при моделировании физических процессов, протекающих при авариях, должны учитываться следующие явления:

- истечение из отверстия в резервуаре;
- растекание жидкости при квазимгновенном разрушении резервуара;
- испарение жидкости из пролива;
- образование топливовоздушного облака;
- взрыв топливовоздушной смеси в резервуаре или производственном помещении;
- факельное горение струи жидкости;

- вскипание и выброс горящей жидкости при пожаре (boilover). Кроме того, при моделировании развития аварий на складах нефти и нефтепродуктов необходимо оценивать:

- массу горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения аварийных ситуаций;
- максимальные размеры взрывоопасных зон;
- избыточное давление в ударной волне при взрыве паровоздушного облака;
- избыточное давление в ударной волне при взрыве резервуара с перегретой ЛВЖ (ГЖ) в очаге пожара;
- интенсивности теплового излучения;
- разлет осколков при взрывном разрушении технологического оборудования.

#### Взрывы конденсированных взрывчатых веществ

Пожары и взрывы представляют собой явления, в результате которых исходное вещество переходит в качественно новое состояние. Схожесть этих процессов заключается в преобразовании энергии межмолекулярных и межатомных связей в энергии меньшего уровня, принимающие форму тепловой и кинетической, и образовании веществ, плотность которых гораздо меньше первоначальной. Процессы, лежащие в основе пожаров, только химические, а в основе взрывов — и химические, обусловленные реакцией окисления, и физические. При этом для пожаров характерны только диффузионные реакции, а для взрывов газопаровоздушных (ГПВС) и иловоздушных смесей (ПЛВС) — только кинетические. Обычно иод горением понимается самоускоряющееся быстрое химическое превращение, сопровождающееся интенсивным выделением тепла и света. Это определение не универсально. Существует целый класс химических реакций, протекающих с так называемым холодным пламенем и умеренной скоростью. Однако холодное пламя возникает лишь в особых условиях и интересует нас лишь постольку, поскольку возможен его переход в обычное горячее пламя. Соответственно, пламенем (горячим) называется газообразная среда, в которой интенсивная химическая реакция приводит к свечению, выделению тепла и саморазогреву..

Горение — это быстрое окисление кислородом (содержащимся в воздухе или чистым) горючих веществ — угля, жидких нефтяных продуктов, газообразных углеводородов и т. д. Однако химические превращения, соответствующие горению, не ограничиваются процессами соединения с кислородом. В горючих смесях различают горючее и окислитель. Окислителем при горении могут быть также оксиды азота, галоиды, озон. Кроме того, известны процессы горения, в которых участвует только один исходный продукт, способный к быстрому распаду, например, ацетилен ( $C_2H_2$ ), взрывчатые вещества, пороха.

Конденсированные взрывчатые вещества. Под конденсированными взрывчатыми веществами (КВВ) понимаются химические соединения или смеси, находящиеся в твердом или жидком состоянии, которые под влиянием определенных внешних условий способны к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с образованием сильно нагретых и обладающих большим давлением газов, которые, расширяясь, производят механическую работу. Такое химическое превращение ВВ принято называть взрывчатым превращением.

Взрывчатое превращение в зависимости от свойств взрывчатого вещества и вида воздействия на него может протекать в виде взрыва или горения. Взрыв распространяется по взрывчатому веществу с очень большой переменной скоростью, измеряемой сотнями или тысячами метров в секунду. Процесс взрывчатого превращения, определенный прохождением ударной волны по взрывчатому веществу и протекающий с постоянной (для данного вещества при данном его состоянии) сверхзвуковой скоростью, называется детонацией. В случае снижения качества ВВ (увы, ложненне, слеживание) или

недостаточного начального импульса детонация может перейти в 1 оренне или совсем затухнуть - такая детонация называется неполной. Горение КВВ — это процесс взрывчатого превращения, обусловленный передачей энергии от одною слоя взрывчатого вещества к другому путем теплопроводности и излучения тепла газообразными продуктами. Процесс горения ВВ (за исключением инициирующих веществ) протекает сравнительно медленно, со скоростями, не превышающими нескольких метров в секунду. Скорость горения в значительной степени зависит от внешних условий, и в первую очередь от давления в окружающем пространстве: с увеличением давления скорость горения возрастает, при этом в некоторых случаях горение может перейти во взрыв. Горение бризантных ВВ в замкнутом объеме, как правило, переходит в детонацию.

Возбуждение взрывчатого превращения ВВ называется инициированием. Для возбуждения взрывчатого превращения ВВ требуется сообщить ему с определенной интенсивностью необходимое количество энергии (начальный импульс), которая может быть передана одним из следующих способов:

механическим (удар, накол, трение); .  
тепловым (искра, пламя, нагревание);  
электрическим (нагревание, искровой разряд);  
химическим (реакции с интенсивным выделением тепла);  
взры вом другого заряда ВВ (взрыв капсюля-детонатора или соседнего заряда). Все ВВ, применяемые в производстве, делятся на три основные группы: инициирующие, бризантные, метательные.

3. Взрывы технологических систем со сжатыми негорючими газами и перегретыми жидкостями

В большинстве случаев техногенные аварии связаны с неконтролируемым, самопроизвольным выходом в окружающее пространство вещества и/или энергии. Самопроизвольное высвобождение энергии приводит к промышленным взрывам, а вещества — к взрывам, пожарам и химическому загрязнению окружающей среды. Взрыв — процесс быстрого неуправляемого физического или химического превращения системы, сопровождающийся переходом ее потенциальной энергии в механическую работу. Механическая работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров независимо от того, существовали ли они до взрыва или образовались во время взрыва. В основе взрывного процесса могут лежать как физические (разрушение сосуда со сжатым газом или с перегретой жидкостью), так и химические превращения (детонация конденсированного взрывчатого вещества, быстрое сгорание газового облака). Самым существенным признаком взрыва является резкий скачок давления в среде, обуславливающий образование ударной волны, распространяющейся на некоторое расстояние от места взрыва. Избыточное давление в её фронте и осколочные поля, создаваемые летящими обломками и осколками взрывающихся объектов являются основными поражающими факторами взрыва. Осколочные поля характеризуются количеством летящих осколков, их кинетической энергией и радиусом разлёта. При химических взрывах взрывчатые вещества могут быть твердыми, жидкими, газообразными, а также аэровзвесями горючих веществ (жидких и твердых) в окислительной среде (часто в воздухе). Твердые и жидкие взрывчатые вещества в большинстве случаев относятся к классу конденсированных взрывчатых веществ (ВВ). При инициировании взрыва в этих веществах с огромной скоростью протекают экзотермические окислительно-восстановительные реакции или реакции термического разложения с выделением тепловой энергии. Газообразные взрывчатые вещества представляют собой гомогенные смеси горючих газов (паров) с газообразными окислителями—воздухом, кислородом, хлором и др. Взрывоопасные аэровзвеси состоят из мелкодисперсных частиц горючих жидкостей (туманов) или твердых веществ (пылей) в окислительной среде, чаще всего в воздухе.

Физический взрывчаще всего связан с неконтролируемым высвобождением потенциальной энергии сжатых газов из замкнутых объемов машин и аппаратов. Сила взрыва сжатого или сжиженного газа зависит от внутреннего давления, а разрушения вызываются ударной волной от расширяющегося газа (пара) и осколками разорвавшегося резервуара.

Параметрами, определяющими мощность взрыва, являются энергия взрыва и скорость ее выделения. Энергия взрыва определяется физико-химическими превращениями, протекающими при различных типах взрывов. Для парогазовых сред энергию взрыва определяют по теплоте сгорания горючих веществ в смеси с воздухом; конденсированных ВВ — по теплоте, выделяющейся при их детонации (реакции разложения); при физических взрывах систем со сжатыми газами и перегретыми жидкостями - по энергии адиабатического расширения парогазовых сред и перегрева жидкости. В производственных условиях возможны следующие основные виды взрывов: свободный воздушный, наземный, взрыв в непосредственной близости от объекта, а также взрыв внутри объекта (производственного сооружения).

При воздушном взрыве ударная сферическая волна достигает земной поверхности и отражается от нее. На некотором расстоянии от эпицентра взрыва (проекции центра взрыва на земную поверхность) фронт отраженной волны сливаются с фронтом падающей, вследствие чего образуется так называемая головная волна с вертикальным фронтом, распространяющаяся от эпицентра вдоль земной поверхности. Характер воздушной ударной волны при наземном взрыве (за пределами воронки) соответствует дальней зоне воздушного взрыва. Таким образом, как при воздушном, так и при наземном взрывах обычно рассматривают воздушную ударную волну, распространяющуюся от эпицентра с вертикальным фронтом. При подходе ударной волны к препятствию она отражается и происходит торможение масс движущегося воздуха, что приводит к повышению избыточного давления в 2...8 раз. После начального взаимодействия с препятствием (препятствием) ударная волна начинает его обтекать и под действие давления уже попадают боковые и тыльные поверхности препятствия. Она как бы оказывается в сжатом состоянии со всех сторон, однако наибольшее давление оказывается на фронтальную часть препятствия. Категорирование технологических объектов по взрывоопасности производится по значениям показателей  $Q_b$  и  $W$ . Относительный энергетический потенциал взрывоопасности технологического блока (оборудования)  $Q_b = (16,534) \cdot 1^{E/3}$

Энергетический эквивалент взрыва тротила  $W = E/4520$  кг, где  $E$  — полная энергия взрыва.

По этим показателям технологические объекты подразделяются на три категории:

Категория взрывоопасности	$Q_b$	$W, \text{ кг}$
I	$> 37$	$> 5000$
II	$27 \dots 37$	$2000 \dots 5000$
III	$< 27$	$< 2000$

Взрыв парогазовоздушной смеси в неограниченном пространстве

Парогазовоздушное (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).

Таблица 5.24

Расчетное время отключения трубопроводов

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

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

$$m_t = (V_a + V_t) \rho_t .$$

где  $V_a = 0,01P_1V_1$  - объем газа, вышедшего из аппарата, м<sup>3</sup>;  $P_1$  - давление в аппарате, кПа;  $V_1$  - объем аппарата, м<sup>3</sup>;  $V_t = V_{t1} + V_{t2}$  - объем газа, вышедшего из трубопровода, м<sup>3</sup>;  $V_{t1} = Q\tau$  - объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м<sup>3</sup>;  $Q$  - расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газа и т.п., м<sup>3</sup>/с;  $\tau$  -

$$V_{t2} = 0,01\pi P_2 \sum_{i=1}^n r_i^2 L_i$$

время, определяемое по табл. 5.24;  $-$  объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м<sup>3</sup>;  $P_2$  - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;  $r_i$  - внутренний радиус  $i$ -го участка трубопровода, м;  $L_i$  - длина  $i$ -го участка трубопровода от аварийного аппарата до задвижек, м;  $n$  - число поврежденных участков трубопровода;  $\rho_t$  - плотность паров газа, кг/м<sup>3</sup>.

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.

### 1.3 Лекция №3 (2 часа)

**Тема: «Моделирование последствий аварий на промышленных объектах, обусловленных пожарами»**

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся пожарами.

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

##### Общие сведения

Современный человек на протяжении своей жизни находится в различных средах: социальной, производственной, местной (городской, сельской), бытовой, природной и др. Человек и среда его обитания образуют систему, состоящую из множества взаимодействующих элементов, имеющую упорядоченность в определенных границах и обладающую специфическими свойствами. Такое взаимодействие определяется множеством факторов и оказывает влияние как на самого человека, так и на соответствующую среду его обитания. Это влияние может быть, с одной стороны, положительным, с другой - одновременно и отрицательным (негативным).

За последние годы резко возросло количество аварий промышленного характера. Неисчислимы сообщения о порывах трубопроводов, аварийных сбросов в водоемы и выбросах в атмосферу нефти, газа, ядовитых и радиоактивных веществ. Крупные производственные аварии наносят большой ущерб народному хозяйству, поэтому обеспечение безаварийной работы имеет исключительно большое государственное значение.

Современное промышленное предприятие является сложным инженерно-техническим комплексом. Успех его работы во многом зависит от состояния других предприятий отрасли, объектов смежных отраслей, обеспечивающих поставки по кооперации, а также от состояния энергоснабжения, транспортных коммуникаций, связи и т. п.

Мероприятия по предупреждению аварий являются наиболее сложными и трудоемкими. Они представляют комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий, направленных на выявление и устранение причин аварий и катастроф, максимальное снижение возможных разрушений и потерь в случае, если эти причины полностью не удается устраниить, а также на создание благоприятных условий для организации и проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

Под пожаром понимают неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей. Причины возникновения пожаров на промышленных объектах можно разделить на две группы. Первая - это нарушение противопожарного режима или неосторожное обращение с огнем, вторая - нарушение мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий. Пожары могут быть следствием взрывов в помещениях или производственных аппаратах при утечках и аварийных выбросах пожаровзрывоопасных сред в объемы производственных помещений.

Пожар, как явление, может принимать различные формы, однако все они в конечном счете сводятся к химической реакции между горючими веществами и кислородом воздуха (или иным видом окислительной среды). Для возникновения пожара необходимо наличие трех компонентов: горючего вещества, кислорода (или иного окислителя) и первоначального источника теплоты с энергией, достаточной для начала реакции горения. Горючее и окислитель должны находиться в определенных соотношениях друг с другом. Большинство пожаров связано с горением твердых веществ, хотя начальная стадия пожара может быть связана с горением жидких и газообразных горючих веществ, в большом количестве используемых в современном промышленном производстве.

Образование пламени связано с газообразным состоянием вещества, поэтому горение жидких и твердых веществ, сопровождающееся возникновением пламени, предполагает их предварительный переход в газообразную фазу. В случае горения жидкостей этот процесс обычно заключается в простом кипении с испарением у поверхности, в то время как при горении почти всех твердых веществ образование продуктов, способных улетучиваться с поверхности материала и попадать в область пламени, происходит путем химического разложения или пиролиза.

Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся пожарами

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

Термическое воздействие определяется величиной плотности потока поглощенного излучения  $\text{qпогл}$  ( $\text{kVt/m}^2$ ) и временем теплового излучения  $\tau$  (с).

Плотность потока поглощенного излучения  $\text{qпогл}$  связана с плотностью потока падающего излучения  $\text{qпад}$  соотношением  $\text{qпогл} = \varepsilon \text{qпад}$ , где  $\varepsilon$  - степень черноты (поглощающая способность) тепловоспринимающей поверхности. Чем ниже степень

черноты (больше отражательная способность), тем меньше при прочих равных условиях величина спогл (далее  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>).

Человек ощущает сильную (едва переносимую) боль, когда температура верхнего слоя кожи превышает 45°C. Время достижения "порога боли"  $\tau$  (с) определяется по формуле

$$\tau = (35/q)^{1.33}. \quad (5.71)$$

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

Таблица 5.27

Характеристика ожогов кожи человека

С тепень о жога	Повреждае- мый слой	Характеристика	Доза воздействия, кДж/м <sup>3</sup>
I	Эпидермис	Покраснение кожи	Менее 42
I	Дерма	Волдыри	42-84
II	Подкожны- й слой	Летальный исход при поражении более 50% кожи	Более 84

Время воспламенения горючих материалов  $\tau$  (с) при воздействии на них теплового потока плотностью  $q$  (кВт/м<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$\tau = A/(q - q_{kp})^n, \quad (5.72)$$

где  $q_{kp}$  - критическая плотность теплового потока, кВт/м<sup>2</sup>;  $A$ ,  $n$  - константы для конкретных материалов (например, для древесины  $A = 4300$ ,  $n = 1,61$ ).

Значения  $q_{kp}$  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.

## 1.4 Лекция №4 (2 часа)

**Тема: «Моделирование последствий аварий на промышленных объектах с выбросом АХОВ».**

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Классификация АХОВ.
3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом АХОВ.

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие сведения.

**Опасное химическое вещество (ОХВ)** – химическое вещество, прямое или опосредованное действие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

**Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)** – ОХВ, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (выливе) которого может произойти заражение окружающей среды с поражающими живой организм концентрациями (токсодозами).

**АХОВ ингаляционного действия (АХОВИД)** – аварийно химически опасное вещество, при выбросе (выливе) которого могут произойти массовые поражения людей ингаляционным путем.

Из всех вредных веществ, используемых в настоящее время в промышленности (более 600 тысяч наименований), только немногим более 100 можно отнести к АХОВ, 34 из которых получили наибольшее распространение. Полный перечень АХОВ приведен в документах.

Способность любого вещества легко переходить в окружающую среду и вызывать массовые поражения определяется его основными физико-химическими и токсическими свойствами. Наибольшее значение из физико-химических свойств имеют агрегатное состояние, растворимость, плотность, летучесть, температура кипения, гидролиз, давление насыщенных паров, коэффициент диффузии, теплота испарения, температура замерзания, вязкость, коррозионная активность, температура вспышки и температура воспламенения и др.

Основные физико-химические характеристики наиболее распространенных АХОВ приведены в табл.1.4.

Механизм токсического действия АХОВ заключается в следующем. Внутри человеческого организма, а также между ним и внешней средой, происходит интенсивный обмен веществ. Наиболее важная роль в этом обмене принадлежит ферментам (биологическим катализаторам). Ферменты - это химические (биохимические) вещества или соединения, способные в ничтожно малых количествах управлять химическими и биологическими реакциями в организме.

Токсичность тех или иных АХОВ заключается в химическом взаимодействии между ними и ферментами, которое приводит к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма. Полное подавление тех или иных ферментных систем вызывает общее поражение организма, а в некоторых случаях его гибель.

Для оценки токсичности АХОВ используют ряд характеристик, основными из которых являются: концентрация и токсическая доза.

Концентрация – количество вещества (АХОВ) в единице объема, массы (мг/л, г/кг, г/м<sup>3</sup> и т.д.).

Пороговая концентрация- это минимальная концентрация, которая может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют работоспособность.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны - концентрация вредного вещества в воздухе, которая при ежедневной работе в течение 8 часов в день (41 часа в неделю) за время всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья работающих, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Средняя смертельная концентрация в воздухе – концентрация вещества в воздухе, вызывающая гибель 50% пораженных при 2-, 4-часовом ингаляционном воздействии.

Токсическая доза – это количество вещества, вызывающего определенный токсический эффект.

Токсическая доза принимается равной:

при ингаляционных поражениях – произведению средней по времени концентрации АХОВ в воздухе на время ингаляционного поступления в организм. Измеряется в г·мин/ м<sup>3</sup>, г·с/ м<sup>3</sup>, мг·мин /л и т.д.;

при кожно-резорбтивных поражениях - массе АХОВ, вызывающей определенный эффект поражения при попадании на кожу. Единицы измерения – мг/см<sup>2</sup>, мг/м<sup>3</sup>, г/м<sup>2</sup>, кг/см<sup>2</sup>, мг/кг и т.д.

Для характеристики токсичности веществ при их попадании в организм человека ингаляционным путем выделяют следующие токсодозы:

средняя смертельная токсодоза ( $LC_{\tau_{50}}$ ) – приводит к смертельному исходу 50 % пораженных;

средняя, выводящая токсодоза ( $IC_{\tau_{50}}$ ) – приводит к выходу из строя 50 % пораженных;

средняя пороговая токсодоза ( $PC_{\tau_{50}}$ ) – вызывает начальные симптомы поражения у 50 % пораженных;

средняя смертельная доза при введении в желудок - приводит к гибели 50% пораженных при однократном введении в желудок (мг/кг).

Для оценки степени токсичности АХОВ кожно-резорбтивного действия используют значения средней смертельной токсодозы ( $LD_{50}$ ), средней выводящей из строя токсодозы ( $ID_{50}$ ) и средней пороговой токсодозы ( $PD_{50}$ ). Единицы измерения - г/чел, мг/чел, мл/кг и т.д.

Средняя смертельная доза при однократном нанесении на кожу приводит к гибели 50 % пораженных.

## 2. Классификация АХОВ.

Наиболее важными являются классификации:

по степени воздействия на организм человека;

по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации (табл. 1.6);

по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения;

по тяжести воздействия на основании учета нескольких важнейших факторов;

по способности к горению.

Таблица 1.5

Классификация АХОВ по степени воздействия на организм человека

№ п/п	Показатель	Нормы для класса опасности			
		1	2	3	4
1	Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	более 10,0
2	Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15-150	151-5000	более 5000
3	Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	менее 100	100-500	501-2500	более 2500
4	Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500-5000	5001-50000	более 50000
5	Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300-30	29-3	менее 3,0
6	Зона острого действия	менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	более 54,0
7	Зона хронического действия	более 10,0	10,0-5,0	5,0-2,5	менее 2,5

Примечание:

1. Каждое конкретное АХОВ относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

2. Коэффициент возможности ингаляционного отравления равен отношению максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°C к средней смертельной концентрации вещества для мышей при двухчасовом воздействии.

3. Зона острого действия – это отношение средней смертельной концентрации АХОВ к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

4. Зона хронического действия – это отношение минимальной пороговой концентрации, вызывающей изменения биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении не менее 4-х месяцев.

5. По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1 – вещества чрезвычайно опасные; 2 – вещества высоко опасные;

3 – вещества умеренно опасные; 4 – вещества малоопасные.

Таблица 1.6

Классификация АХОВ по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации

№ п/п	Наименование группы	Характер действия	Наименование АХОВ
1	Вещества преимущественно удушающим действием	Воздействуют на дыхательные пути человека	Хлор, фосген, хлорпикрин
2	Вещества преимущественно общеядовитого действия	Нарушают энергетический обмен	Окись углерода, цианистый водород
3	Вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием	Вызывают отек легких при ингаляционном воздействии и нарушают энергетический обмен при резорбции	Амил, акрилонитрил, азотная кислота, окислы азота, сернистый ангидрид, фтористый водород
4	Нейротропные яды	Действуют на генерацию, проведение и передачу нервного импульса	Сероуглерод, тетраэтил-свинец, фосфорорганические соединения.
5	Вещества, обладающие удушающим и нейтронным действием	Вызывают токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы	Аммиак, гептил, гидразин и др.
6	Метаболические яды	Нарушают процессы метаболизма вещества в организме	Окись этилена, дихлорэтан
7	Вещества, нарушающие обмен веществ	Вызывают заболевания с чрезвычайно вялым течением и нарушают обмен веществ	Диоксин, полихлорированные бензфураны, галогенированные ароматические соединения и др.

Таблица 1.7  
Классификация АХОВ по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения

Группа	Характеристики	Типичные представители
1	Жидкие летучие, хранимые в емкостях под давлением (сжатые и сжиженные газы)	Хлор, амиак, сероводород, фосген и др.
2	Жидкие летучие, хранимые в емкостях без давления	Синильная кислота, нитрил акриловой кислоты, тетраэтилсвинец, дифосген, хлорпикрин и др.
3	Дымящие кислоты	Серная ( $\rho \geq 1,87$ ), азотная ( $\rho \geq 1,4$ ), соляная ( $\rho \geq 1,15$ ) и др.
4	Сыпучие и твердые нелетучие при хранении до $40^{\circ}\text{C}$	Сулена, фосфор желтый, мышьяковый ангидрид и др.
5	Сыпучие и твердые летучие при хранении до $40^{\circ}\text{C}$	Соли синильной кислоты, меркураны и др.

Таблица 1.8  
Классификация АХОВ по тяжести воздействия на основании учета нескольких факторов

№ п/п	Признак	Наименование АХОВ			
		Хлор	Амиак	Иприт	Диоксин
1	Способность к рассеиванию	2	2	0	0
2	Стойкость	1	1	2	2
3	Промышленное значение	4	4	0	0
4	Способ попадания в организм	2	2	1	1
5	Степень токсичности	4	0	8	8
6	Соотношение числа пострадавших к числу погибших	1	1	2	2
7	Отложенные эффекты	0	0	2	2
	<b>И Т О Г О:</b>	14	10	15	15

Значительная часть АХОВ является легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами, что часто приводит к возникновению пожаров и взрывов в случае разрушений емкостей, а также образованию в результате горения новых токсических соединений.

По способности к горению все АХОВ делятся на группы:

негорючие (фосген, диоксин и др.). Вещества данной группы не горят в условиях нагревания до  $900^{\circ}\text{C}$  и концентрации кислорода до 21 %;

негорючие пожароопасные вещества (хлор, азотная кислота, фтористый водород, окись углерода, сернистый ангидрид, хлорпикрин и др. термически нестойкие вещества, ряд сжиженных и сжатых газов). Вещества данной группы не горят в условиях нагревания до  $900^{\circ}\text{C}$  и концентрации кислорода до 21%, но разлагаются с выделением горючих паров;

трудногорючие вещества (жиженный амиак, цианистый водород и др.). Вещества данной группы способны возгораться только при действии источника огня;

горючие вещества (акрилонитрил, амил, газообразный амиак, гептил, гидразин, дихлорэтан, сероуглерод, тетраэтилсвинец, окислы азота и т.д.). Вещества данной группы способны к самовозгоранию и горению даже после удаления источника огня.

**Химически опасный объект (ХОО)** – это объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют ОХВ, при аварии или разрушении

которого могут произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

Понятие химически опасный объект объединяет большую группу производственных, транспортных и других объектов экономики, различных по предназначению и технико-экономическим показателям, но имеющим общее свойство – при авариях они становятся источниками токсических выбросов.

К химически опасным объектам относятся:

заводы и комбинаты химических отраслей промышленности, а также отдельные установки (агрегаты) и цеха, производящие и потребляющие АХОВ;

заводы (комплексы) по переработке нефтегазового сырья;

производства других отраслей промышленности, использующие АХОВ (целлюлозно-бумажной, текстильной, металлургической, пищевой и др.);

железнодорожные станции, порты, терминалы и склады на конечных (промежуточных) пунктах перемещения АХОВ;

транспортные средства (контейнеры и наливные поезда, автоцистерны, речные и морские танкеры, трубопроводы и т.д.).

При этом АХОВ могут быть как исходным сырьем, так промежуточными и конечными продуктами промышленного производства.

АХОВ на предприятии могут находиться в технологических линиях, хранилищах и базисных складах.

Анализ структуры химически опасных объектов показывает, что основное количество АХОВ хранится в виде исходного сырья или продуктов производства.

Сжиженные АХОВ содержатся в стандартных емкостных элементах. Это могут быть алюминиевые, железобетонные, стальные или комбинированные резервуары, в которых поддерживаются условия, соответствующие заданному режиму хранения (табл. 1.9).

Наземные резервуары на складах располагаются, как правило, группами с одним резервным резервуаром на группу. Вокруг каждой группы резервуаров по периметру предусматривается замкнутое обвалование или ограждающая стенка. У некоторых отдельно стоящих больших резервуаров могут быть поддоны или подземные железобетонные резервуары.

Твердые АХОВ хранят в специальных помещениях или на открытых площадках под навесами.

На близкие расстояния АХОВ перевозят автотранспортом в баллонах, контейнерах (бочках) или автоцистернах.

Из широкого сортамента баллонов средней емкости для хранения и перевозки жидких АХОВ наиболее часто используются баллоны емкостью от 0,016 до 0,05 м<sup>3</sup>. Емкость контейнеров (бочек) варьирует в пределах от 0,1 до 0,8 м<sup>3</sup>. Автоцистерны используются в основном для перевозки аммиака, хлора, амила и гептила. Стандартный аммиаковоз имеет грузоподъемность 3,2; 10 и 16 т. Жидкий хлор транспортируют в автоцистернах вместимостью до 20 т, амил – до 40 т, гептил – до 30 т.

По железной дороге АХОВ перевозят в баллонах, контейнерах (бочках) и цистернах. Основные характеристики цистерн приведены в табл.1.10.

Баллоны перевозятся, как правило, в крытых вагонах, а контейнеры (бочки) – на открытых платформах, в полувагонах и в универсальных контейнерах МПС. В крытом вагоне баллоны размещены рядами в горизонтальном положении до 250 штук.

В открытом полувагоне контейнеры устанавливают в вертикальном положении рядами (до 3 рядов) по 13 контейнеров в каждом ряду. На открытой платформе контейнеры перевозят в горизонтальном положении (до 15 штук).

Железнодорожные цистерны для перевозки АХОВ могут иметь объем котла от 10 до 140 м<sup>3</sup> грузоподъемностью от 5 до 120 т.

Водным транспортом большинство АХОВ перевозится в баллонах и контейнерах (бочках), однако ряд судов оборудован специальными резервуарами (танками) вместимостью до 10 000 тонн.

В Российской Федерации успешно функционирует аммиакопровод Тольятти-Одесса общей протяженностью 2424 км, диаметр 0,35 м, пропускная способность 2,5 млн.т/год. Трасса разбита на 334 поста секционирования и имеет 30 раздаточных станций с мощностью по отгрузке до 200 т/сутки.

**Химически опасная административно-территориальная единица (АТЕ)** – административно-территориальная единица, более 10% населения которой могут оказаться в зоне возможного химического заражения при авариях на химически опасных объектах.

Классификация объектов экономики и АТЕ по химической опасности проводится на основании методических рекомендаций и критериев, приведенных в табл.1.11.

**Зона химического заражения** – территория, в пределах которой распространены или куда привнесены ОХВ в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

**Санитарно-защитная зона (СЗЗ)** – территория вокруг потенциально опасного объекта, устанавливаемая для предотвращения или уменьшения влияния вредных факторов его воздействия на людей, сельскохозяйственных животных и растения, а также на окружающую природную среду.

3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом АХОВ.

Прогнозирование масштабов заражения АХОВ осуществляется по Методике прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на ХОО и транспорте.

Методика предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов АХОВ в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах.

**Основные допущения и ограничения:**

1. Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью.
2. Толщина слоя жидкостей АХОВ ( $h$ ), разлившихся свободно, принимается равной 0,05 м, а для АХОВ, разлившихся в поддон или обвалование, из уравнений (2.13) или (2.14):

для жидкостей имеющих самостоятельный поддон (обвалование):

$$h = H - 0,2, \quad (2.13)$$

где  $H$  – высота обвалования м;

$h$  – толщина слоя жидкости АХОВ в обваловании, м;

для емкостей имеющих общий поддон (обвалование) на группу:

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (2.14)$$

где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>;

$F$  – реальная площадь разлива в поддон (м<sup>2</sup>).

3. Предельная продолжительность сохранения метеоусловий – N=4 часа.

4. Расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ. Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

**Основные исходные данные:**

- общее количество АХОВ на объекте экономики;
- количество АХОВ, выброшенное в окружающую среду, и характер разлива;
- высота обвалования;
- метеорологические условия (температура воздуха, почвы, скорость ветра в приземном слое (на высоте 10 метров), степень вертикальной устойчивости воздуха);
- плотность (количество) населения в зоне возможного химического заражения и степень его защиты.

**Порядок проведения расчетов.**

1. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее в первичное облако:

$$Q_{\mathcal{E}1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0, \quad (2.15)$$

где  $Q_{\mathcal{E}1}$  – эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке, т;

$Q_0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (приложение 1, табл.2);

$K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ (приложение 1, табл.2);

$K_5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии и 0,08 – для конвекции;

$K_7'$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (приложение 1, табл.2).

2. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее во вторичное облако:

$$Q_{\mathcal{E}2} = (1 - K_1) K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\prime\prime} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (2.16)$$

где  $Q_{\mathcal{E}2}$  – количество АХОВ во вторичном облаке, т;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра;

$K_6$  – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии ( $N$ ), и определяемый из условия (2.17);

$K_7^{\prime\prime}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака.

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T, \end{cases} \quad (2.17)$$

где  $T$  – время испарения АХОВ с площади разлива, час, определяется из уравнения (2.14).

Примечание:

В случае полного разрушения химически опасного объекта расчет эквивалентного количества АХОВ в облаке ведется по методу для вторичного облака:

$$Q_{\mathcal{E}} = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i}^{\prime\prime} \cdot \frac{Q_i}{d_i}, \quad (2.18)$$

где  $d_i$  – плотность  $i$ -го АХОВ,  $\text{т}/\text{м}^3$  (приложение 1, табл.2);

$Q_i$  – запасы  $i$ -го АХОВ на объекте, т;

$K_{ji}$  –  $j$  коэффициенты для  $i$ -го АХОВ;

$n$  – количество одновременно выброшенных в окружающую среду наименований АХОВ.

3. По табл.1 приложения 1, определяем глубину распространения первичного ( $\Gamma_1$ ) и вторичного ( $\Gamma_2$ ) облаков АХОВ, а общую глубину распространения зараженного воздуха вычисляем по формуле:

$$\Gamma_\Sigma = \Gamma'_0 + 0,5\Gamma'', \quad (2.19)$$

где  $\Gamma_\Sigma$  – общая глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха, км;

$\Gamma'$  – большее из двух значений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , км;

$\Gamma''$  – меньшее из двух значений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , км.

4. Общую глубину распространения облака зараженного воздуха сравниваем с возможным предельным значением глубины переноса воздушных масс ( $\Gamma_n$ ), определяемой из уравнения (2.20). Из двух значений выбираем наименьшее.

$$\Gamma_n = N \cdot V, \quad (2.20)$$

где  $V$  – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха (приложение 1, табл.5), км/ч.

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_\Sigma \\ \Gamma_n \end{cases}, \quad (2.21)$$

где  $\Gamma$  – глубина зоны возможного заражения АХОВ, км.

5. Вычисляем площадь зоны возможного заражения АХОВ:

$$S_e = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot (\Gamma)^2 \cdot \varphi, \quad (2.22)$$

где  $\varphi$  – угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ, град.

Определяются по приложению 1, табл.4.

6. Вычисляем площадь зоны фактического заражения АХОВ:

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (2.23)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха и равный: 0,081 – для инверсии, 0,0133 – для изотермии и 0,235 – для конвекции.

7. Вычисляем продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива)

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{1/2}}. \quad (2.24)$$

8. Вычисляем время подхода зараженного воздуха к объекту

$$t = \frac{x}{V}, \quad (2.25)$$

где  $x$  – расстояние от источника заражения до объекта, км;

$t$  – время подхода облака зараженного воздуха к объекту, час.

9. Вычисляем возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ:

$$P^0 = S_\phi \cdot \left[ \frac{\Gamma_e}{\Gamma} \cdot \Delta \cdot K + \left( 1 - \frac{\Gamma_e}{\Gamma} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right], \quad (2.26)$$

где  $P^0$  – общие потери населения в очаге поражения АХОВ, чел;

$\Gamma_e$  – глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха в городе, км;

$\Delta, \Delta'$  – средняя плотность населения соответственно в городе и загородной зоне ( $\text{чел}/\text{км}^2$ );

$K, K'$  – доля незащищенного населения соответственно в городе и загородной зоне:

$$K = 1 - n_1 - n_2, \quad (2.27)$$

$$K' = 1 - n_1' - n_2'. \quad (2.28)$$

где:  $n_1, n_1'$  – доли населения, обеспеченногопротивогазами, соответственно в городе и в загородной зоне;

$n_2, n_2'$  – доли населения, обеспеченного убежищами соответственно в городе и загородной зоне.

Для оперативных расчетов принимается, что структура потерь в очаге поражения АХОВ составит:

35 % – безвозвратные потери;

40 % – санитарные потери тяжелой и средней форм тяжести (выход людей из строя на срок не менее чем на 2-3 недели с обязательной госпитализацией);

25 % – санитарные потери легкой формы тяжести.

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план) в следующей последовательности:

точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;

на оси следа откладывают величину глубины распространения зараженного воздуха;

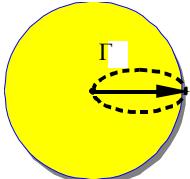
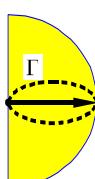
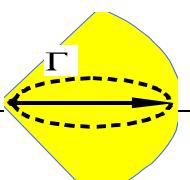
синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора (табл.2.7);

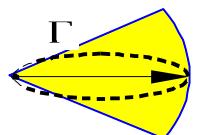
зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;

возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В числите – тип и

количество выброшенного АХОВ (т), в знаменателе – время и дата аварии.

Таблица 2.7  
Отображение зон возможного заражения АХОВ на картах (схемах)

№№ п/п	Скорость ветра, $u$ (м/с)	Угловые размеры зоны BX3, $\phi$ (град)	Вид зоны BX3	Поясняющая надпись	Графическое изображение зоны BX3
1	0,5 и менее	360	окружность	<u>хлор - 10</u> 6.00 1.7	
2	$0,6 \div 1,0$	180	полуокруж- ность	<u>хлор - 5</u> 7.00 1.8	
3	$1,1 \div 2,0$	90	сектор	<u>хлор - 8</u> 5.00 3.6	

4	более 2,0	45	сектор	аммиак - 10 4.00 5.3	

Примечание:

Зона фактического заражения имеет форму эллипса, входит в зону возможного заражения и, обычно, не наносится на карты (схемы) ввиду возможного перемещения облака АХОВ.

Схема зоны возможного химического заражения приведена на рис.2.5.

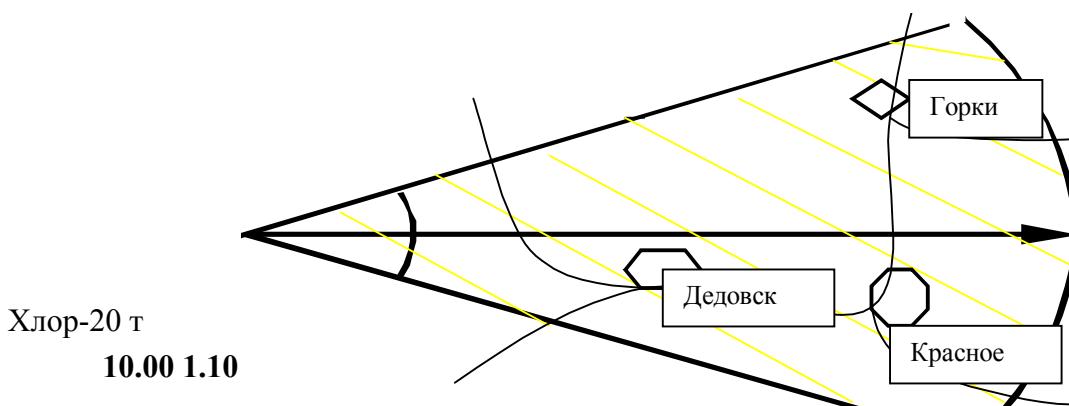


Рис. 2.5. Схема площади зоны возможного химического заражения

Зона возможного химического заражения часто дополнительно подразделяется на:  
район аварии или место разлива АХОВ (непосредственно на карту не наносится);  
зону возможного распространения зараженного воздуха – площадь, в пределах которой распространяются АХОВ с поражающей концентрацией.  
Населенные пункты в зоне возможного химического заражения с находящимися в них людьми, сельскохозяйственными животными и растениями составляют очаг возможного химического поражения.

## 1.5 Лекция №5

### Тема: «Сценарии развития ЧС»

#### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Анализ техногенного риска.
2. Типовые фрагменты деревьев событий, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ.

#### 1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Анализ техногенного риска.

Общая структура анализа техногенного риска включает идентификацию опасностей, компьютерную оценку риска, сравнение полученных оценок с критерием приемлемости. Процедура анализа риска предусматривает в случае неприемлемости риска разработку мероприятий по его снижению и повторную оценку риска. Расчет показателей риска необходим для принятия управленческих решений, в основе которых находится операция сравнения рассчитанного риска с приемлемым уровнем риска.

Общепринятых (пороговых) приемлемых значений индивидуального, в том числе, и социального риска для оценки потенциально опасных производств в мире пока нет. Предполагаемые пороговые значения риска колеблются от  $10^{-3}$  до  $10^{-8}$ . Голландия: неприемлемый индивидуальный риск выше  $10^{-6}$  в год, разумный или приемлемый  $10^{-8}$  в год, английский ученый В. Маршал предлагает в зависимости от ожидаемых выгод обсуждать уровни риска в диапазоне  $10^{-3} - 10^{-6}$ . Разброс обуславливается отношением к риску (добровольный или принудительный), уровнем развития экономики и промышленной безопасности в стране, а также различиями в методологии анализа риска.

Наибольшую практическую значимость для населения выбор критерия приемлемого риска имеет при зонировании территорий, прилегающих к потенциально опасным объектам, т.е. есть при определении территорий, характеризующихся той или иной степенью опасности для населения. Комплексной мерой риска опасного объекта (территории) является потенциальный индивидуальный риск – пространственное распределение вероятности (частоты) реализации негативного воздействия определенного уровня.

Потенциальный индивидуальный риск при оценке выбросов вредных веществ в точке  $(x,y)$  оценивается по формуле:

$$RI(x,y) = \sum P(A)_i P_{ij}(x,y) P(L)_j,$$

где  $P(A)_i$  – вероятность  $i$ -го инициирующего события,

$P_{ij}(x,y)$  – вероятность реализации  $j$ -го механизма воздействия в точке  $(x,y)$  для  $i$ -го инициирующего события,

$P(L)_j$  – вероятность летального исхода (или заболевания) при реализации  $j$ -го механизма воздействия.

Потенциальный индивидуальный (территориальный) риск в соответствии с названием, представляет собой потенциал максимально возможно риска для конкретных объектов воздействия, находящихся в данной точке пространства. Даётся мера риска не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данной точке пространства.

Предполагается, что вероятность нахождения объекта воздействия в любой точке пространства равна 1. На практике важно знать распространение потенциального риска для отдельных источников опасности и для отдельных сценариев развития.

В настоящее время предложен следующий состав зон и соответствующие уровни приемлемого риска для населения:

а). Для территорий вблизи существующих потенциально опасных объектов уровень риска  $10^{-4}$  – зона недопустимого риска; менее  $10^{-4}$ , но более  $10^{-5}$  – зона жесткого контроля риска; менее  $10^{-5}$  – зона приемлемого риска.

б). Для территорий вблизи нового строительства уровень риска должен быть снижен для каждой зоны на порядок (рис.1).

Зона недопустимого риска – это территория, где необходимо либо проводить комплекс мероприятий, обеспечивающих снижение риска, либо не допускать нахождение людей в этой зоне.

Для нового строительства, в таких зонах вообще не следует рассматривать нахождение людей, не связанных непосредственно с обслуживанием технологических процессов на объекте.

Зона жесткого контроля – зона, где должны выполняться следующие требования:

-нахождение в зоне ограниченного числа людей в течение ограниченного отрезка времени (например, один-два объекта с наибольшей рабочей сменой до 100 человек в течение рабочей смены);

-персонал таких объектов должен быть хорошо обучен и готов к проведению защитных мероприятий;

-объект, находящийся в такой зоне, сам не должен быть потенциально опасным объектом. Зона приемлемого риска – это территория, где допускается любое строительство и размещение населения.

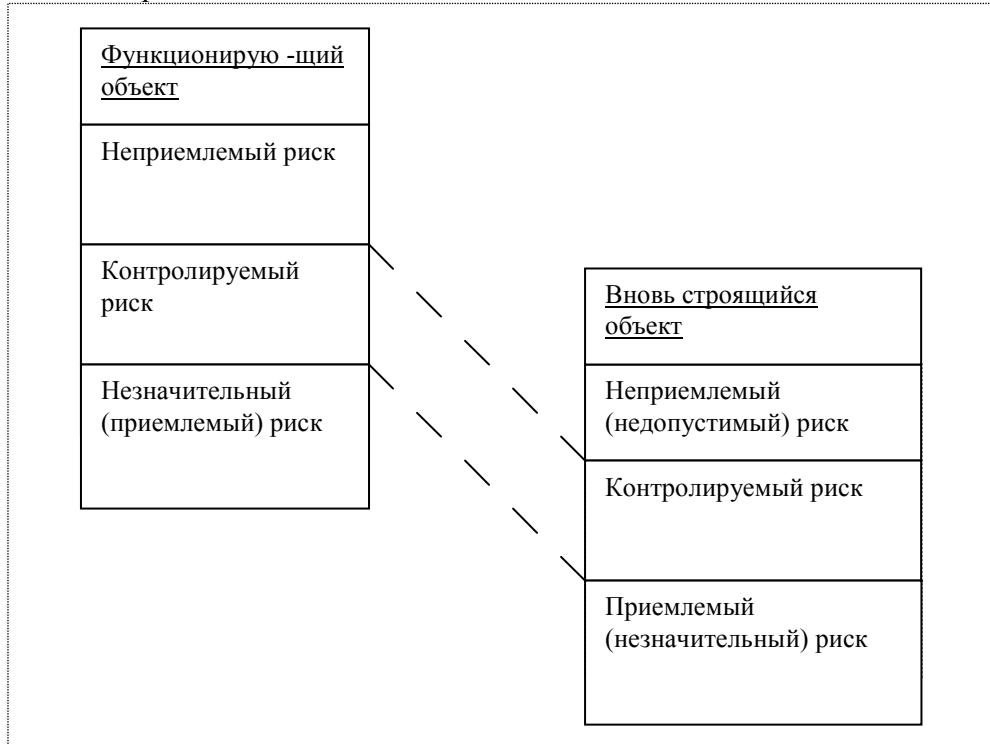


Рис.1. Рекомендуемые нормативные уровни индивидуального риска.

Критерии социального риска:

-неприемлемый риск, когда 25 взрослых (детей, престарелых, больных) и более людей подвергаются опасности с частотой более  $10^{-5}$  ( $10^{-4}$ ) соответственно.

Анализ риска включает решение следующих задач:

-построение всего множества, сценариев возникновения и развития аварии;  
-оценку частоты реализации каждого из сценариев возникновения и развития аварии;

-построение полей поражающих факторов, возникающих при различных сценариях развития аварии;

-оценку последствий воздействия поражающих факторов аварии на человека и другие объекты.

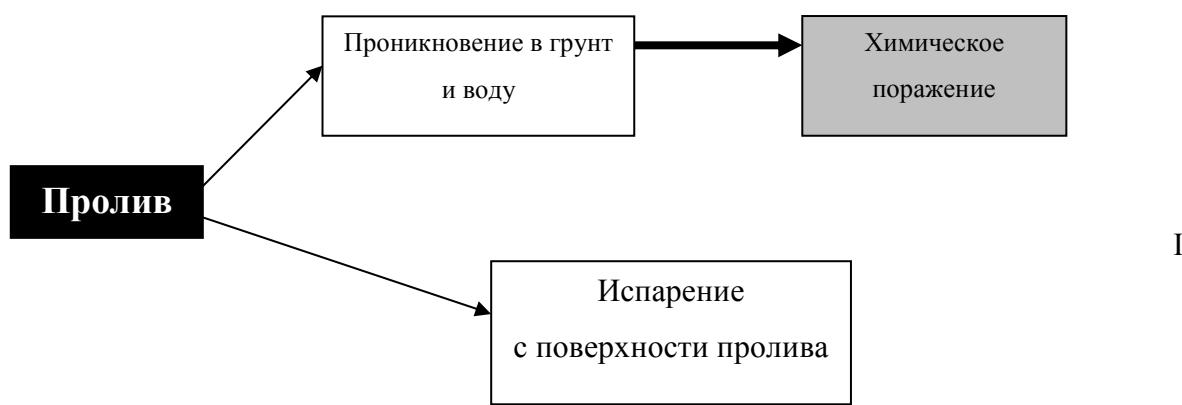
2. Типовые фрагменты деревьев событий, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ

Аварийные ситуации на объектах, представляющих собой сложную техническую систему, характеризуются комплексом поражающих факторов и имеют довольно сложные причинно-следственные связи, в том числе, зачастую при развитии ситуации имеет место, так называемый, «эффект домино». Поэтому при построении деревьев событий для таких чрезвычайных ситуаций, воздействие которых обусловлено пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, целесообразно использовать шесть типовых фрагментов (цепочек) деревьев событий. Как показал проделанный анализ, этого количества типовых фрагментов достаточно для построения дерева событий любой аварии указанного типа. К числу таких фрагментов относятся (в порядке дальнейшего изложения): «Пролив», «Контакт паров (газа) с воздухом», «Разрушение облака», «Реагирующая смесь», «Горение», «Взрыв».

При проливе токсичных и/или горючих жидкостей на грунт происходит испарение их с поверхности грунта, проникновение и миграция по профилю грунта, сорбция вещества составными частями грунта и взаимодействие с кислородом воздуха, водой, предметами и веществами на поверхности и химическими элементами грунта. (За редким исключением горючие вещества и их продукты сгорания являются токсичными веществами). Миграционная способность веществ в почве и глубина их проникновения в почву зависят от физико-химических свойств компонентов, сорбционной способности почвы, ее типа, химического состава, водного режима и так далее.

Загрязненная почва может быть причиной заражения воды рек и открытых водоемов (озер, прудов) вследствие поступления веществ с талыми и ливневыми стоками, а также источником загрязнения трав, культурных растений, которые являются продуктами питания домашних животных и человека. При попадании на грунт токсичные жидкости могут длительное время (месяцы, годы) сохраняться в почве, служа источником загрязнения атмосферы и воды водоносных подземных горизонтов.

На Рис. 1 представлен типовой фрагмент дерева событий при развитии аварийной ситуации, обусловленный проливом (сбросом) токсичной жидкости.



I

Рис.1. Типовой фрагмент «Пролив»

Распределение вероятностей реализации того или иного из представленных сценариев (цепочек событий) зависит от:

степени подготовленности поверхности (при попадании токсичной жидкости на подготовленную — асфальтированную, бетонированную — поверхность реализация Сценария I практически исключена);

свойств токсичной жидкости и почвы (при проливе несимметричного диметилгидразина (НДМГ) на песок и/или торф даже при благоприятных для испарения условиях - температура воздуха 200С, скорость ветра на поверхности 2м/сек - до 99% вещества проникает в почву, то есть, в основном, реализуется Сценарий I).

Типовой фрагмент «Пролив» является начальным фрагментом деревьев событий чрезвычайных ситуаций, обусловленных проливом жидкостей. Также рассматриваемый

фрагмент является начальным и для аварийных ситуаций с выбросом газов, сжиженных охлаждением. В этом случае проникновение вещества в почву практически не происходит, то есть, в основном, осуществляется Сценарий II, но имеет место поражение растительного покрова в зоне пролива.

Если говорить о появлении разбираемого фрагмента «внутри» дерева событий, то он может следовать за такими типовыми фрагментами как «Разрушение облака» и «Взрыв».

За рассматриваемым фрагментом, в случае осуществлении Сценария II, следует фрагмент «Контакт паров (газа) с воздухом». При реализации Сценария I цепочка событий обрывается. (По крайней мере, в современной литературе при анализе развития ситуации, связанной с распространением токсичных веществ в почве и водоисточниках, деревья событий, как правило, не используются).

Фрагмент «Контакт паров (газа) с воздухом».

При проливе горючей жидкости (в случае осуществлении Сценария II) пары горючего в контакте с кислородом воздуха могут (как правило, под действием внешних источников) воспламениться. Если воспламенение, инициированное внешним источником, произошло до смешения паров горючего с воздухом, процесс горения будет диффузионным (или горение пролива), при котором экзотермическая реакция окисления идет в тонком слое при стехиометрическом соотношении паров горючего и кислорода воздуха. (Рис.2 - Сценарий III).

Сценарий III может осуществляться и при попадании в атмосферу воспламеняющихся газов, тогда имеет место факельное горение.

В случае, когда воспламенение по тем или иным причинам не происходит, реализуется Сценарий IV – формируется паровоздушное облако (или облако газо-воздушной смеси).

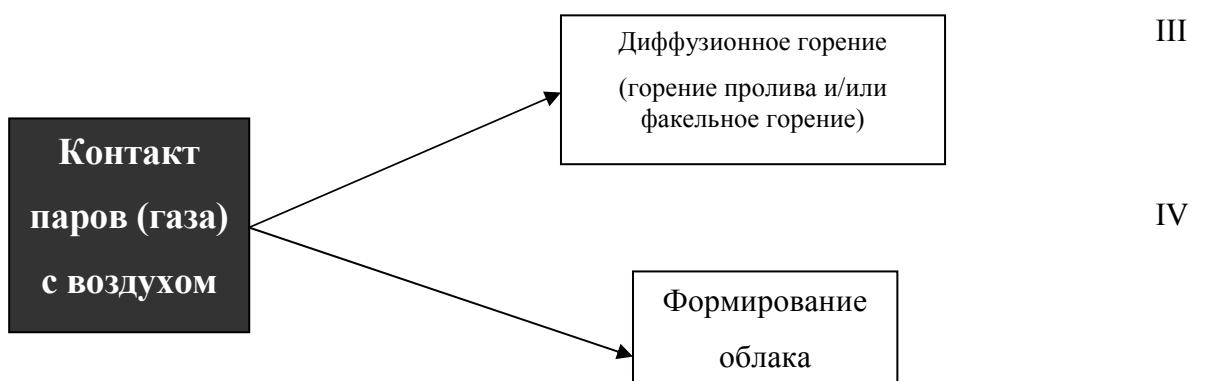


Рис.2. Типовой фрагмент «Контакт паров (газа) с воздухом»

Типовой фрагмент «Контакт паров (газа) с воздухом» является начальным фрагментом деревьев событий чрезвычайных ситуаций, обусловленных выбросом газа, в том числе и сжиженного давлением. В случае чрезвычайных ситуаций, связанных с проливом жидкостей и аналогичных субстанций, как указывалось выше, рассматриваемый фрагмент следует за фрагментом «Пролив». Также фрагмент «Контакт паров (газа) с воздухом» может последовать за фрагментом «Взрыв».

При осуществлении Сценария III за рассматриваемым фрагментом, как правило, следует фрагмент «Горение», в исключительных случаях - «Взрыв».

При осуществлении Сценария IV за рассматриваемым фрагментом всегда следует типовой фрагмент «Разрушение облака». Также при реализации Сценария IV, наряду с фрагментом «Разрушение облака», в ряде случаев может следовать типовой фрагмент

«Реагирующая смесь». (Здесь и далее по тексту под облаком понимается не только облако само по себе, но и, так называемый, шлейф).

Типовой фрагмент «Разрушение облака».

Представленный на Рис.3 фрагмент «Разрушение облака» типичен для облаков, не зависимо от их происхождения:

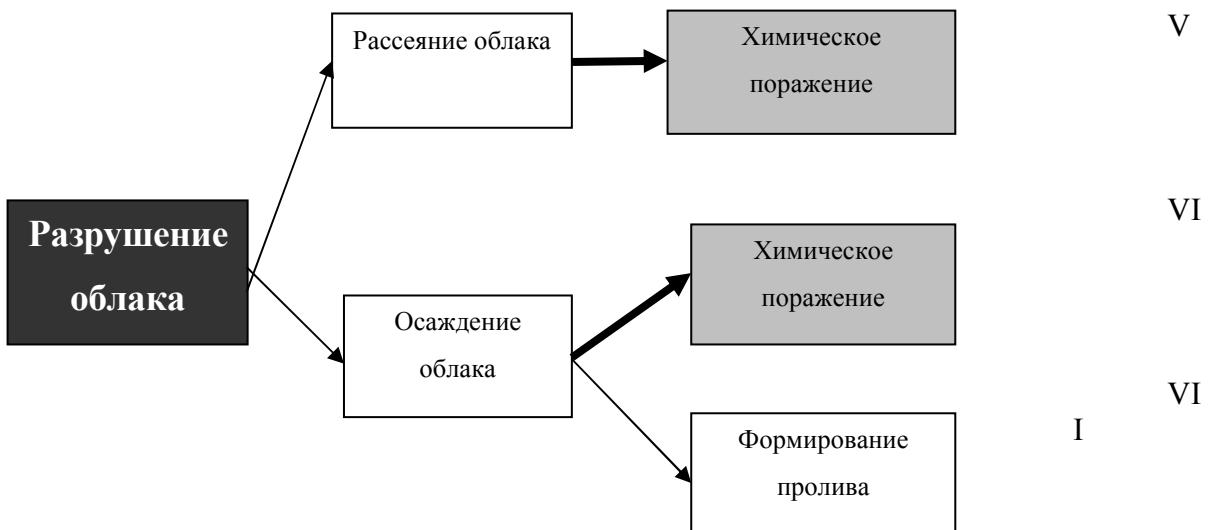


Рис.3. Типовой фрагмент «Разрушение облака»  
облаков газо-воздушных смесей, образующихся при выбросе в атмосферу газов, находящихся под давлением и/или сжиженных давлением;  
паровоздушных облаков, формирующихся при испарении пролива;  
воздушно-капельных облаков, возникающих, например, вследствие теплового взрыва и при подрыве резервуаров с негорючими жидкостями;  
облаков продуктов сгорания;  
устойчивых аэрозольных облаков, появляющихся при взрывах и состоящих из продуктов горения-взрыва, исходных компонентов взрывчатого вещества и частиц вещества разрушенных конструкций.

Различие в развитии чрезвычайной ситуации, обусловленное происхождением облаков, связано, прежде всего, с процессом осаждения из облака вещества на поверхность. Так из облака газо-воздушной смеси может происходить осаждение веществ, образующихся в результате химических реакций взаимодействия с атмосферной влагой. Это явление имеет место, например, при распространении хлора и окисей азота (на поверхность осаждаются капли соляной и хлористой кислот в первом случае, и азотной и азотистой – во втором). Из паровоздушных облаков осаждение вещества может происходить вследствие конденсации, вызванной сменой температурного режима (времени суток). Из воздушно-капельных – крупнодисперсных капель, образованных, в том числе, и в результате коагуляции.

В перечисленных трех случаях может иметь место реализация Сценария VII, что ведет к появлению в дереве событий чрезвычайной ситуации после элемента «формирование пролива» типового фрагмента «Пролив».

При осуществлении Сценария V или Сценария VI (на поверхность осаждаются твердые продукты горения-взрыва и/или исходные компоненты взрывчатого вещества и частицы вещества разрушенных конструкций) цепочки событий, по причинам аналогичным тем, что и в случае Сценария I, обрываются.

Как указывалось выше при реализации Сценария IV за типовым фрагментом «Контакт паров (газа) с воздухом», наряду с фрагментом «Разрушение облака» может следовать типовой фрагмент «Реагирующая смесь». Такое развитие ситуации может иметь

место в случае, если в контакт с кислородом воздуха вступают пары горючих жидкостей и/или воспламеняющийся газ и воспламенение, инициированное внешним источником, происходит после смешения в достаточном объеме горючего вещества с воздухом.

Процесс горения в этом случае может качественно отличаться от упомянутого при разборе типового фрагмента «Контакт паров (газа) с воздухом» процесса диффузионного горения. Это связано с тем, при смешивании горючих веществ с окислителем, в данном случае – кислородом воздуха, скорость экзотермической реакции окисления не лимитируется подводом горючего и окислителя в зону реакции, что при недостаточном отводе выделяемого тепла может привести к резкому возрастанию (например, до десяти тысяч раз) скорости реакции. Такой эффект будем называть химическим взрывом. (Тепловым взрывом будем называть разрушение конструкций вследствие повышения давления в замкнутом объеме, обусловленного, в первую очередь, изменением агрегатного состояния вещества).

Типовой фрагмент «Реагирующая смесь».

Изложенная версия взаимосвязи основных форм осуществления экзотермической реакции окисления в целом (за исключением некоторых терминологических отклонений) отвечает классическому пониманию процесса и предполагает наличие в типовом фрагменте «Реагирующая смесь» двух Сценариев (цепочек): «горение» и «горение с взрывом». Однако зачастую этап горения, предшествующий взрыву, столь короток, что его наличием при анализе развития ситуации пренебрегают, выделяя подобное развитие ситуации в отдельный Сценарий (Рис.4).

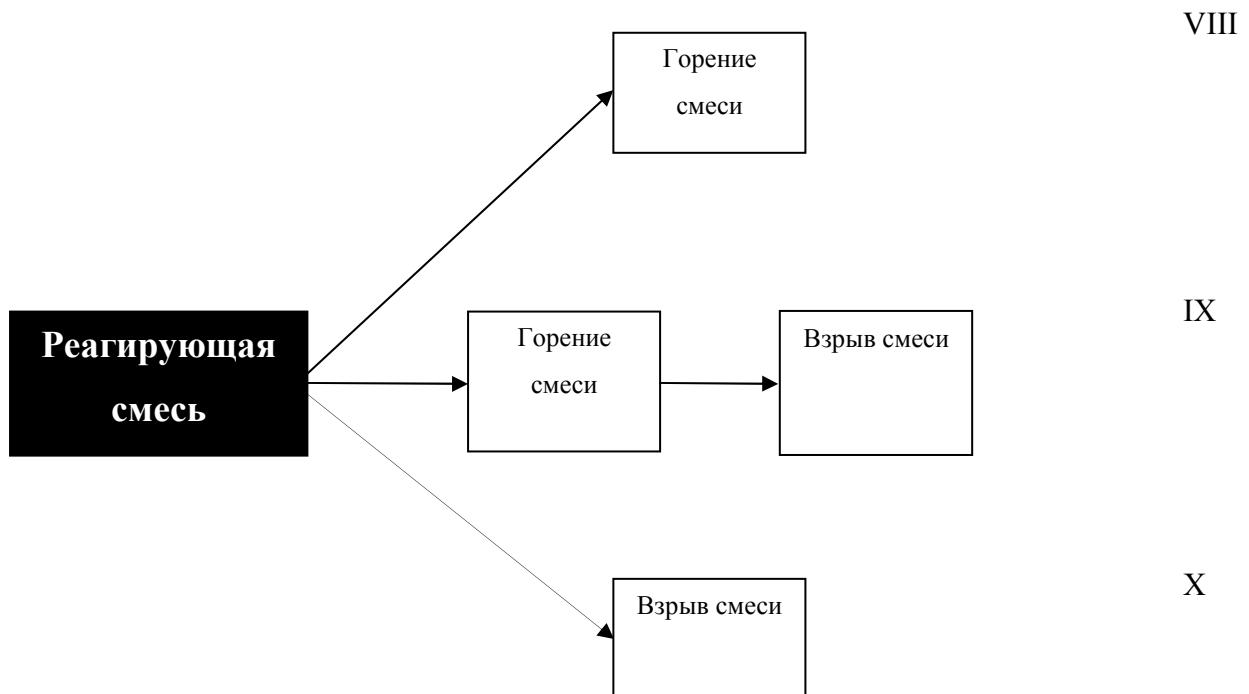


Рис.4. Типовой фрагмент «Реагирующая смесь»

Представленный фрагмент характерен развитию ситуации не только для облаков, содержащих в той или иной форме горючие вещества, но и для конденсированных взрывчатых веществ любого класса, являющихся, по сути, сухими и/или жидкими смесями. Причем класс взрывчатого вещества определяется вероятностью реализации того или иного из представленных Сценариев (цепочек событий):

для метательных взрывчатых веществ (порохов) наиболее вероятен Сценарий VIII (горение смеси);

для бризантных (вторичных) взрывчатых веществ вероятности реализации Сценария VIII – Сценария X определяются, в первую очередь, внешними условиями;

для инициирующих (первичных) взрывчатых веществ наиболее вероятен Сценарий X (взрыв смеси).

На вероятность реализации того или иного сценария также влияет соответствие заряда взрывчатого вещества кондициям - например, наличие каверн и внутренних трещин в пороховых зарядах делает практически неизбежной реализацию Сценария IX

#### Типовой фрагмент «Горение».

Процесс горения, независимо от того является он диффузионным или объемным, сопровождается (Рис.5) формированием облака продуктов горения (Сценарий XI) и термическим поражением (Сценарий XII). Вероятность осуществления указанных сценариев равновелика, однако их опасность для окружающей среды может быть разной.



Рис.5. Типовой фрагмент «Горение»

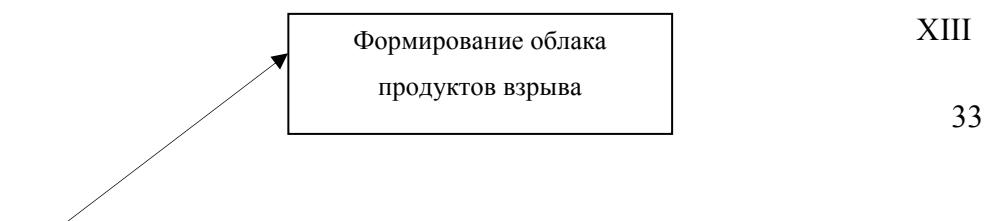
При осуществлении Сценария XI за рассматриваемым фрагментом должен следовать типовой фрагмент «Разрушение облака» (появление наряду с ним фрагмента «Реагирующая смесь» крайне маловероятно). При этом, следует иметь в виду, что токсичность продуктов горения и токсичность паров горючего не коррелируют между собой. Так продукты горения гидразиновых горючих намного менее токсичны, чем пары, в то время как с углеводородными горючими дело обстоит обратным образом.

Реализация Сценария XII может закончиться обрывом цепочки (в случае если потенциально опасные объекты находятся на достаточном удалении от места горения), а может продолжаться типовым фрагментом «Реагирующая смесь», то есть тепловое излучение может инициировать «горение смеси» или, непосредственно, «взрыв смеси». (Такое продолжение цепочек – аварийная ситуация инициирует возникновение новой аварийной ситуации – есть проявление, так называемого, «эффекта домино»). Кроме этого осуществление Сценария XII может стать причиной увеличения вероятности реализации Сценария III в типовом фрагменте «Контакт паров (газа) с воздухом».

#### Типовой фрагмент «Взрыв».

Типовой фрагмент «Взрыв», не зависимо от того о каком взрыве идет речь – химическом или тепловом, отличается от предыдущего фрагмента двумя дополнительными цепочками, обусловленными такими поражающими факторами взрыва как поражение ударной волной (волной избыточного давления) и поражение элементами разрушенных конструкций (Рис.6).

Комментарии по поводу реализации Сценария XIII и Сценария XIV аналогичны комментариям, данным по поводу Сценария XI и Сценария XII, соответственно, при следующих добавлениях:



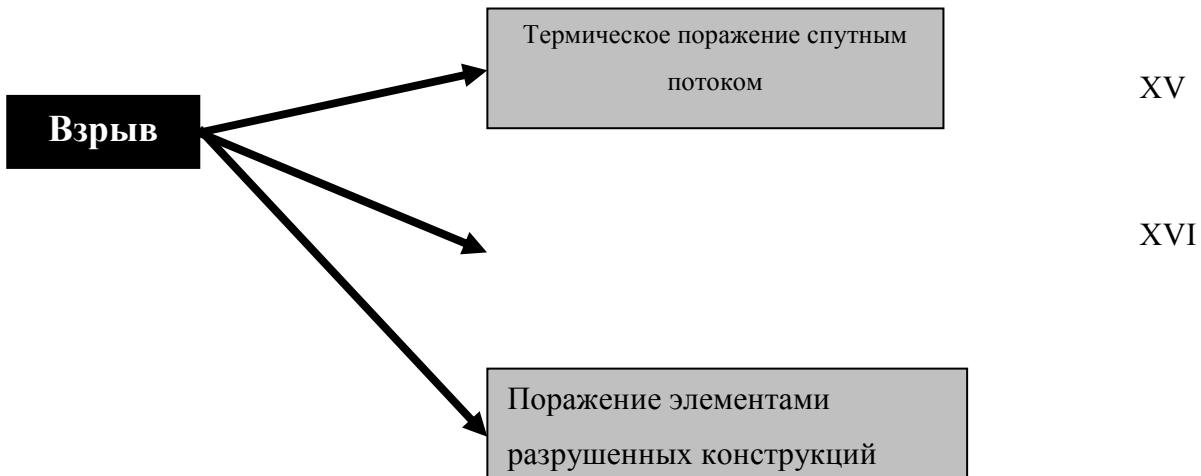


Рис.6. Типовой фрагмент «Взрыв»

в результате теплового взрыва зачастую возникают воздушно-капельные облака; после химического взрыва вероятность появления фрагмента «Реагирующая смесь» наряду с фрагментом «Разрушение облака» при осуществлении Сценария XIII больше, чем при реализации Сценария XI, так как в составе облака продуктов взрыва, как отмечалось ранее, в определенной мере могут присутствовать исходные компоненты взрывчатого вещества.

## 1.6 Лекция №6

**Тема: «Научные основы оценки и нормирования воздействий техногенных систем на окружающую среду»**

### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Экологический подход к оценке состояния и регулированию качества окружающей среды.
2. Пороговая и беспороговая концепции.
3. Экологическое и санитарно-гигиеническое нормирование.

### 1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Экологический подход к оценке состояния и регулированию качества окружающей среды.

Работы по экологическому аудированию предусмотрены постановлениями Правительства Российской Федерации от 24 декабря 1994г. №1416 "О лицензировании отдельных видов деятельности", от 26 февраля 1996г. №168 "Об утверждении Положения о лицензировании отдельных видов деятельности в области охраны окружающей среды" и от 26 мая 1997г. №643 "Об утверждении Положения о Государственном комитете Российской Федерации по охране окружающей среды". В 1995г. Европейским союзом был принят пакет документов по экологическому менеджменту и экологическому аудированию (стандарты серии ISO 14000). В

настоящее время эти стандарты представлены в качестве проектов стандартов Российской Федерации.

В условиях сложной экономической ситуации и нарастающего обострения экологических проблем должны быть осуществлены надлежащие меры по предотвращению принятия экологически непродуманных решений уже на стадии разработки соответствующей документации.

Принято постановление Правительства Российской Федерации "Об утверждении Положения о государственной экологической экспертизе" от 22 сентября 1993 г. № 942. Введен в действие федеральный закон "Об экологической экспертизе" от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ, разработан план мероприятий по реализации данного закона, в соответствии с которым принято постановление Правительства Российской Федерации "Об утверждении Положения о порядке проведения государственной экологической экспертизы" от 11 июля 1996 г. № 698 и ряд др. Государственная экологическая экспертиза осуществляет предупредительный контроль в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, следит за соблюдением законодательных и нормативных требований по вопросам технологической безопасности, конструктивной надежности, строительной устойчивости, экологической допустимости и экономической целесообразности реализации намечаемой деятельности в предплановой, предпроектной и проектной документации.

Цель государственной экологической экспертизы - обеспечение принятия экологически обоснованных хозяйственных и иных решений органами исполнительной власти, юридическими и физическими лицами.

Опыт проведения экспертизы показывает, что слабо прорабатываются вопросы оценки воздействия на окружающую среду и раздел "Охрана окружающей среды" ТЭО, без должного учета требований рационального природопользования. Более 40% рассматриваемой системой государственной экологической экспертизы документации возвращается на доработку.

В целях повышения эффективности государственного экологического контроля за период 1992 - 1997 гг. приняты постановления Правительства Российской Федерации "Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного контроля за использованием и охраной земель" от 17 августа 1992 г. № 594, "О мерах по комплексному решению проблем обращения с радиоактивными отходами и прекращению захоронения их в морях" от 23 июля 1993 г. № 710, "О специально уполномоченных государственных органах Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды" от 28 сентября 1993 г. № 943, "Об утверждении Порядка осуществления федеральной службой лесного хозяйства России и её территориальными органами государственного контроля за состоянием, использованием, охраной, защитой лесного фонда и воспроизводством лесов" от 1 июня 1998 г. № 544, "О специальных уполномоченных государственных органах по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания" от 15 апреля 1996 г. № 457, "О государственном регулировании и контроле трансграничных перевозок опасных отходов" от 1 июля 1996 г. № 766 и перечень опасных отходов, импорт (транзит) которых на (через) территорию Российской Федерации запрещается, а экспорт подлежит государственному регулированию и перечень опасных отходов, трансграничные перевозки которых подлежат государственному регулированию и др.

Однако функции контроля за состоянием окружающей среды и источников вредного воздействия распределены между ведомствами, что ведет к снижению эффективности контроля.

Ни одна из существующих систем и служб наблюдения и контроля за состоянием окружающей природной среды не была ориентирована на комплексную оценку состояния окружающей среды, информационную поддержку комплексных природоохранных задач. Определенные сдвиги стали происходить с принятием нормативного правового акта по созданию Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) - постановления Совета Министров-Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. № 1229. В области формирования ЕГСЭМ за прошедший период достигнуты существенные положительные результаты. Так, налажено межведомственное взаимодействие на федеральном уровне ЕГСЭМ; разработаны нормативные документы; в 48 субъектах Российской Федерации развернуты работы по созданию территориальных подсистем ЕГСЭМ, в 20 регионах созданы и функционируют региональные информационно-аналитические центры, оснащенные современными компьютерными технологиями, включая ГИС-технологии обработки данных. В рамках развития межгосударственной системы экологического мониторинга подготовлено и одобрено государствами - участниками Содружества Независимых Государств (СНГ) - членов Межгосударственного экологического совета (МЭС) "Соглашение о сотрудничестве в области экологического мониторинга". Отмечая большой объем работ по созданию ЕГСЭМ, к основным недостаткам в данной области следует отнести несовершенство нормативной правовой базы и отсутствие до настоящего времени межведомственного Федерального информационно-аналитического центра экологического мониторинга. Во исполнение постановлений Правительства Российской Федерации от 20 августа 1992 г. № 600 "О единой государственной автоматизированной системе контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации" от 2 ноября 1995 г. № 1085 "О федеральной целевой программе "Создание Единой государственной системы контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации" ("ЕГАСКРО") проводится работа по совершенствованию государственного контроля радиационной обстановки в стране в соответствии с современными требованиями и оперативное обеспечение органов государственной власти, государственного управления всех уровней и населения достоверной информацией о состоянии радиационной обстановки. Эффективность реализации программы определяется объединением усилий министерств и ведомств унификацией методов и технических решений в соответствии с общим техническим заданием и другими общесистемными нормативными документами, что позволило снизить объемы финансирования, необходимые для создания территориальных подсистем и системы в целом.

Проблема обеспечения экологической безопасности является закономерным следствием тех огромных изменений, которые наблюдаются с начала века в окружающей человека среде инструментальными методами, а во второй половине нашего века - дистанционными, в том числе спутниковыми методами. Эти данные показывают, что изменения охватили всю планету и развиваются в направлении ухудшения условий существования людей и многих других организмов: изменяется состав атмосферы, истощается озоновый слой, деградируют земли, быстро нарастает

исчезновение видов и т.д. Все эти изменения идут со скоростями, многократно превышающими естественные колебания, они сказываются на здоровье людей и так или иначе влияют на благополучие всех стран, в том числе и России. Глобальный экологический кризис затрагивает все человечество, все стороны жизни людей, но по-разному проявляется в каждой стране в зависимости от ее природных условий, экономической и социальной ситуации. Поэтому требуется выработка концепции экологической безопасности для каждой страны. Такая работа ведется во многих государствах, хотя на международном уровне она недостаточно скоординирована.

## 2. Пороговая и беспороговая концепции.

*Правило фазовых реакций («польза-вред»)* гласит, – «малые концентрации токсиканта действуют на организм в направлении усиления его функций (стимулирования)». Это дало основание для утверждений о полезности некоторых факторов в малых дозах (например, радиации). Однако это довольно спорное утверждение. Например, этологи знают, что увеличение плодовитости может быть сигналом биологического неблагополучия. У физиологов есть понятие о «цене адаптации»; если рассматривать стимулирование функций организма малыми дозами токсикантов как адаптацию к токсическому воздействию, то необходимо учитывать и цену такой адаптации: изнашивание адаптационных механизмов, ускорение старения и так далее.

Особенно спорно благоприятное действие малых доз радиации. Так, одни ученые утверждают о благоприятности воздействия малых доз радиации на те или иные функции (например, наблюдалось увеличение плодовитости мышей при облучении 0,1–1,5 Гр). Соответственно, эти ученые являются сторонниками пороговой концепции: можно выявить порог вредного действия радиации. Другие ученые занимают противоположную точку зрения и указывают на то, что любое, даже незначительное, дополнительное к фону облучение приводит к дополнительным мутациям и канцерогенезам. Из этого ими выводится беспороговая концепция: нельзя установить какой-то порог и любое дополнительное (к фону) облучение следует признавать вредным. Определенную сложность представляет и тот факт, что люди генетически разнокачественны, и те дозы, которые для подавляющего большинства могут оказаться допороговыми, для отдельных индивидуумов могут вызвать различные эффекты.

*Пороговая концепция* утверждает: эффект излучения появляется только при достижении определенной дозы. Это и есть порог. Пороговое действие характерно для многих химических веществ - в малых количествах они могут быть даже полезными, но есть какой-то предел, после которого их воздействие непременно нанесет вред.

*Беспороговая концепция* доказывает, что даже самые малые дозы вредны. Почему? Дело в том, что ионизирующее излучение не является четко направленным, оно хаотически распределено в пространстве. При попадании ионизирующей частицы в какую-то ответственную часть клетки даже при малых дозах возникает рак, причем полнота эффекта не зависит от дозы. Если заболевание уже возникло, то оно проявится в полной мере. Как раз радиационный канцерогенез, генетические нарушения относятся к повреждениям такого типа.

**Принцип нормирования вредных веществ** – пороговая концепция применяется по отношению к химическим загрязнителям и беспороговая – по отношению к ионизирующему излучениям.

*Оценка канцерогенного риска.* Для оценки канцерогенного риска применяется беспороговая модель, использующая величины потенциалов канцерогенного риска, которые являются индивидуальной характеристикой каждого вещества или иного агента. Обычная размерность потенциалов канцерогенного риска: кг/мг-день или кг/мкг-день. Обозначение потенциалов канцерогенного риска - SF<sub>i</sub> - для ингаляционного воздействия и SF<sub>o</sub> - для перорального. Значения потенциалов канцерогенного риска предполагается выпускать в виде отдельных списков или в составе приложений к нормативным документам Министерства здравоохранения РФ.

Оценка канцерогенного риска осуществляется либо по экспоненциальной модели, либо по линейной. Первая модель является универсальной и хорошо работает на уровне больших и малых уровнях воздействия. Вторая модель применима только при относительно малых экспозиционных нагрузках.

Получаемая величина риска показывает вероятность развития заболеваний раком при заданных уровнях дозовых нагрузок (индивидуальный риск). При умножении полученной величины на численность экспонируемого населения получаем число дополнительных случаев заболеваний раком в популяции от воздействия оцениваемого агента (популяционный риск).

*Оценка неканцерогенного риска.* Для оценки неканцерогенного риска в соответствии с неканцерогенным индексом применяется пороговая модель, использующая величины референтных (безопасных) доз или концентраций, которые являются индивидуальной характеристикой каждого вещества или иного агента. Обычная размерность референтных доз: мг/кг-день или мкг/кг-день. Обычная размерность референтных концентраций: мг/м<sup>3</sup>-день или мкг/м<sup>3</sup>-день, а также мг/л-день или мкг/л-день. Обозначение референтной концентрации - RfC, обозначение референтной дозы - RfD. Значения референтных доз и концентраций предполагается выпускать в виде отдельных списков или в составе приложений к нормативным документам Министерства здравоохранения РФ

Процедура оценки неканцерогенного риска в данном случае заключается в сопоставлении величины действующей концентрации (дозы) с референтной. Если отношение этих величин менее единицы, то риска нет, если больше - то риск есть.

### 3. Экологическое и санитарно-гигиеническое нормирование.

**Нормирование санитарно-гигиеническое** – разработка нормативов антропогенного воздействия на окружающую человека природную среду и нормативов качества окружающей среды на основе санитарно-гигиенического подхода (т.е. соблюдения санитарно-гигиенических норм, рассчитанных на человека).

**Нормирование экологическое** – научная, правовая, административная и иная деятельность, направленная на установление предельно допустимых норм воздействия (экологических регламентов, нормативов экологических) на окружающую среду, при соблюдении которых не происходит деградации экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения. В узком смысле, Н.э. – деятельность, в результате которой происходит обоснование норм (в т.ч. нормативов) экологических.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Требования, предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают *научно-технические нормативы*. *Научно-техническое нормирование* – нормативы выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС), а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды.

В основу установления научно-технических нормативов положен следующий принцип: при условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа №1**

**Тема: Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом АХОВ.**

**2.1.1 Цель работы: Определить степень поражения человека в результате негативного АХОВ.**

**2.1.2 Задачи работы:**

1. Изучить методику оценки степеней поражения человека в результате негативного воздействия АХОВ.

2. Рассчитать степень поражения человека в результате негативного воздействия АХОВ.

**2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер.

**2.1.4 Описание (ход) работы:**

1. Загрузить ситуационный план.

2. Ознакомиться с методикой расчета.

3. Задать исходные данные аварийной ситуации.

4. Проанализировать протокол результатов расчета аварии.

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (не предусмотрено РУП)**

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **4.1 Семинарское занятие №1:**

**Тема: «Классификация и краткая характеристика чрезвычайных ситуаций»**

#### **4.1.1 Вопросы к занятию:**

- 1.Общая характеристика ЧС.
- 2.Сценарии развития ЧС.
- 3.Аварии и техногенные катастрофы.

### **4.2 Семинарское занятие №2**

**Тема: «Расчет параметров поражающих факторов взрывов и пожаров»**

#### **4.2.1 Вопросы к занятию:**

1. Общие сведения о взрывах и пожарах.
2. Расчет параметров ударной воздушной волны при авариях на опасных производственных объектах.
3. Расчет теплового потока при авариях на опасных производственных объектах.

### **4.3 Семинарское занятие №3**

**Тема: «Моделирование последствий аварий на промышленных объектах с выбросом АХОВ»**

#### **4.3.1 Вопросы к занятию:**

1. Общие сведения об АХОВ.
2. Классификация химически опасных объектов.
3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом АХОВ.

### **4.4 Семинарское занятие №4**

**Тема: «Построение полей потенциального риска при авариях на опасных производственных объектах»**

#### **4.4.1 Вопросы к занятию:**

- 1.Понятие потенциального риска.
- 2.Методика расчета потенциального риска

### **4.5 Семинарское занятие №5**

**Тема: «Анализ риска методом дерева событий»**

#### **4.5.1 Вопросы к занятию**

- 1.Общие положения.
- 2.Сценарий развития аварий в зависимости от агрегатного состояния и характера разрушения.
- 3.Построение дерева событий.

#### **4.6 Семинарское занятие №6, №7**

**Тема: «Анализ риска методом дерева событий»**

##### **4.6.1 Вопросы к занятию:**

- 1.Общие положения.
- 2.Сценарий развития аварий в зависимости от агрегатного состояния и характера разрушения.
- 3.Построение дерева событий.

#### **4.8 Семинарское занятие №8, №9**

**Тема: «Санитарно-гигиеническая оценка риска здоровью человека от химического загрязнения окружающей среды»**

##### **4.8.1 Вопросы к занятию:**

1. Токсикологическое нормирование химических веществ.
2. Предельно-допустимые концентрации
3. Предельно-допустимая экологическая нагрузка.
4. Поля воздействий; поля концентрации.

#### **4.9 Семинарское занятие № 10, № 11**

**Тема: «Управление экологическим риском»**

##### **4.9.1 Вопросы к занятию:**

1. Экологический риск и основные принципы обеспечения экологической безопасности.
- 2.Управление риском как вид деятельности (цели, задачи, функции) и как закономерный результат оценки риска.
3. Риск-менеджмент.
4. Прогнозирование рисков.
5. Основные направления и методы снижения экологического риска.