

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
=====

И.А. Балаганский

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ

Учебное пособие
(исправленное и дополненное)
для студентов факультета летательных аппаратов
специальности 28.01.02

Новосибирск
2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ.....	4
1.1. Земля и ее история как история природных катастроф.....	4
1.2. Падения крупных метеоритов.....	5
1.3. Извержения вулканов.....	9
1.4. Землетрясения.....	10
1.5. Наводнения.....	13
1.6. Цунами.....	14
1.7. Смерчи и тайфуны.....	15
1.8. Оползни, сели и лавины.....	15
1.9. Примеры.....	17
1.10. Вопросы для самоконтроля.....	18
2. ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ.....	18
2.1. Взрывы.....	18
2.2. Пожары.....	27
2.3. ЧП и катастрофы на атомных электростанциях.....	28
2.4. Катастрофы на химических предприятиях.....	33
2.5. Терроризм.....	35
2.6. Катастрофы в местах скопления людей.....	38
2.7. Экологические катастрофы.....	45
2.8. Вопросы для самоконтроля.....	53
3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	54
4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ РЕФЕРАТОВ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

По радио, в газетах и на телевидении практически ежедневно появляются сообщения о крупных авариях и катастрофах. Землетрясение в Колумбии, наводнение в Западной Европе, авиационные катастрофы в Анголе, автомобильные аварии в Индии, Закавказье, крупные пожары в Москве – вот далеко не полный перечень сообщений о катастрофах и авариях последнего времени. Что же нужно делать, чтобы уменьшить количество аварий или, по крайней мере, снизить количество жертв и материальный ущерб? Это очень сложный и многоплановый вопрос. Для того чтобы на него ответить, нужно разобраться в причинах аварий и катастроф, разработать планы мероприятий по их предупреждению и ликвидации последствий, обеспечить защитные мероприятия.

Это проблема общая для всего мира и она имеет ряд аспектов:

- рост численности населения на Земном шаре и, соответственно, рост плотности населения. Если в 1972 году на Земле было около 2,5 млрд. людей, то к 2000 году их число превышает 6 млрд.;
- рост энерговооруженности и появление новых опасных производств;
- развитие традиционно опасных производств (например, добыча угля);
- волна терроризма в мире, которая началась в 70-е годы.

Чтобы представить себе масштабы и последствия катастроф, остановимся на крупнейших техногенных катастрофах 20-го века.

Оппау (Германия, 1921 г.) Произошел взрыв 4,5 тыс. тонн двойной соли $\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, для дробления которой проводились взрывные работы с использованием динамита. Погибло 1100 человек. При взрыве образовалась воронка диаметром 120 м и глубиной 60 м. Радиус разрушений составил 6 км. До этого считалось, что аммиачная селитра вообще не детонирует.

Техас-Сити (США, 1947 г.) На судне «Гранд Кемп» с грузом 4,5 тыс. тонн аммиачной селитры возник пожар и в дальнейшем взрыв. Все здания в радиусе 1,5 км были разрушены, погибло 516 человек.

Нью-Йорк (США, 1974 г.) Произошел взрыв газа в шахтах лифтов 25 этажного жилого дома.

Галверстон (США, штат Техас, 1977 г.) – взрыв мучной пыли на элеваторе.

Цемесская бухта, Новороссийск, 1986 г. – столкновение пассажирского теплохода «Адмирал Нахимов» с сухогрузом «Петр Васев». Погибло 1234 пассажира, судно через 8 мин. ушло на дно. За 3 недели до катастрофы теплоход «Адмирал Нахимов» был списан, обшивка не менялась с 1925 года. («Нахимов» – это трофейный немецкий теплоход «Берлин»).

ЧАЭС, апрель 1986 г. – произошла крупнейшая за всю историю человечества техногенная катастрофа – взрыв атомного реактора с выбросом в окружающую среду вещества активной зоны.

Уфа, 1989 г. – взорвался продуктопровод под Уфой. При этом погибли сотни пассажиров двух поездов «Адлер – Новосибирск» и «Новосибирск – Адлер». На строительство этого продуктопровода отсутствовало разрешение Главгосэкспертизы при Госстрое СССР. В 1983 году с целью снижения эксплуатационных расходов на продуктопроводе была демонтирована система телеметрии и АСУ, а также был сокращен штат обходчиков.

Бхопал (Индия, 1985 г.) – авария на химическом заводе фирмы «Юнион Карбайд», отравление метилизоцианатом, 2000 случаев смерти, 200000 случаев отравления.

Оклахома Сити (США, 1995г.) В 8.55 27-летний Тимоти Маквей припарковал грузовик у стены административного центра, перешел улицу и нажал на кнопку пульта дистанционного управления. В результате взрыва здание было уничтожено. Погибли 168 человек (в том числе 19 детей), более 500 человек были ранены. Маквей был арестован через полтора часа за незаконное ношение оружия, обвинение во взрыве предъявили позже, а через два года при-

говорили к смертной казни. Сообщник в изготовлении взрывчатки Терри Николс получил пожизненное заключение. Компонентом взрывчатки была аммиачная селитра.

Нельзя не отметить такие происшествия, как взрыв Центра международной торговли в Нью-Йорке, массовое отравление заринном в Токийском метро, взрывы жилых домов в Москве и других городах России. Этот список можно продолжить. Только в 1993 году в России было около 100000 чрезвычайных ситуаций, в которых погибло 1224 человека.

Как же бороться с последствиями аварий и катастроф, как предотвратить их возникновение?

В настоящее время существует и используется **концепция приемлемого риска**. Считается, что ни одно производство нельзя сделать полностью безопасным, однако, если риск не превышает определенной величины, то он считается приемлемым. Величина 10^{-6} считается приемлемым риском в промышленности.

Директива по Севезо. После крупной аварии в г. Севезо (Италия) в странах ЕС в 1983 году была принята директива, в которой провозглашалось, что все объекты должны иметь обоснование по безопасности. Выполнение этой директивы всеми странами ЕС привело к снижению числа техногенных аварий и катастроф в Европейской промышленности в 8 раз. 1982 г. – 350 аварий, 1983 г. – 400 аварий, 1986 г. – 160 аварий, 1988 г. – 50 аварий.

Техногенные негативные факторы. Они подразделяются на вредные и травмирующие. К вредным факторам можно отнести загрязнение воздуха, почвы, воды, пищи вредными химическими веществами (тетраэтилсвинец, асбест, диоксины, нитраты, пестициды, гербициды, сернистый газ и др.); радиоактивное излучение, СВЧ, ультразвук, инфразвук. К травмирующим факторам относится действие воздушной ударной волны, продуктов взрыва, осколков, тепловое излучение пожара или взрыва и т.д.

Далее мы рассмотрим крупнейшие природные и техногенные катастрофы для того, чтобы, поняв причины этих катастроф, можно было наметить пути защиты и их предупреждения.

1. ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

1.1. Земля и ее история как история природных катастроф

Земля это часть Солнечной системы, возраст Земли составляет величину около 4,5 млрд. лет. Земля состоит из ядра, мантии и земной коры. Она имеет две внешние геосферы: гидросфера и атмосфера. История Земли как планеты описывается геохронологией.

Геохронология

	Эра, продолжительность	Период	Начало, млн. лет назад	Продолжительность, млн. лет
Фанерозой, 570 млн. лет	Кайнозой, 67 млн. лет	антропоген	1,5	1,5
		неоген	25	23,5
		палеоген	67	42
	Мезозой, 163 млн. лет	мел	137	70
		юра	195	58
		триас	230	35
	Палеозой, 340 млн. лет	пермий	285	55
		карбон	350	75-65
		девон	410	60
		силур	440	30
		ордовик	500	60
		кембрий	570	70
Докембрий, 3 млрд. лет	Протерозой	верхний	1600	1030
		средний	1900	300
		нижний	2600	700
	Архей	-	>3500	>900
-	Догеологическая история	-	4500	1000

Смена геологических эр происходит в результате природных катастроф, что отражается в изменении содержания осадочных пород соответствующего геологического слоя. Все это позволяет говорить о том, что в течение геологической истории Земли происходило немало глобальных катастроф, при которых изменялся климат, происходило массовое вымирание одних видов жизни и зарождение других видов.

1.2. Падения крупных метеоритов

В последнее десятилетие существенно изменилось восприятие научными кругами и широкой общественностью меры той опасности, которую представляют падения на Землю космических тел размерами от нескольких десятков метров до нескольких километров. Столкновения Земли с такими телами неоднократно имели место в прошлом и, несомненно, угрожают ей в настоящем и будущем.

Первой документально засвидетельствованной региональной катастрофой, случившейся на памяти человечества в результате столкновения Земли с космическим телом, является падение **Тунгусского метеорита**. Утром 30 июня 1908 года в Сибири в районе реки Подкаменная Тунгуска огромный огненный шар прочертил небо с востока на запад, оставляя за собой светящийся дымный след. Явление закончилось колоссальным по мощности взрывом. Ударная волна была зафиксирована приборами в Англии. В районе катастрофы лес оказался поваленным на площади 2000 км². На расстояниях до 15 км от эпицентра взрыва поверхностные слои деревьев были обожжены в результате действия высокой температуры.

Однако, экспедиция Л. Кулика, обследовавшая район катастрофы через 20 лет, не обнаружила ни кратера, ни других прямых свидетельств падения космического тела, хотя район катастрофы идентифицировался достаточно надежно по вывалу леса. По современным представлениям 30 июня 1908 года Земля столкнулась с космическим телом диаметром около 60 м. Возможно, это было ядро небольшой кометы. При вхождении в плотные слои атмосферы на высоте нескольких километров тело полностью разрушилось. Кинетическая энергия тела почти мгновенно превратилась в теплоту, что вызвало взрыв с тротиловым эквивалентом 10-20 Мт.

Другим событием, привлечшим к себе внимание, явилось падение **Сихотелинского дождя железных метеоритов** в 1947 году. В эллипсе рассеивания дождя было обнаружено более 100 кратеров, причем 17 из них имели диаметры от 10 до 26 м.

С 80 годов прошлого века в северной части штата Аризона (США) известен значительный по своим размерам кратер (1300 м в поперечнике, 170 м глубиной). Всегда считалось, что этот кратер имеет вулканическое происхождение, лишь в 20-е годы нашего столетия было окончательно доказано ударное происхождение этого кратера. Кратер возник около 50000 лет тому назад при падении на Землю железоникелевого тела диаметром около 60 м со скоростью около 20 км/с. Энергия удара оценивается в 10-20 Мт.

В последние десятилетия на поверхности Земли обнаружено свыше 140 кратеров ударного происхождения размерами до 200 км в диаметре и возрастом до 2 млрд. лет. То, что поверхность Земли должна быть покрыта космическими шрамами («астроблемами»), легко представить, сравнивая Землю с ее спутником Луной. Доказано, что 85 % лунных кратеров имеет ударное происхождение.

Основные источники метеоритной опасности. Прежде всего, это кометы. В 50-е годы была предложена ледяная модель кометного ядра, состоящего из замерзших газов с вмороженными в ней частицами твердого вещества. Эта модель ядра была подтверждена в результате полетов космических зондов к кометам Галлея и Джакобини-Циннера. Другими объектами, столкновение с которыми представляется возможным, являются малые планеты, или астероиды. Миллионы этих тел обращаются по орбитам, расположенным, в основном, между орбитами Марса и Юпитера, образуя в Солнечной системе так называемый пояс астероидов. В 1932 году была открыта первая малая планета № 1862 «Аполлон», орбита которой заходит внутрь орбиты Земли. Такое взаимное расположение орбит предполагает, что в будущем может появиться возможность столкновения с Землей. К настоящему времени таких планет открыто около 400. Такие тела принято называть астероидами, сближающимися с Землей (АСЗ). Их размеры варьируют от 41 км (Ганимед) до нескольких метров.

Было определено, что тела, подобные Тунгусскому метеориту, встречаются с Землей в среднем раз в 300 лет, что каждый миллион лет на Землю в среднем падает одно – два тела размером с километр или более.

Возможность глобальной катастрофы. То, что встреча Земли с телом размером в сотню или более метров может обернуться региональной катастрофой – понятно. Однако то, что столкновения Земли с достаточно крупными небесными телами грозит человечеству глобальной катастрофой, стало известно только после того, как в разных странах было осуществлено математическое моделирование последствий тотального ядерного конфликта (Н.Н. Моисеев, 1988 г.). Как выяснилось, вероятным последствием такого конфликта явится эффект долговременной «ядерной зимы», возникающей вследствие выброса в атмосферу колоссального количества мелкодисперсной пыли и сажи. Пыль и сажа, эффективно экранирующие свет Солнца, быстро распространяются в атмосфере всей Земли, или ее значительной части, где они могут оставаться в течение многих месяцев и даже лет. Происходит глобальное нарушение динамики всей атмосферы Земли. Температура верхних слоев атмосферы резко повышается, в то время как температура у поверхности Земли падает на десятки градусов. Растения прекращают синтез органического вещества. Теплокровные животные гибнут от снижения температуры и бескормицы. Почва, внутренние водоемы и поверхностные слои

морей и океанов оказываются отравленными кислотными дождями. Спустя месяцы после очищения атмосферы и восстановления ее циркуляции возникнет парниковый эффект, вследствие увеличения содержания в атмосфере углекислого газа. В результате может произойти глобальное самоподдерживающееся повышение температуры Земли на несколько градусов. Температурные колебания могут иметь драматические последствия для всей окружающей среды и обернуться гибелью большинства обитателей Земли.

Нечто подобное должно иметь место при ударе о Землю тела размером 1 – 2 км и более. Из образовавшегося кратера в десятки километров в диаметре выбрасывается большое количество вещества, в том числе в виде частиц микронного размера. Огненные бури, лесные пожары способны охватить целые регионы. Нарушения динамики атмосферы и инсоляции приведут к массовой гибели обитателей Земли.

Нами на основе численного моделирования падения крупного (типа Попигайского) метеорита на Землю было показано, что в процессе соударения определяющую роль играют два фактора:

- наблюдается интенсивное испарение вещества ударника и мишени в волне разрежения, за счет которого вещество мишени приобретает радиальное направление разлета со скоростью до 1,2 км/с и вертикальное со скоростями до 5,3 км/с;
- кумулятивный эффект, сопровождающийся выбросом испаренного вещества метеорита в осевой зоне со скоростями от 0,22 до 14,6 км/с.

На основе этих факторов можно указать особенности эскалации грунта при мегамасштабном кратерообразовании, объяснить генезис тектитов (глобально рассеянных импактных стекол, идентифицируемых в так называемых «катастрофных» пограничных слоях глобального пространства, обогащенных иридием и другими элементами метеоритного происхождения) и проблему стерильности некоторых астроблем от метеоритного вещества.

Глобальные катастрофы в истории Земли. Не подлежит сомнению, что катастрофы большего или меньшего масштаба, связанные с падением небесных тел на Землю, неоднократно случались в ее истории. Прямые свидетельства подобных катастроф были обнаружены сравнительно недавно в конце 70 г.г. отцом и сыном Альваресами. Их особое внимание привлекли слои земной коры, которые соответствовали переходному периоду в истории Земли, отстоящему от нас на 65 млн. лет. Эти слои определяют Меловой период Мезозойской эры от Третичного периода Кайнозойской эры. В истории Земли переход от Мезозойской к Кайнозойской эре ознаменован массовым вымиранием одних видов живых существ и началом бурного развития других видов, занявших освободившиеся экологические ниши. В частности, динозавры и летающие ящеры, занимавшие в Мезозойскую эру господствующее положение на суше и в воздухе, уступили в короткий срок свое место млекопитающим и птицам. Исчезли все наземные животные с массой тела более 10 кг и почти весь меловой наннопланктон и планктонные фораниниферы. Примерно половина биологических видов была уничтожена в ходе этого события. С другой стороны, наземные растения и многие беспозвоночные животные не пострадали. Таким образом, этот момент явился поворотным пунктом в развитии жизни, который привел в конце Кайнозойской эры к появлению на Земле человека.

Проводя свои исследования вначале на севере Италии в районе Губбио на выходе слоя глины, соответствующего переходу от Мелового периода к Третичному, группа Альвареса обнаружила, что концентрация иридия в пятисантиметровом слое в сотни раз превышает его концентрацию в слоях, лежащих выше и ниже. Впоследствии повышенная концентрация иридия была найдена в переходном слое глины в различных местах земного шара. Исходя из того, что концентрация иридия связана с его космическим происхождением (в метеоритном веществе отмечается высокое содержание иридия), Альваресы сделали предположение, согласно которому высокая концентрация иридия и гибель динозавров имеют одну и ту же причину – падение на Землю крупного астероида или кометы.

Оценив общее содержание иридия в этом слое по всей Земле и учитывая, что в стратосферу при ударе попало около четверти всего выброшенного вещества, а также зная содержание иридия в метеоритном веществе, они оценили размеры упавшего тела в 10 км. При падении такого тела должен был образоваться кратер размером 150 – 200 км в диаметре. Возможно, что кратер Чиксулуб (D=180 км, возраст 65 млн. лет) в Мексике (п-ов Юкатан) образовался именно в результате этой катастрофы. Постепенное оседание выброшенного вещества, рассеянного в атмосфере, привело к появлению по всей Земле слоя глины, обогащенного иридием.

Попигайская астроблема диаметром 100 км, расположенная у п-ова Таймыр – другой крупнейший метеоритный кратер возрастом 35 млн. лет, который, вероятно, явился причиной еще одного большого вымирания организмов, задокументированного палеонтологией в осадочных толщах позднеэоценового периода. Характерным для этого кратера является глобальное рассеяние т.н. импактных алмазов (якутитов), их находят в осадочных породах по всему земному шару.

Доказательства ударного происхождения кратеров. Известны вещества, испытывающие аллотропические превращения при изменении окружающего давления. На этом основаны так называемые петрологические индикаторы ударного сжатия. В таблице приведены примеры таких веществ.

Таблица

Материал	Индикатор	Давление, ГПа
Кварц	Стишовит	15-40
	Коэсит	30-50
	Плавление	50-65
Графит	Кубический алмаз	13
	Гексагональный алмаз	70-140

По-видимому, наиболее веское свидетельство метеоритной гипотезы – открытие кварцевых зерен (вплоть до песчаной размерности), испытавших ударное сжатие, в пограничных глинах по всему земному шару. Нет другого такого природного процесса, который мог бы воспроизвести такие сжатия в ударной волне.

Недавно была обнаружена высокая концентрация сажи в пограничном слое глин, что позволяет говорить об огромных пожарах, которые также могли быть вызваны метеоритным ударом.

Оценка риска. Как при взрыве в атмосфере, так и при падении тела на Землю, площадь зоны поражения, выраженная в гектарах, может быть оценена по формуле

$$S=10^4 E^{2/3},$$

где E – кинетическая энергия тела, выраженная в Мт.

Для пересчета энергии из системы СИ в Мт можно пользоваться соотношением

$$1\text{т ТНТ}=4 \times 10^9 \text{ Дж}$$

Например, при падении 250-м тела ($E=1000$ Мт), что имеет место примерно один раз в 10000 лет, площадь поражения составит около 10^6 га. При падении тела в океан образовавшиеся цунами могут вызвать разрушения на еще большей площади вдоль береговой линии.

В качестве номинального порога, при котором наступает глобальный эффект, можно принять значение энергии 2×10^5 Мт, соответствующее диаметру падающего тела в 1,5 км. Средняя частота падения таких тел соответствует одному падению в 5×10^5 лет. Хотя падение на Землю достаточно крупного тела представляет весьма редкое событие, можно показать, что для каждого отдельного человека риск погибнуть в результате космической катастрофы оказывается ничуть не меньшим, чем тот риск, которому подвергаются люди от более привычных источников опасности. Согласно американским данным, риск умереть от различных причин для среднего гражданина составляет

Причина смерти	Риск
Автокатастрофа	1/100
Убийство	1/300
Пожар	1/800
Поражение электротоком	1/5000
Авиакатастрофа	1/20000
Наводнение	1/30000
Торнадо	1/60000
Ядовитый укус	1/100000
Ботулизм	1/3000000
Астероидная опасность	1/25000

Нетрудно видеть, что риск погибнуть от астероидной опасности у гражданина США вполне сопоставим с риском погибнуть в авиакатастрофе. Таким образом, с точки зрения здравого смысла астероидная опасность должна относиться к числу тех опасностей, которые правительства воспринимают как вполне серьезные и которые заслуживают финансовых затрат на их уменьшение. К счастью, в отличие от динозавров, люди способны предвидеть подобную катастрофу и принять действенные меры по ее предотвращению.

Тревожные события. 23 марта 1989 года вблизи Земли прошел трехсотметровый астероид 4581 Asclepius. Минимальное расстояние до астероида составило 700 тыс. км (среднее расстояние от Земли до Луны равно 384 тыс. км).

Падение кометы Шумейкер-Леви 9 на Юпитер 16-22 июля 1994 года было предсказано астрономами заранее. Размеры фрагментов кометы оценивались от одного до нескольких километров. Поскольку встреча кометы с Юпитером должна была произойти на скорости 65 км/с, то энергия столкновения оценивалась близкой к той, которую принес на Землю десяти-километровый астероид 65 млн. лет назад. Эту катастрофу наблюдали астрономы всего мира. Хотя места падений фрагментов кометы располагались на невидимой стороне Юпитера, последствия грандиозных взрывов в виде истечений раскаленных газов можно было наблюдать через десятки минут после падения, когда соответствующие участки оказывались в силу вращения планеты на видимой стороне. Возмущения в атмосфере планеты, вызванные падением кометы, оказались столь грандиозными, что они наблюдались на протяжении многих суток. Пятно, образовавшееся на диске Юпитера в результате падения фрагмента G (все фрагменты были обозначены буквами) уже через 1 час 45 мин достигло величины 9 тыс. км в диаметре (1,5 диаметра Земли). Общее количество энергии при падении составило величину 10^5 - 10^7 Мт.

1.3. Извержения вулканов

Другой вид масштабных природных катастроф – это извержения вулканов. Вулканы (по имени бога огня Вулкана) – геологические образования, возникающие над каналами и трещинами в земной коре, по которым извергаются на земную поверхность из глубинных магматических источников лавы, горячие газы и обломки горных пород. Обычно вулканы представляют собой отдельные горы, сложенные продуктами извержений. Вулканы разделяются на действующие, уснувшие и потухшие. Глубинные магматические очаги могут находиться в верхней мантии на глубине порядка 50-70 км (Ключевская сопка на Камчатке и Килауза на Гавайских островах) или в земной коре на глубине 5-6 км (Везувий, Италия) и глубже.

Действующие вулканы – вулканы, извергающиеся в настоящее время постоянно или периодически; вулканы, об извержениях которых существуют исторические данные и вулканы,

об извержениях которых нет сведений, но которые выделяют горячие газы и воды (сульфатная стадия).

Уснувшие вулканы – вулканы, об извержениях которых нет сведений, но они сохранили свою форму и под ними происходят локальные землетрясения.

Потухшие вулканы – сильно разрушенные и размывшие вулканы без каких-либо проявлений вулканической активности.

Вулканические явления. Извержения вулканов бывают длительными (в течение нескольких тысячелетий и столетий) и кратковременными (в течение нескольких часов). К предвестникам извержения относятся вулканические землетрясения, акустические явления, изменения магнитных свойств и состава фумарольных газов и другие явления. Извержение обычно начинается усилением выбросов газов сначала вместе с темными холодными обломками лав, а затем с раскаленными. Эти выбросы в некоторых случаях сопровождаются излияниями лавы. Высота подъема газов, паров воды, насыщенных пеплом и обломками лав, в зависимости от силы взрывов, колеблется от 1 до 5 км. Во время извержения вулкана Безымянного на Камчатке в 1956 году она достигала 45 км. Выброшенный материал переносится на расстояния от нескольких километров до десятков тысяч километров. Объем выброшенного обломочного материала порой достигает нескольких км³. При некоторых извержениях концентрация вулканического пепла в атмосфере бывает настолько высокой, что возникает темнота, подобная темноте в закрытом помещении. Это имело место в 1956 году в поселке Ключи, расположенном в 40 км от вулкана Безымянного.

Извержение представляет собой чередование слабых и сильных взрывов и излияний лав. Взрывы максимальной силы называются кульминационными пароксизмами. После них происходит уменьшение силы взрывов и постепенное прекращение извержения. Объем излившейся лавы достигает десятков кубических километров.

Географическое размещение действующих вулканов. Современные вулканы расположены вдоль молодых горных хребтов или вдоль крупных разломов земной коры на протяжении сотен и тысяч километров в тектонически-подвижных областях. Почти две трети вулканов сосредоточены на островах и берегах Тихого океана. Это так называемый Тихоокеанский вулканический пояс. Из других районов по количеству действующих вулканов выделяется район Атлантического океана.

Области и районы деятельности вулканов	Количество вулканов			Всего
	наземные	подводные	в сульфатной стадии	
Камчатка	20	-	8	28
Курильские острова	31	1	7	39
Японские острова	36	1	14	51
Идзу-Марианские острова	17	8	2	27
Тайвань	-	5	-	5
Филиппинские острова	10	3	14	27
Южно-Китайское море	-	2	-	2
Меланезия	25	7	26	58
Кермадек, Тонга и Самоа	8	10	1	19
Новая Зеландия	6	-	-	6
Антарктика	8	1	8	17
О-ва Хуан Фернандес	1	2	1	4
Галапагосские острова	9	-	2	11
Южная Америка	44	-	15	59
Центральная Америка	44	-	13	57

Северная Америка (без Аляски)	8	-	3	11
Аляска и Алеутские острова	36	-	2	38
Гавайские острова	4	1	-	5
О-ва от Сулавеси до Новой Гвинеи	16	2	8	26
Яванская дуга	57	3	42	102
Индийский океан (без Яванской дуги)	3	1	2	6
Аравийский полуостров	16	-	3	19
Малая Азия и Кавказ	2	-	6	8
Дунбэй, Тибет и др.	6	-	-	6
Африка	18	-	25	43
Средиземное море	18	-	25	43
Атлантический океан	14	10	2	26
Исландия и о-в Ян-Майен	27	5	6	38
Малые Антильские о-ва	9	3	5	17
Всего	483	69	219	771

Причины вулканической деятельности. Географическое размещение вулканов указывает на тесную связь между поясами вулканической деятельности и дислоцированными подвижными зонами земной коры. Разломы, образующиеся в этих зонах, являются каналами, по которым происходит движение магмы к земной поверхности. Движение магмы происходит под влиянием тектонических процессов.

1.4. Землетрясения

Землетрясениями называют подземные удары и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами. В некоторых местах землетрясения происходят часто и иногда достигают большой силы, нарушая целостность грунта, разрушая здания и вызывая человеческие жертвы. Сейсмическая опасность при землетрясениях определяется как интенсивными колебаниями грунта, так и вторичными факторами, среди которых назовем лавины, оползни, обвалы, опускание (просадку) и перекосы земной поверхности, разжижение грунта, наводнения при разрушении и прорыве плотин и защитных дамб, а также пожары. Количество землетрясений, ежегодно регистрируемых на Земном шаре, исчисляется сотнями тысяч. Подавляющее большинство из них относится к слабым, и лишь малая доля достигает степени катастрофы. До 20 века известны такие катастрофические землетрясения как Лиссабонское в 1755 году, Верненское в 1887, разрушившее г. Верный (Алма-Ата), землетрясения в Греции в 1870-73 годах и др. Некоторые из сильнейших землетрясений 20 века показаны в таблице.

Сильнейшие землетрясения 20 века

Дата землетрясения по новому стилю	Местоположение эпицентра (страна, район, горная система)	Магнитуда	Сила, баллы	Примечание
1908, 28 декабря	<u>Европа</u> остров Сицилия, Италия	7,5	-	Разрушен г. Мессина и ряд населенных пунктов на юге Италии. Волны цунами достигали 14 м высоты. Погибло 100-160 тыс. человек
1963, 26 июля	Южный берег Крыма к югу от Ялты,	6,5	до 8	Повреждены многие постройки от Севастополя до Феодосии

	СССР			
1902, 16 декабря	<u>Азия</u> Ферганская долина, г. Андижан (СССР)	-	9	Почти 80% зданий города разрушено или повреждено, погибло свыше 2 тысяч человек
1911, 3 января	Долина реки Кебин, южный склон хребта Заилийский Алатау (СССР)	8	9	Разрушен г. Верный (Алма-Ата); обвалы, запруды на горных реках
1923, 1 сентября	Остров Хонсю, Япония	8,2	-	Катастрофически опустошены Токио, Йокогама, погибло около 150 тыс. человек. В бухте Сагами волны цунами достигали 10 м высоты
1948, 5 октября	Ашхабад (СССР)	7	9	Катастрофическое. В течение 20 секунд разрушена значительная часть города
1957, 27 июня	Забайкалье, Муй- ский хребет	7,5	9-10	Разрушения в Чите, Бодайбо и других населенных пунктах
1931, 2 февраля	<u>Австралия и Океания</u> Новая Зеландия (сев. остров)	7,8	9	Катастрофическое. Землетрясения и пожары.
1960, 29 февраля	<u>Африка</u> Город Агадир (Марокко)	6	11	Полностью разрушен г. Агадир. Погибло 12-15 тыс. человек
1964, 28 марта	<u>Северная Америка</u> Залив Принц Уильям (США)	8,6	10-11	Цунами высотой до 9 м достигли побережья Канады, США, Гавайских островов и Японии
1960, 22 мая	<u>Южная Америка</u> Район г. Консепсьон, Чили	8,8	-	Разрушительное. Цунами достигли США, Гавайских островов и Курильских островов, Австралии и Японии. Погибло около 10 тыс. человек
1970, 10 декабря	Побережье Перу	?,3	-	Разрушено около 5 тыс. домов. Свыше 20 тыс. человек осталось без крова

По своей интенсивности землетрясения разделяются, согласно **международной сейсмической шкале MSK-64** на 12 градаций (баллов), как показано в таблице

Сейсмическая шкала

Балл	Название землетрясения	Краткая характеристика
1	Незаметное	Отмечается только сейсмическими приборами
2	Очень слабое	Ощущается отдельными людьми в покое
3	Слабое	Ощущается небольшой частью населения
4	Умеренное	Дребезжание и колебания предметов, посуды, стекол
5	Довольно сильное	Сотрясение зданий, колебания мебели, пробуждение спящих
6	Сильное	Картины падают со стен, легкое повреждение зданий
7	Очень сильное	Трещины в стенах каменных домов
8	Разрушительное	Трещины на сырой почве и крупных склонах, сильное повреждение зданий
9	Опустошительное	Сильное повреждение и разрушение каменных домов
10	Уничтожающее	Крупные трещины в почве, оползни и обвалы, искривление же-

		лезнодорожных рельсов
11	Катастрофа	Широкие трещины в почве, многочисленные оползни и обвалы, полное разрушение каменных домов
12	Сильная катастрофа	Изменения в почве достигают огромных размеров, отклонение течения рек, ни одно здание не выдерживает

Область возникновения подземного удара – очаг землетрясения – представляет собой некоторый объем в толще Земли, в пределах которого происходит процесс высвобождения накапливающейся длительное время энергии. В геологическом смысле очаг – это разрыв или группа разрывов, по которым происходит почти мгновенное перемещение масс. В центре очага условно выделяется точка, именуемая гипоцентром. Проекция гипоцентра на поверхность Земли называется эпицентром. Вокруг него располагается область наибольших разрушений – плейстосейстовая область. Линии, соединяющие пункты с одинаковой интенсивностью колебаний в баллах называются изосейстами. От очага землетрясения во все стороны распространяются сейсмические волны, среди которых различают продольные Р и поперечные S. По поверхности Земли во все стороны от эпицентра расходятся поверхностные сейсмические волны Релея. Очаги землетрясений возникают на различных глубинах (h). Большая часть их залегает в земной коре на глубине порядка 20–30 км. В некоторых районах отмечается большое число толчков, исходящих из верхней мантии Земли с глубин в сотни км. Землетрясение – мощное проявление внутренних сил Земли. При каждом землетрясении выделяется огромное количество энергии. Так, в Ашхабаде в 1948 году выделилась энергия $E \sim 10^{15}$ Дж, в Сан-Франциско в 1906 году $E \sim 10^{16}$ Дж, на Аляске в 1964 году $E \sim 10^{18}$ Дж. На всей Земле за год освобождается упругая энергия в форме землетрясений порядка $0,5 \times 10^{19}$ Дж, что составляет, однако, менее 0,5% всей энергии внутренних процессов Земли.

Интенсивность землетрясений, измеряемая в баллах по шкале **MSK-64**, характеризует степень сотрясения на поверхности Земли, что зависит от глубины залегания очага землетрясения. Мерой общей энергии волн служит **магнитуда землетрясения, которая измеряется по шкале Рихтера**, – некоторое условное число, пропорциональное логарифму максимальной амплитуды смещения частиц почвы в очаге землетрясения. Эта величина определяется из наблюдения на сейсмических станциях и выражается в относительных единицах. Самое сильное землетрясение имеет магнитуду не более 9.

Между числом землетрясений (N) и их магнитудой (M) существует зависимость

$$\lg N = a - bM, \text{ где } a \text{ и } b - \text{ постоянные.}$$

Энергия землетрясения (E) связана с магнитудой соотношением вида

$$\lg E = a_1 + b_1 M, \quad a_1 \gg 4; \quad b_1 \gg 1,6.$$

Величина $K = \lg E$ иногда называется энергетическим классом землетрясения.

Магнитуда (M), интенсивность (I_0) и глубина очага (h) связаны между собой.

Соотношение магнитуды и балльности в зависимости от глубины

h , км	Магнитуда			
	5	6	7	8
10	7	8-9	10	11-12
20	6	7-8	9	10-11
30	5	6-7	8	9-10

Землетрясения распространены по земной поверхности весьма неравномерно. Известно два главных сейсмических пояса мира – Средиземноморский и Тихоокеанский. Средиземноморский простирается на юг Евразии от берегов Португалии на Запад до Малайского архипелага на Восток. Тихоокеанский кольцом охватывает берега Тихого океана. Тщательный анализ механизма возникновения подземного удара показывает, что землетрясения

представляют реакцию вещества земной коры или мантии на тектонические напряжения, постоянно накапливающиеся в недрах Земли.

Анализ сейсмических, геологических и геофизических данных позволяет заранее отметить те области, где следует ожидать в будущем землетрясения, и оценить их максимальную интенсивность. В этом состоит сущность сейсмического районирования. В СССР карта сейсмического районирования являлась официальным документом, который обязаны были принимать в расчет проектирующие организации в сейсмически опасных районах. Строгое соблюдение норм сейсмостойкого строительства позволяет значительно снизить разрушительное воздействие землетрясений.

Ведутся работы по прогнозированию землетрясений. Основной путь – тщательная регистрация «предвестников» – слабых предварительных толчков (форшоков), деформации земной поверхности, изменений параметров геофизических полей и т.п. Наблюдения над землетрясениями осуществляются специальной сейсмической службой.

Землетрясение на Сахалине. 28 мая 1995 года в 1 час 05 мин Сахалин содрогнулся от мощного подземного толчка, сила которого в районе Нефтегорска составила 7,5 балла по шкале Рихтера. По данным МЧС России в результате землетрясения в поселке нефтяников Нефтегорске разрушено 17 жилых пятиэтажных домов, котельная, клуб, магазин, столовая, пекарня и частично средняя школа. Из 3000 жителей осталось в живых 684 человека.

1.5. Наводнения

Безусловно, первым крупным наводнением, зафиксированным в истории человечества, был великий потоп. Наводнение представляет собой значительное затопление водой местности в результате подъема уровня воды в реке, озере или море. Среди других стихийных бедствий в России по повторяемости, площади распространения и материальному ущербу наводнения стоят на первом месте. На реке наводнение происходит от резкого возрастания количества воды вследствие таяния снега или ледников, расположенных в ее бассейне, а также в результате выпадения обильных осадков. Нередко наводнения вызываются повышением уровня воды в реке вследствие загромождения русла льдом при ледоходе (затора) или вследствие закупоривания русла под неподвижным ледяным покровом скоплениями внутриводного льда и образования ледяной пробки (зажора). Нередко наводнения возникают под действием ветров, нагоняющих воду с моря и вызывающих повышение уровня за счет задержки в устье приносимой рекой воды. Наводнения такого типа наблюдались в Ленинграде (1824, 1924), Нидерландах (1952). На морских побережьях и островах наводнения могут возникнуть в результате затопления прибрежной полосы волной, образующейся при землетрясениях или извержениях вулканов в океане (цунами). Подобные наводнения нередки на берегах Японии и на других островах Тихого океана. Наводнения могут быть обусловлены прорывами плотин, оградительных дамб.

Поражающее действие наводнения выражается в затоплении водой жилищ, промышленных и сельскохозяйственных объектов, полей с выращенным урожаем, разрушении зданий и сооружений или снижении их капитальности, повреждении и порче оборудования предприятий, разрушении гидротехнического оборудования и коммуникаций.

Наводнения случаются на многих реках Западной Европы – Дунае, Сене, Роне, По и др., а также на реках Янцзы и Хуанхэ в Китае, Миссисипи и Огайо в США. В СССР большие наводнения наблюдались на Днепре (1931) и Волге (1908, 1926). Наиболее эффективный способ борьбы с наводнениями – регулирование речного стока путем создания водохранилищ.

1.6. Цунами

Цунами это морские гравитационные волны очень большой длины, возникающие в результате сдвига вверх или вниз протяженных участков дна при сильных подводных и при-

брежных землетрясениях и, иногда, вследствие вулканических извержений. В силу малой сжимаемости воды и быстроты процесса деформации участков дна опирающийся на них столб воды также смещается, не успевая растечься, в результате чего на поверхности океана образуется некоторое возвышение или понижение. Образовавшееся возмущение переходит в колебательное движение толщ воды – волны цунами, распространяющиеся с большой скоростью от 700 до 1000 км/ч. Расстояние между соседними гребнями волн меняется от 5 до 1500 км. Высота волн в области их возникновения не превышает 1-3 м. Будучи совершенно безопасной в открытом океане, волна цунами становится крайне опасной в прибрежной полосе. Всю свою огромную энергию она вкладывает в сокрушительный удар по берегу. При этом скорость волны снижается до 100-200 км/ч, существенно уменьшается ее длина, а высота возрастает до десятков метров. У побережья она может достигать 10 м, а в неблагоприятных по рельефу участках (клинообразных бухтах, долинах рек и т.д.) – свыше 50 м. Максимальная скорость знакопеременных течений, сопровождающих цунами, свыше 20 км/ч. Вода, которую волна выплескивает на берег, может достигать точек, находящихся на высоте нескольких сотен метров над уровнем моря. Скорость цунами может быть оценена по формуле

$$v = \sqrt{gH}, \text{ где } g - \text{ускорение свободного падения; } H - \text{глубина океана.}$$

Упоминания о пагубных последствиях цунами можно найти во всей документированной истории человечества. самое раннее описание относится к опустошительной морской волне, возникшей на северной окраине Эгейского моря в 479 г. до н.э. В последующие столетия также отмечались цунами, опустошающие приморские равнины и прибрежные острова Средиземного моря. Одно из самых сильных в истории цунами обрушилось на восточное побережье острова Хонсю после сильнейшего землетрясения 15 июня 1896 года, эпицентр которого находился в море. Сейсмическая морская волна устремилась на ближайшие участки берега; высота волны была на 25-35 метров выше максимального уровня прилива. Целые деревья оказались под водой, было смыто более 10 тысяч домов, погибло 20 тысяч человек.

Известно около 1000 случаев цунами, из них более 100 – с катастрофическими последствиями, вызвавших полное уничтожение, смыв сооружений и почвенно-растительного покрова (1933 у берегов Японии, 1952 на Камчатке и др.). 80% цунами возникают на периферии Тихого океана, включая западный склон Курило-Камчатского желоба. Исходя из закономерностей возникновения и распространения цунами, проводится районирование побережья по степени угрозы цунами. Мероприятия по частичной защите от цунами включают создание искусственных береговых сооружений (волнорезов, молов и насыпей), посадку лесных полос вдоль берегов океана. В 40-х и 50-х годах в США, Японии и СССР были созданы службы предупреждения населения о приближении цунами, основанные на опережающей регистрации землетрясений береговыми сейсмографами.

1.7. Смерчи и тайфуны

Смерч или торнадо – это атмосферный вихрь, возникающий в грозовом облаке и затем распространяющийся в виде темного рукава или хобота по направлению к поверхности суши или моря. В верхней части смерч имеет воронкообразное расширение, сливающееся с облаками. Когда он опускается до земной поверхности, нижняя часть его также становится расширенной, похожей на опрокинутую воронку. Высота смерча может достигать 800 – 1500 м. Воздух в нем вращается обычно против часовой стрелки, причем одновременно он поднимается по спирали вверх, втягивая пыль или воду. Скорость вращения смерча достигает нескольких десятков метров в секунду. В связи с тем, что внутри вихря давление воздуха уменьшается, происходит конденсация водяного пара, что вместе со втянутой частью облака, пылью и водой делает смерч видимым. Диаметр смерча над морем измеряется десятками, а над сушей – сотнями метров. Смерч возникает обычно в теплом секторе циклона, чаще перед холодным фронтом и движется в том же направлении, в котором перемещается циклон со скоростью 10-20 м/с. За время своего существования смерч проходит путь длиной 40-60 км.

Образование смерча связано с особо сильной неустойчивостью стратификации атмосферы. Смерч сопровождается грозой, дождем, градом и если достигает поверхности земли, почти всегда производит большие разрушения, всасывая в себя воду и предметы, встречающиеся на его пути, поднимая их высоко вверх и перенося на значительные расстояния. Смерч на море представляет большую опасность для судов. Смерчи над сушей иногда называют тромбами, в США их называют торнадо.

Тайфун – местное название тропических циклонов, возникающих на западе Тихого океана (до 170° в.д.) к северу от экватора. Перемещаясь к западу и северо-западу со скоростью 10-20 м/с тайфуны достигают берегов Индокитая, Китая, Кореи. При последующем изменении направления тайфуна на северное или северо-восточное его скорость часто возрастает до 30-50 м/с, а отдельные порывы до 100 м/с. Некоторые тайфуны достигают южной части Японии, а в отдельных случаях могут проникать в районы Советского Приморья, на Курильские острова и даже на Камчатку, трансформируясь во внетропические циклоны. В среднем в год бывает около 30 тайфунов, большая часть которых развивается до стадии урагана (скорость ветра свыше 30 м/с), остальные достигают стадии тропического шторма. Диаметры тайфунов относительно невелики и не превышают нескольких сотен км, в своих центрах они сопровождаются резкими понижениями давления, иногда ниже 900 Мбар (675 мм рт. столба). Тайфуны вызывают сильное волнение моря, им сопутствует выпадение огромного количества осадков, в отдельных случаях свыше 1000 мм. В прибрежных районах Восточной Азии тайфуны часто приводят к разрушениям, наводнениям, нагонам морских волн и другим катастрофическим последствиям.

1.8. *Оползни, сели и лавины*

Оползни – это скользящие смещения горных пород вниз по склону, возникающие из-за нарушения равновесия, вызываемого различными причинами (подмывом пород водой, ослаблением их прочности вследствие выветривания или переувлажнения осадками и подземными водами, систематическими толчками, неразумной хозяйственной деятельностью человека и др.). Оползни могут возникать на любых склонах крутизной более 20° в любое время года. Они различаются скоростью смещения пород (медленные, средние и быстрые) и своими масштабами. Скорость медленных смещений пород составляет несколько десятков сантиметров в год, средних – несколько метров в час или сутки, быстрых – десятки километров в час и более. Объем пород, смещаемых при оползнях, находится в пределах от нескольких сотен до многих миллионов и даже миллиардов кубометров. Оползни могут разрушать населенные пункты, уничтожать сельскохозяйственные угодья, создавать опасность при эксплуатации карьеров и добыче полезных ископаемых, повреждать коммуникации, туннели, трубопроводы, телефонные и электрические сети, водохозяйственные сооружения, главным образом, плотины. Кроме того, они могут перегородить долину, образовать завальное озеро и способствовать наводнениям.

В 1911 году на Памире на территории нашей страны сильное землетрясение (7,4 балла) вызвало гигантский оползень. Оползло около 2,5 млрд. кубических метров рыхлого грунта. Был завален кишлак Усой с его 54 жителями. Оползень перегородил долину реки Мургаб и образовал завальное озеро, которое затопило кишлак Сараз. Высота этой плотины достигла 300 метров, максимальная глубина озера 284 метра, протяженность 53 километра.

Первоначальным признаком начавшихся оползневых подвижек является появление трещин на зданиях, разрывов на дорогах, выпучивание грунта. При угрозе оползня и при наличии времени население из опасных районов эвакуируется в безопасные. В случае оповещения населения о начавшемся оползне, а также при первых признаках его появления нужно как можно быстрее покинуть помещение, предупредить об опасности окружающих и выйти в безопасное место.

Лавины – это разновидность оползней. Силы сцепления снега переходят определенную границу, и гравитация вызывает смещение снежных масс по склону. Снежная лавина представляет собой смесь кристаллов снега и воздуха. Крупные лавины возникают на склонах 25-60°. Гладкие и травянистые склоны являются наиболее лавиноопасными. Деревья, кустарники, большие камни и другие препятствия сдерживают возникновение лавины.

Снежные лавины наносят огромный материальный ущерб и сопровождаются гибелью людей. Так 13 июля 1990 года на пике Ленина на Памире в результате землетрясения и схода со склона большой снежной лавиной был снесен лагерь альпинистов, располагавшийся на высоте 5300 метров. Погибло 40 человек.

Защита от лавин бывает пассивной и активной. При пассивной защите избегают использования лавиноопасных склонов, при активной защите обстреливают склоны из артиллерийских орудий, вызывая сход небольших неопасных лавин и препятствуя таким образом накоплению критических масс снега.

Сели – это паводки с очень большой концентрацией минеральных частиц, камней и обломков горных пород (7-10% объема потока), возникающие в бассейнах небольших горных рек и сухих логов и вызванные, как правило, ливневыми осадками, интенсивным таянием снега, а также прорывом моренных и завальных озер, оползнем, землетрясением. Опасность селей не только в их разрушительной силе, но и во внезапности их появления.

Селям подвержено примерно 10% территории СНГ. Всего зарегистрировано около 6000 селевых водостоков, из них более половины приходится на Среднюю Азию и Казахстан. По составу переносимого твердого материала селевые потоки могут быть грязевыми (смесь воды с мелкоземом при небольшой концентрации камней), грязекаменными (смесь воды, гальки, гравия и небольших камней) и водокаменными (смесь воды с крупными камнями). Скорость селевого потока обычно составляет 2-4 м/с, но при прорыве затора она может составлять 8-10 м/с.

Для человека очень важно заранее знать, где и когда будет лавина, сель или оползень. Современная наука располагает сведениями о том, где может возникнуть стихийное бедствие, но предсказать его день и час пока не может.

1.9. Примеры

Гибель Помпей. 24 августа 79 года Неаполитанский залив гора Сомма (150 лет назад там скрывался Спартак). По описанию Плиния Младшего: « Из впадин на вершине Соммы поднялось белое с грязно-темными пятнами облако, затем ставшее совсем черным. Водяные пары и другие газы с огромной силой выбрасывали пыль, песок, обломки камней, которые рассеивались в разные стороны, но главная масса более мелких частиц передвигалась в южном направлении. Непрерывные выбросы их сопровождался громом, молниями, а затем и сильным ливнем, преимущественно на западном склоне горы. Черное облако разрасталось, и дома на мысе Мизено, расположенном у входа в Неаполитанский залив (там жил Плиний Младший), качались от частых продолжительных толчков: казалось, что они сдвинулись со своих мест и ходуном ходят взад и вперед. С неба падали куски пемзы, легкие и пористые. Мы видели, как море втягивается в себя же; земля сотрясаясь, как бы отталкивает его от себя. Берег, несомненно, выдвигался вперед; много морских животных застряло на сухом песке. С другой стороны, в черной страшной грозовой туче вспыхивали и перебежали огненные зигзаги, и она раскалывалась длинными полосами пламени, похожими на молнии. Немного спустя, туча покрыла море, стал падать пепел и надвинулся густой мрак, какой бывает в темном помещении, когда потушен огонь... Мрак, наконец, стал рассеиваться. Глазам еще трепетавших людей все представилось изменившимся: все было засыпано, словно снегом, глубоким пеплом. Жители, оставшиеся в городе, погибли, засыпанные камнями и пеплом. Улицы Помпей покрыла 7-8 метровая толща камней, песка и пыли, огромные массы которых вновь образовали во впадине Соммы конус, называемый Везувием. Во время этого изверже-

ния под грязевыми потоками и отложениями раскаленной тучи исчез город Геркуланум и погибла залитая лавой Стабия.» Можно предположить, что из 25000 жителей Помпей погибло около 1500-2000.

Взрыв Кракатау. 26 августа 1883 года. Зондский архипелаг, расположенный недалеко от Явы и Суматры, представлял собой остатки вулкана высотой около 2000 м, разрушенного еще в доисторические времена. Землетрясение вызвало цунами до 50 м высотой, которые обрушились на близлежащие острова. Пострадали острова Ява, Себесси и Серами, а также Суматра. Богатая тропическая растительность исчезла бесследно везде, где только появились цунами. Земля была совершенно голой; серая грязь и продукты извержений, вырванные с корнем деревья, остатки зданий, трупы людей и животных усеяли ее. Число погибших равнялось около 40000 человек. Цунами, вызванное взрывом Кракатау, было настолько мощным, что обошло всю планету. В ослабленном виде волны достигли западных берегов Америки и берегов Франции.

Цунами в Северо-Курильске. Осень 1952 года. Высота волн достигала 18 метров. Через 45 минут после землетрясения со стороны океана на Северо-Курильск обрушилась огромная волна. Через 15-20 минут после первой на город обрушилась вторая волна, еще больше первой. Через несколько минут после второй пришла более слабая третья волна. Город был полностью разрушен. В основном спаслись те, кто успел выйти в море на катерах.

Торнадо в США. Соединенные Штаты Америки – страна классических вихрей. Здесь наиболее многочисленны и ужасны ураганы, громадны и разрушительны вихревые бури и наиболее сильны и часты смерчи (торнадо). За год в США происходит более 700 смерчей. Многие из них сопровождаются гибелью людей и катастрофическими разрушениями. Только за один 1957 год погибло 864 человека. 18 марта 1925 года разрушительный смерч прошел по трем штатам – Миссури, Индиана и Иллинойс. Общий пройденный путь 350 км. Смерч катился по земле со скоростью курьерского поезда, все уничтожая на своем пути. 30 мая 1897 года - торнадо «Ирвинг». Свое название он получил по названию небольшого местечка Ирвинг на севере штата Канзас. Общее число погибших 695, тяжело раненых 2027. Убытки составили 40 млн. долларов. Разрушения продолжались в течение 3 часов и отмечались на протяжении всех 150 км пути смерча. Затем появился второй смерч, который нанес еще большие разрушения. В качестве курьеза можно отметить, что смерч перенес деревянную католическую церковь размером 8х15 м на 4 метра в сторону.

Московский смерч 1904 года. 29 июня 1904 года над центральной частью Русской платформы прошел циклон, шедший в обычном северо-восточном направлении. Он явился источником смерча, который начал свое разрушительное действие. В парке Сокольники была проделана просека шириной 200-400 метров. Скорость движения воронки смерча была около 60 км/ч. Скорость вращения 29-25 м/с. Выпал град, градины были размером с куриное яйцо, а отдельные достигали 400-600 г. Градом было убито несколько человек в пригородах и сильно повреждены посевы и сады. Разрушительная сила Московского смерча казалась очевидцам ужасающей. В Капотне пострадало 200 домов, в Чагино – 150.

1.10. Вопросы для самоконтроля

1. Причины роста числа аварий и катастроф в мире.
2. Суть концепции приемлемого риска.
3. Суть директивы по Севезо.
4. Основные техногенные негативные факторы.
5. В какую геологическую эру мы живем?
6. Причины смены геологических эр.
7. Основные источники метеоритной опасности.
8. Пороговые размеры метеорита, при падении которого наступает глобальный эффект.
9. Последствия для Земли от падения крупного метеорита.

10. Классификация вулканов.
11. Причины вулканической деятельности.
12. Географическое размещение действующих вулканов.
13. Сейсмическая опасность землетрясений.
14. Причины землетрясений.
15. Международная сейсмическая шкала и шкала Рихтера.
16. Сейсмические пояса мира.
17. Причины наводнений.
18. Характеристика волн цунами.
19. Что такое смерч и тайфун?
20. Что общего между оползнями и лавинами?
21. Пути снижения ущерба от природных аварий и катастроф.

2. ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ

2.1. Взрывы

Для неспециалистов в области взрывобезопасности может показаться неожиданным неослабевающий поток сообщений об аварийных взрывных происшествиях на различных промышленных и транспортных сооружениях. При этом наряду с авариями на объектах, непосредственно связанных с хранением и использованием энергоемких или взрывчатых материалов, все чаще встречаются случаи, когда причиной взрыва были внешне безопасные системы. Взрываются котлы в котельных, газы, аппараты, продукция и полуфабрикаты на химических предприятиях, пары бензина и других компонентов на нефтеперегонных заводах, мучная пыль на мельничных комбинатах и зерновых элеваторах, сахарная пудра на сахарорафинадных заводах, древесная пыль на деревообрабатывающих комбинатах, газовые конденсаты при утечке из газопроводов и т.д. Особенно подвержены взрывам с тяжелыми последствиями шахты и рудники, где взрываются угольная пыль и газ. В традиционно считающихся взрывоопасными технологических процессах (угледобыча, нефтепереработка, химическая технология) предпринимаются серьезные усилия для предотвращения взрывов и ослабления их нежелательных последствий. В других отраслях при проектировании оборудования часто исходят из гипотезы о взрывонеопасности многих объектов, которые, однако, потенциально способны породить взрывные явления. В связи с этим необходимо понять основные представления о возможных источниках и последствиях взрывов. К последним относится фугасное действие воздушной ударной волны, осколочное действие разрушенных и разлетающихся элементов оборудования и тепловое действие от выгорания энергоносителя.

Рост потребления энергии, ввод в строй атомных электростанций, стремление повысить эффективность химического производства за счет роста давления и температуры, сооружение протяженных газопроводов высокого давления, развитие порошковой металлургии и криогенной техники – все это ведет к расширению круга объектов, при проектировании которых необходима оценка безопасности их эксплуатации и выявление необходимых мер предосторожности. Мы сосредоточим внимание на случайных взрывах, которые могут приводить и иногда приводят к незапланированным разрушениям, материальному ущербу и человеческим жертвам. Случайные взрывы происходят при хранении, транспортировке и изготовлении ВВ; в химической и нефтехимической промышленности; при разрыве сосудов высокого давления и бойлеров; в металлургической промышленности при контакте расплавленного металла с водой; при утечке природного газа в жилых домах; при изготовлении, транспортировке и хранении легковоспламеняющихся и сжиженных газообразных топлив; при промывке резервуаров для хранения жидкого топлива и при изготовлении, хранении и использовании горючих пылевых систем.

Основные понятия и термины теории детонации и ударных волн.

Взрыв. Впервые, по-видимому, определил понятие «взрыв» М. В. Ломоносов. На современном языке это определение звучит следующим образом: *Взрыв – это очень быстрое выделение большого количества энергии и большого объема газов.* В современном естествознании понятие «взрыв» приобрело значительно более широкий смысл, чем тот, который заложен в данном определении. Не претендуя на полноту и законченность формулировки, можно сказать, что в настоящее время под взрывом понимается процесс весьма быстрого физического или химического превращения системы, сопровождающийся переходом её потенциальной энергии в механическую работу. Работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов или паров, независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва.

Уже в определении М. В. Ломоносова, несмотря на его простоту, содержится ряд принципиальных моментов. Остановимся на двух из них, представляющихся наиболее важными. Во-первых, что означает «очень быстрое»? Быстрота процесса – понятие относитель-

ное, она должна определяться в сравнении с быстротой других процессов. Например, можно утверждать, что при взрыве выделение энергии происходит намного быстрее, чем при горении того же вещества. Во-вторых, «большое количество энергии». Логичнее всего сравнивать это количество с энергией, так или иначе содержащейся в окружающей среде.

Взрывы могут быть вызваны различными физическими или химическими явлениями, например:

взрыв парового котла или баллона со сжатым газом;

взрывы шаровой молнии или проводника, по которому пропускается электрический ток высокого напряжения;

ядерные и термоядерные взрывы;

взрывы взрывчатых веществ.

Ударная волна. Термин «ударная волна» относится к узкой зоне (толщиной в несколько длин свободного пробега молекул для газов, несколько межатомных расстояний в кристаллических телах и размеров частиц для гранулированных материалов), в которой происходит резкое увеличение давления, плотности и скорости вещества. За этой зоной вещество находится в состоянии, близком к термодинамически равновесному. В самом общем случае для плоской ударной волны параметры перед фронтом и за фронтом связаны соотношениями, выражающими законы сохранения массы, импульса и энергии:

$$r_0(D - u_0) = r_1(D - u_1)$$

$$p_1 - p_0 = r_0(D - u_0)(u_1 - u_0)$$

$$E_1 - E_0 = \frac{p_1 + p_0}{2}(v_0 - v_1)$$

Здесь r - плотность, $v = 1/r$ - удельный объем, p - давление, u , D - массовая скорость и скорость ударной волны, E - удельная внутренняя энергия, индекс 0 относится к состоянию перед фронтом, 1 - за фронтом ударной волны.

Последнее из приведенных соотношений, связывающее кинематические и термодинамические параметры, называют ударной адиабатой или адиабатой Гюгонио. Приведенные соотношения обладают уникальным свойством: они справедливы для ударных волн в любой среде. Для того чтобы конкретизировать среду, необходимо к системе (П.1) добавить уравнение состояния среды, например, в виде $p = p(r, E)$. Используя уравнение состояния, можно конкретизировать ударную адиабату для данного вещества. Для идеального газа с постоянным показателем адиабаты k ударная адиабата принимает вид

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{(k+1)r_1 - (k-1)r_0}{(k+1)r_0 - (k-1)r_1}, \quad \text{или} \quad \frac{r_1}{r_0} = \frac{(k+1)p_1 + (k-1)p_0}{(k+1)p_0 + (k-1)p_1}.$$

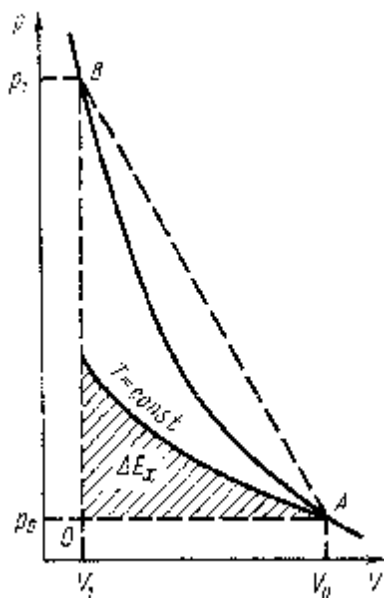


Рис. Ударная адиабата Гюгонио

Ход ударной адиабаты (кривая АВ) показан на рис. Полное приращение энергии единицы массы вещества при ударном сжатии соответствует площади прямоугольного треугольника ОАВ. Если представить, что сжатие проходило при постоянной температуре, то изменение состояния вещества проходило бы по изотерме $T = \text{const}$, и тогда увеличение внутренней энергии вещества ΔE_x зависело бы только от упругого сжатия. Однако, в реальных веществах ударное сжатие всегда происходит в соответствии с кривой АВ, проходящей выше изотермы, что свидетельствует о нагреве вещества, подвергнутого ударному сжатию.

Особо отметим, что ударная адиабата является геометрическим местом точек, соответствующих состояниям вещества, достигаемым при переходе из начального

состояния (p_0, v_0) в состояние на фронте ударной волны (p_1, v_1) . Промежуточные точки не лежат на ударной адиабате. Нагружение идет по прямой АВ (штриховая линия на рисунке). Эту прямую называют в отечественной литературе прямой Михельсона, а в зарубежной – прямой Рэлея.

Горение. Дефлаграция. Горение – это сложное, быстропротекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением значительного количества тепла и ярким свечением. В большинстве случаев горение происходит в результате экзотермического окисления горючего (вещества, способного к горению) окислителем (кислородом, в том числе – кислородом воздуха, закисью азота и др.). К горению относятся и другие процессы, связанные с быстрым превращением и тепловым или цепным их ускорением, в том числе – разложение взрывчатых веществ. По скорости распространения превращения горение подразделяется на дефлаграцию, протекающую с дозвуковыми скоростями, и детонацию, распространяющуюся со сверхзвуковыми скоростями. Следует отметить, что первоначально термин «дефлаграция» относился только к такому режиму горения, при котором происходило формирование волны сжатия, трансформировавшейся в ударную волну; при этом дефлаграция переходит в детонацию.

Детонация. Детонация является наиболее быстрой формой взрывного превращения, распространяющегося со сверхзвуковой скоростью. Это гидродинамический процесс распространения по веществу детонационной волны, представляющего собой комплекс из ударной волны и расположенной за ней зоны экзотермической реакции. В простейшей модели детонации Чепмена-Жуге фронт детонационной волны (зона превращения) предполагается состоящим из ударного фронта и параллельной, располагающейся позади него, плоскости (плоскости Чепмена-Жуге), в которой происходит мгновенное выделение энергии взрывчатого вещества. С точки зрения газовой динамики плоскость Чепмена-Жуге – это плоскость перехода от сверхзвукового течения вещества перед фронтом детонационной волны к дозвуковому за её фронтом. На плоскости Чепмена-Жуге течение звуковое. Часто используются приближенные формулы для вычисления плотности, давления, массовой скорости, скорости звука и скорости детонации в плоскости Чепмена-Жуге:

$$r_H = r_0 \frac{k+1}{k}; \quad p_H = \frac{r_0 D^2}{k+1}; \quad u_H = \frac{D}{k+1}; \quad c_H = \frac{kD}{k+1}; \quad D = \sqrt{2Q_v(k^2 - 1)}$$

где Q_v - энергия, выделяющаяся при детонационном превращении. Для продуктов детонации высокоплотных конденсированных ВВ часто принимают $k = 3$.

Наиболее частой причиной взрыва является искра, в том числе в результате накопления статического электричества. Электрическая искра может возникать вообще без всяких проводников и сетей. Она опасна тем, что может возникать в самых неожиданных местах: на стенках цистерн, на шинах автомобиля, на одежде, при ударе, при трении и т.п. Другой причиной взрыва являются халатность и недисциплинированность работников предприятий, связанных с производством, хранением и транспортировкой опасных веществ.

Самовоспламенение – может возникать при хранении некоторого объема сыпучего, твердого органического материала, когда возможен доступ воздуха к внутренней части материала. В этом случае медленное окисление органического материала воздухом может привести к разогреву внутри объема этого вещества и к возгоранию центральной части материала, если будет обеспечена соответствующая циркуляция воздуха. Классический пример – возгорания угольных отвалов. Интересно, что материалы на основе целлюлозы, такие как древесные стружки, опилки и т.п. более склонны к самовоспламенению, если они являются влажными.

Взрывное развитие процессов горения. Взрывы могут происходить во многих реакционно-способных экзотермических системах. Это могут быть взрывы в результате катастрофического ускорения химической реакции с последующим разрушением реактора, а также детонация конденсированных ВВ. На практике взрывы часто происходят при развитии процесса горения после воспламенения случайно разлитого жидкого горючего, при возгорании

горючих газов и пылевых систем и при возгорании топлив в контейнерах. Например, если в комнате разлить немного горючего и поджечь, то оно сгорит, не приводя к взрыву. В то же время возгорание большого количества пролитого горючего может легко привести к разрушению здания. Если воспламенение происходит вне стен здания, то возможны два типа взрывных процессов. Один из них реализуется, когда в результате воспламенения происходит разрушение контейнера с легколетучим жидким горючим, а затем содержимое контейнера быстро испаряется. Возникающая волна оказывается слабой, но осколки могут пролететь большие расстояния. Для взрыва такого типа используется название BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion – взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости). Если в контейнере находилось горючее, способное к быстрому воспламенению, то при этом может образоваться огненный шар большого размера. Другой тип взрывных процессов, реализующийся вне сооружений – это взрыв неограниченного облака горючей паровоздушной смеси, образующейся при испарении горючей жидкости с большой свободной поверхности. В этом случае жидкость может успеть испариться и перемешаться с воздухом с образованием большого объема реакционно-способной смеси еще до воспламенения. При этом возможны три варианта:

- 1. Лучший вариант, когда облако рассеивается без воспламенения;
- 2. Смесь может воспламениться и спокойно сгореть;
- 3. Худший вариант, когда смесь может загореться с образованием разрушительной взрывной волны, т.е. в этом случае горение переходит в детонацию.

Классификация взрывов. Все взрывы можно разделить на природные, преднамеренные и случайные. К природным взрывам можно отнести разряды молнии, извержения вулканов и падения метеоритов. Преднамеренными взрывами являются ядерные взрывы, взрывы конденсированных ВВ, взрывы топливно-воздушных облаков, ружейные и пушечные взрывы, электрические искры, взрывающиеся проволочки, лазерные искры и взрывы в замкнутых объемах (например, взрывы в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания).

Мы подробно рассмотрим только случайные взрывы в воздушной среде при нормальных условиях, сознательно исключая взрывы подводные или подземные, поскольку большинство подобных взрывов являются запланированными и используются в военных и мирных целях. Термин «случайный взрыв» включает в себя широкий спектр взрывов, и каждый конкретный случайный взрыв отличается от всех остальных. Тем не менее, представляется возможным объединить некоторые случайные взрывы в группы, каждая из которых имеет отличительные особенности, присущие лишь этой группе. В дальнейшем упоминаются все типы взрывов, но полнота обсуждения каждого из них определяется степенью понимания данного явления и его способностью вызывать разрушения.

Классификация случайных взрывов					
Взрывы конденсированных ВВ	Взрывы топливно-воздушных смесей в замкнутом объеме	Взрывы судов с газом под давлением	Взрывы емкостей с перегретой жидкостью	Взрывы неограниченных облаков топливно-воздушных смесей	Физические (паровые) взрывы

Взрывы конденсированных ВВ.

а. Системы в непрочной оболочке или без оболочки. При детонации конденсированных ВВ генерируется практически идеальная взрывная волна. При этом давление на фронте детонационной волны достигает 3-30 ГПа. Подобные взрывы могут происходить при производстве, транспортировке, хранении и использовании ВВ и порохов. Кроме того, взрывы этого типа могут иметь место в химическом производстве в реакторах, дистилляционных ко-

лоннах, сепараторах и т. п., если допустить в них случайное нежелательное накопление высокореакционных веществ. В литературе описан, в частности, взрыв дистилляционной колонны бутадиена вследствие детонации случайно накопившегося винилацетилена. В литературе описан также ряд действительно катастрофических взрывов конденсированных ВВ. Они происходили там, где скапливались большие количества этих веществ. Один из подобных взрывов произошел в Оппау (Германия, 1921 г.), другой в Техас Сити (США, 1947 г.). Они были описаны во введении. Крупномасштабные случайные взрывы высокоэнергетических ВВ и боеприпасов участились после широкого использования этих веществ в первой мировой войне.

4 июня 1988 года на станции Арзамас-1 Горьковской железной дороги произошла крупная авария. В момент подхода грузового поезда к станции раздался взрыв. Он был такой силы, что во многих домах, расположенных от станции более чем в 2 км, вылетели стекла. Тепловоз перевернуло и отбросило в сторону. Частично пострадало здание вокзала. Сильные разрушения получили старые деревянные жилые дома, производственные строения. Полностью было уничтожено 151 жилое строение, 250 зданий имели среднюю и слабую степень разрушения. 21 человек погиб, сотни ранено, без крова осталось 600 семей. Во взорвавшихся вагонах находилось промышленное ВВ гексоген в мешках. ВВ было загружено в три вагона общим весом 117 тонн. Воронка, образовавшаяся после взрыва, оказалась глубиной 26 м и диаметром 53 м.

б. Системы в прочной оболочке. Повреждения от взрывов конденсированных ВВ при наличии прочной или тяжелой оболочки намного меньше по сравнению со взрывом при слабой оболочке. Большинство бункеров для хранения ВВ конструируются так, чтобы по крайней мере ослабить возможные взрывы. При этом сооружения обваловываются, а крыша делается облегченной по сравнению со стенами, чтобы основной импульс взрыва был направлен вверх, а не в стороны.

Взрывы топливно-воздушных смесей в замкнутом объеме.

а. Взрывы паров горючего. Подобные взрывы происходят, когда горючее подтекает в помещение, пары его смешиваются с воздухом и образуется горючая смесь, которая вступает в контакт с уже имеющимся источником зажигания. Исключения составляют корабельные взрывы или взрывы емкостей для хранения топлив, когда пространство над топливом заполнено взрывоопасной смесью. В этом случае взрыв может произойти от случайного источника. Существует два отчетливо выраженных предельных случая для взрывов в ограниченном объеме.

1. Если отношение длины к диаметру данного объема $L/D \sim 1$ и если пространство не слишком загромождено оборудованием, перегородками и т. п., то произойдет быстрое сгорание топливно-воздушной смеси. Скорость повышения давления в этом случае относительно невелика, и в первую очередь будут разрушаться наименее прочные детали, например, окна и двери. В случае однородной по прочности конструкции здания подъем крыши и разрушение всех стен произойдет одновременно. В стальных помещениях, подобных трюму корабля, оболочка стремится принять сферическую форму до тех пор, пока разрыв не даст выхода для продуктов сгорания. Несмотря на то, что подобные взрывы приводят к серьезному повреждению оболочки, образуемая ими взрывная волна обычно оказывается слабой с избыточным давлением 7-70 кПа (0,07-0,70 атм.). Типичный случай такого взрыва – взрыв смеси газа с воздухом в жилом помещении.

2. Другому предельному случаю отвечают взрывы в ограниченном объеме, имеющем большое отношение $L/D \gg 1$ или содержащем ряд препятствий, таких как крупное оборудование или внутренние перегородки. В этом случае после возгорания расширяющиеся продукты сгорания вызывают движение воздуха перед фронтом пламени и тем самым генерируют турбулентность и крупномасштабные вихри в местах контакта потока с препятствиями. Это приводит к быстрому увеличению поверхности пламени, повышению давления и к детонации газовой фазы в некоторых областях объема. В области детонации давление может

стать очень высоким до 1,5 МПа (15 атм.) за короткий промежуток времени (менее 1 мс), что вызовет сильное локализованное разрушение. При этом максимальные разрушения наблюдаются не в точке зажигания, а на максимально удаленном от нее участке. Подобные взрывы образуют сильные ударные волны, сообщают высокую скорость осколкам и вызывают серьезные повреждения. Типичный случай такого взрыва – взрыв внутри трубопровода.

В качестве примеров подобных взрывов можно привести взрывы печей или котлов, отапливаемых газом или жидким топливом, взрывы на танкерах. 16 декабря 1976 года в гавани Лос-Анджелеса произошел взрыв либерийского танкера «Сансинена». Судно заполнялось балластом при очень слабом ветре. На палубе вытесненные из трюма пары горючего образовали облако, которое было зажжено неизвестным источником. Пламя проникло в трюм и развилось в детонацию. Палуба танкера и палубные надстройки были подброшены вверх примерно на 250 метров. Погибло 6 человек, 3 пропало без вести, ранено 58 человек. Ущерб составил 21,6 млн. долларов. Взрывы на танкерах часто возникают от статических зарядов при мытье танков высоконапорными водяными струями. Жилые дома также взрываются довольно часто, причем последствия взрывов указывают на то, что происходит расширение и значительное ускорение пламени.

б. Взрывы пылей. Взрыв пыли в замкнутом объеме может привести к катастрофическим последствиям. Вопреки широко распространенному мнению практически все органические или металлические пыли сгорают в воздухе и могут привести к взрывам в замкнутом объеме. Под пылью понимается субстанция с размерами частиц менее 76 мкм. Причины, приводящие к взрыву пылей, отличаются от причин, вызывающих взрывы газов и паров. Для того, чтобы облако пыли взорвалось, необходима высокая концентрация пыли в воздухе, при которой характерное расстояние поглощения или рассеивания света составляет примерно 0,2 м. Такие облака, как правило, непрозрачны и концентрация пыли в них выше переносимой человеком. Поэтому, эти условия не реализуются на рабочем месте, а достигаются лишь внутри трубопроводов и специального оборудования. Типичная последовательность событий при взрыве пыли такова. Вначале происходит небольшой взрыв в какой-либо части оборудования. Затем движение газа и вибрация оборудования, возникающие после первого взрыва, приводят к тому, что слой пыли, находящейся в помещении, поднимается в воздух. Эта пыль и является топливом для сильного второго взрыва, который и вызывает основные разрушения. В другой типичной ситуации масса пыли начинает тлеть, например, из-за самовоспламенения. Рабочий пытается ее потушить, из-за чего пыль разбрасывается и образует облако, которое может взорваться. Для взрывов пыли в помещении, так же как и для взрывов газов и паров, характерно существование двух предельных случаев для разных соотношений L/D . Взрывы пыли происходят в котельных, химической промышленности, фармацевтической индустрии, угольных шахтах, мукомольных предприятиях, предприятиях порошковой металлургии. Статистика показывает, что в США за период с 1931 по 1955 годы при взрывах в шахтах за год погибало в среднем 117 человек. Это намного меньше, чем за период с 1901 по 1930 годы, когда погибало в среднем 330 человек в год. К сожалению, взрывы в шахтах продолжают до настоящего времени и, несомненно, будут продолжаться и впредь. Каждый год на зерновых элеваторах США происходит 30-40 взрывов мучной пыли. В декабре 1977 года за пять дней произошло два катастрофических взрыва. 22 декабря 1977 года произошел взрыв на элеваторе «Континентал грэйн» в штате Луизиана, который привел к гибели 36 человек и ущербу 30 млн. долларов. 24 декабря 1977 года произошел взрыв на зерновом элеваторе «Фармерс экспорт» в штате Техас, при котором погибло 18 человек, а ущерб составил 24 млн. долларов. Эти два взрыва существенно понизили способность США экспортировать зерно.

Взрывы сосудов с газом под давлением.

а. Простые взрывы (нераагирующие газы). Причины взрывов сосудов под давлением можно разделить на две группы: нарушение целостности корпуса за счет повреждения или коррозии; перегрев сосуда. Верхнюю оценку параметров взрыва можно получить при ис-

пользовании зависимостей для хрупких сосудов. Первичные осколки от взрывов сосудов под давлением бывают очень опасными. Случаются взрывы сосудов под небольшим давлением. Например, крупный паровой котел общего назначения взорвется, если внутреннее давление повысится всего на 10-15 кПа (0,1-0,15 атм.). Повышение давления может произойти как в результате взрыва при горении в топке, так и вследствие утечки пара в топку, вызванной повреждением трубы или коллектора. Подобные аварии приводят обычно к небольшим разрушениям окружающего оборудования, хотя сам котел повреждается серьезно.

б. Взрывы, вызванные горением. Магистраль со сжатым воздухом чувствительна ко взрывам, вызванным горением. Топливом в этом случае являются масляные или нагаро-масляные отложения на стенках. При таких взрывах разрушения локализованы, что типично для взрывов с большим отношением L/D . Один из взрывов произошел вследствие неисправности оборудования: пары компрессорного масла смешались в магистраль с обогащенным кислородом воздухом и сдетонировали. Во многих местах по несколько метров магистрали оказались расщепленными на длинные полосы, особенно в местах изгиба трубы.

в. Взрывы газовых емкостей с последующим горением в атмосфере. Разрушения при этом типе взрывов подобны описанным подразделе «а». Основное различие заключается в образовании огненного шара, размер которого зависит от количества выброшенного в атмосферу газообразного горючего. К счастью, когда в емкости находится газообразное топливо, его количество намного меньше того, которое может храниться в той же емкости в жидком виде. Поэтому последствия этих огненных шаров не столь серьезны, как в случае взрывов емкостей с перегретой жидкостью.

Взрывы емкостей с перегретой жидкостью.

Эти взрывы происходят при разрыве емкости с жидкостью, давление паров которой превышает атмосферное. Последовательность событий следующая: по некоторой причине пластичная емкость с перегретой жидкостью начинает разрушаться. Поскольку емкость пластичная, то процесс разрушения относительно медленный, и образуется малое число крупных осколков. Эти осколки могут приобрести большую скорость и разлететься на большое расстояние. Взрывная волна в этом случае довольно слабая.

Внешний нагрев. Ситуация осложняется, если жидкость в емкости является горючей и если взрыв вызывается пламенным нагревом. В этом случае взрыв типа BLEVE приводит к появлению подпитываемого топливом огненного шара, продолжительность горения и объем которого определяются общей массой жидкости в емкости в момент взрыва. Если емкость относительно большая, то излучение от этого огненного шара может привести к ожогам и воспламенить находящиеся невдалеке легковоспламеняемые материалы. К настоящему времени наиболее впечатляющие и опасные взрывы такого типа происходят на железнодорожном транспорте. Аварии происходят с железнодорожными цистернами, перевозящими горючие сжиженные газы, нефтяной газ, пропан, пропилен, бутан, винилхлорид и т.п. Взрывы вызывают перенагромождение цистерн, выбросу отдельных кусков цистерн, образованию небольшой взрывной волны и огненному шару. Пожары продолжают длительное время и нагроможденные цистерны в течение 3-4 часов, а иногда и нескольких дней по очереди взрываются по типу BLEVE. Статистика показывает, что 95% всех осколков независимо от их размера, разлетается в пределах окружности радиусом 700 м. Огненный шар от одной из железнодорожных цистерн в США вместимостью 88 м³ охватил участок земной поверхности радиусом 60 м и воспламенил горючие материалы в радиусе 350 м. Таким образом, несмотря на то, что механические повреждения, вызванные такими взрывами, могут не быть значительными, реальные последствия аварии такого типа могут оказаться катастрофическими. Часто пожар на химическом предприятии приводит к тому, что цистерны или баки взрываются по типу BLEVE.

Взрывы неограниченных облаков топливно-воздушных смесей.

Взрыв неограниченного облака топливно-воздушной смеси может произойти в результате редкого стечения обстоятельств. Во-первых, необходим массовый выброс горючего,

например, углеводорода, либо в атмосферу, либо у поверхности земли. Подобное событие возможно на химическом предприятии, при перевозке горючего, а также при аварии на газопроводе. После выброса горючего в атмосферу развитие явления может пойти по четырем направлениям:

- выброшенное горючее рассеивается без воспламенения;
- горючее загорается во время выброса. Как правило, в этом случае инцидент завершается пожаром без взрыва;
- выброшенное горючее рассеивается на большой площади без значительного перемешивания с воздухом. После некоторой задержки облако воспламеняется и происходит массовый пожар;
- последовательность событий такая же, как и в предыдущем случае, но из-за перемешивания с воздухом пламя ускоряется и образуется опасная взрывная волна.

Взрывы неограниченных паровых облаков могут быть чрезвычайно опасными. Это происходит по той причине, что при большой утечке в атмосферу энергоносителя в определенных метеорологических условиях могут образоваться действительно огромные облака горючей смеси. В качестве грубого приближения для оценки разрушений при взрывах неограниченных облаков можно принимать от 2% до 10% теплоты сгорания всего пролитого горючего.

В 1970 году в округе Франклин, штат Миссури, США облако паров взорвалось как единое целое. Произошел взрыв подземного трубопровода и пропан под давлением 7 МПа (70 атм.) образовал фонтан над трубопроводом. Образовавшаяся при этом топливовоздушная смесь смещалась по направлению ветра и начала заполнять большую долину. Когда высота облака достигла 6 м, произошел взрыв в насосной станции, построенной из бетонных блоков и находившейся в другом конце долины. Взрыв вызвал «жесткое» зажигание облака, что привело к его детонации. После детонации возник огненный шар, образовавшийся потому, что большая часть топливовоздушной смеси оказалась слишком богатой для того, чтобы полностью продетонировать. Авария не привела к большим разрушениям, вследствие небольшой застроенности в этом районе.

3 июня 1989 года в 22¹⁴ Московского времени на 1710 километре от Москвы на перегоне Улу-Теляк-Оша Куйбышевской железной дороги недалеко от Уфы произошел катастрофический взрыв неограниченного облака топливовоздушной смеси. К этому месту, где железнодорожное полотно пересекает лесистую ложбину, с двух сторон приближались два пассажирских поезда «Новосибирск-Адлер» и «Адлер-Новосибирск». Когда составы поравнялись друг с другом, произошел сильный взрыв. Пламя мгновенно охватило вагоны, часть их сбросило взрывной волной под откос. Рядом с горящими составами из земли к небу бил еще один упругий факел. Как оказалось, это горел продуктопровод сжиженного газа «Западная Сибирь-Урал-Поволжье», проходящий параллельно железнодорожному полотну примерно в 500 м от него. При взрыве облака фронт взметнувшегося пламени составил 1,5 – 2,0 км. Непосредственной причиной аварии явилась утечка газа в одной из труб. Расследование показало, что причиной аварии явились массовые нарушения при строительстве трубопровода, обман и приписки в целях получения денег за невыполненную работу. Магистраль строилась, несмотря на то, что Главгосэкспертиза при Госстрое СССР не дала разрешения на ее строительство. Кроме того в целях экономии 20 июня 1983 года заместитель Министра Нефтяной промышленности СССР Ш. Дангерян принял решение о снятии телеметрии и автоматической системы управления с продуктопровода, нарушив тем самым правила строительства, и без того не удовлетворяющего требованиям безопасности продуктопровода. Операторы насосной станции, обнаружив падение давления в системе, вместо того, чтобы выяснить его причину, увеличили подачу газа в трубу.

Физические (паровые) взрывы.

Физический взрыв происходит, когда интенсивно перемешиваются две жидкости, имеющие различные температуры, или когда тонкоизмельченное горячее твердое вещество

быстро перемешивается с намного более холодной жидкостью. Взрыв происходит не за счет химической реакции, а за счет того, что при быстром переходе жидкости в пар локально повышается давление. Подобные взрывы наблюдаются в сталелитейной и алюминиевой промышленности, когда жидкий металл заливается в недостаточно просушенную форму. Взрывы также происходят, когда сжиженный природный газ попадает на воду. В этом случае холодной жидкостью является сжиженный газ, а не вода. Катастрофические взрывы вулканов на островах, таких как Кракатау в 1883 году, также являются физическими взрывами, когда морская вода перемешивается с магмой. Некоторые примеры физических взрывов представлены в таблице.

Взрывы	Горячая жидкость	Холодная жидкость
Ядерная технология	Алюминий	Вода
Литейное производство	Сталь или шлак	Вода
Алюминиевая промышленность	Алюминий	Вода
Бумажная промышленность	Расплав Na_2CO_3 и Na_2S	Вода
Производство сжиженного газа	Вода	Сжиженный газ

2.2. Пожары

В течение всей истории человечества люди страдали от пожаров. Деревянные строения, ограниченные пространства городов, недостатки в конструкции домов, запасы сена, соломы и зерна под крышами и при этом открытые очаги, освещение лучиной и масляными светильниками – все это способствовало возникновению и распространению пожаров.

В историю вошел пожар 64 г. н.э. в Риме. Считают, что его зажег император Нерон, чтобы освободить место для своего дворца. Огонь, однако, уничтожил полгорода. Поджигателями была объявлена недавно образованная религиозная секта христиан, и многие из них были умерщвлены за это на арене цирка, где обычно проходили бои гладиаторов.

Хронология крупных пожаров характеризует особенности пожаров на разных исторических отрезках времени и развитие средств борьбы с пожарами.

1491 г. – пожар в Дрездене, который уничтожил весь город.

1624 г. – пожар в Осло.

1666 г. – пожар в Лондоне, сгорело 14000 домов.

1728 г. – сгорел дотла Копенгаген.

1752 г. – в Москве сгорело 18000 домов.

1812 г. – пожар в Москве, зажженный русскими умышленно, чтобы лишить армию Наполеона возможности зимовки в Москве.

Улучшение организации борьбы с огнем уменьшило ущерб от пожаров, однако, пожары продолжались.

1834 г. – в Лондоне сгорело здание Парламента.

1835 г. – в Нью-Йорке сгорели 700 домов.

1842 г. – пожар уничтожил значительную часть Гамбурга.

1843 г. – в Питтсбурге (США) сгорели более 1000 домов.

1866 г. – сгорел почти весь Портленд (США).

1866 г. – Квебек (Канада) – сгорели почти 2500 домов.

1871 г. Чикаго (США) – территория площадью 4 кв. км превратилась в пепелище. Виновницей была корова, которая при дойке лягнула фонарь – но перевернулся и зажег солому.

В конце 19 века средства пожаротушения стали настолько эффективными, что практически в каждом случае огонь удавалось локализовать. Последний большой пожар произошел в 1872 г. в Бостоне, когда сгорело более 600 домов. С тех пор трагические инциденты, при которых погибало много людей, ограничивались общественными сооружениями.

1863 г. – сгорел костел в г. Сантьяго-де-Чили с 2000 верующих.

1876 г. – в результате паники, возникшей при пожаре в театре Конвей в Бруклине (Нью-Йорк) погибли 300 зрителей.

1881 г. – в Венском театре на Ринге погибли более 600 человек.

1883 г. – пожар в театре в Бердичеве – погибло 150 человек.

1887 г. – Париж, комическая опера – погибло 200 человек.

1903 г. – театр «Ирокез» Чикаго – погибло 600 человек.

После 1910 года серия подобных пожаров заканчивается. Строительство с учетом мер предосторожности, аварийное освещение и запасные выходы, противопожарный занавес, улучшение контроля практически устранили опасность пожаров в общественных местах. Но пожары не перестали собирать свою дань. Причем чаще всего катастрофы происходят из-за сочетания неблагоприятных обстоятельств.

1974 г. из-за неисправности в системе конденционирования воздуха возник пожар в одном из небоскребов г. Сан-Паулу в Бразилии. Огонь мгновенно распространился по шахтам и в течение нескольких минут охватил 14 верхних этажей 24 этажного здания. Все затянулось густым дымом, образовавшимся из-за горения пластмассовых элементов отделки здания. В течение 25 минут сгорели и задохнулись 189 человек, многие разбились, когда в отчаянии и панике прыгали из окон. Спасательные вертолеты не могли приземлиться на крыше из-за огня и дыма, а лестницы пожарных достигали только 14 этажа.

1995 г. – пожар в Бакинском метро унес почти 300 жизней. Пожар охватил электропоезд в тоннеле у станции «Нариманов». Основная причина гибели – удушье и паника. Основная причина пожара – самовозгорание силового кабеля.

1999 г. – пожар в УВД Самарской области – через 15 минут после начала пожара сгорела и обрушилась единственная лестница, по которой можно было выйти из здания. Пожар унес жизни 57 человек. Главная причина быстрого распространения пламени – деревянные межэтажные перекрытия, поскольку дом был построен еще в 30-е годы.

2000 г. – пожар на телевизионной вышке в Останкино. Горение происходило на отметке 450 метров в результате возгорания оплетки антенных кабелей, при этом горящие капли изоляции стекали вниз. При перемещении личного состава, участвующего в тушении пожара, самопроизвольно отключились пассажирские лифты и в последующем произошел разрыв несущих тросов. Лифтовые кабины, а на них и противовесы обрушились в шахту. Позднее разбившиеся лифты и фрагменты тел трех человек были обнаружены в шахте лифта значительно ниже нулевого уровня. Необходимость усиления противопожарной безопасности Останкинской телебашни была осознана еще в 1980 году, но из запланированных мероприятий было реализовано менее половины.

Лесные пожары – бедствия, наносящие России и другим странам мира неисчислимые материальные, моральные и экологические потери. За последнее столетие только в Сибири они выжгли почти 2 млн. кв. км (1915 г.), в республике Марий Эл уничтожили более 60 поселков (1921 г.), принимали массовый характер в центральной части страны, охватив, например, в 1972 году территории семи ее областей. Сильная вспышка отмечалась в 1976 г. в Хабаровском крае, где ураганный ветер способствовал переносу огня через двадцатиметровые заградительные полосы, и погасить его помог только выпавший снег.

Ежегодно в лесах России происходит от 10 до 34 тысяч пожаров. Борьба с ними несет в себе много проблем. Для их решения приходится разрабатывать специальные методы и целевые спасательные программы. Последние принимаются регулярно, но выполняются не всегда. 1999 год оказался обнадеживающим. Правительство РФ утвердило Федеральную целевую программу «Охрана лесов от пожаров на 1999-2005 г.г.», и средства на ее реализацию пока поступают.

Основной причиной лесных пожаров, как всегда, остается антропогенный фактор (90%), а остальное приходится на грозы. Распространению огня на больших площадях, помимо природно-климатических условий и повторяющихся длительных засух, способствует

несвоевременное обнаружение вспыхнувших очагов, задержка с началом их тушения, запаздывание с развертыванием сил и средств.

2.3. ЧП и катастрофы на атомных электростанциях

Первый атомный реактор был построен под руководством Энрико Ферми на корте для игры в сквош на территории Чикагского университета. Реактор заработал 2 декабря 1942 года. С тех пор началась новая эпоха в истории человечества с новыми проблемами. Главная проблема атомной энергетики состоит в том, что каждый грамм израсходованного плутония или урана порождает почти грамм радиоактивных продуктов деления, обладающих огромной радиоактивностью. Значительная часть стоимости атомных реакторов обусловлена тщательно разработанными средствами безопасности для предотвращения аварий и обработки ядерных отходов. Хотя в случае аварии на атомном реакторе, такой как нарушение системы охлаждения или неисправность управляющих стержней, реактор не взорвется наподобие атомной бомбы, однако, при этом могут расплавиться элементы конструкции реактора, в результате чего произойдет утечка радиоактивности в окружающую среду. Для обеспечения безопасности, используемые в промышленности ядерные реакторы снабжаются аварийной системой охлаждения активной зоны и заключаются в герметичные баки, рассчитанные на высокое давление. Ожидается, что ядерная энергия поможет обеспечить мировые потребности в энергии, когда добыча нефти будет уже не в состоянии удовлетворить спрос на нее. Согласно прогнозам к 2010 –году запасы нефти на земле будут, в основном, исчерпаны.

В течение всего периода эксплуатации атомных электростанций на них происходили и продолжают происходить аварии.

В США.

1951 г. Детройт. Авария исследовательского реактора. Перегрев расщепляемого материала в результате превышения допустимой температуры. Загрязнение воздуха радиоактивными газами.

24 июня 1959 г. Санта-Сюзанн (Калифорния). Расплав части топливных элементов в результате выхода из строя системы охлаждения на экспериментальном реакторе.

3 января 1961 г. Айдахо-Фолс (Айдахо). Взрыв пара на экспериментальном реакторе. Погибли трое.

5 октября 1966 г. Детройт. Частичное расплавление активной зоны в результате выхода из строя системы охлаждения.

19 ноября 1971 г. Монтжелло (Миннесота). Почти 200 тыс. л. радиоактивной воды из хранилища отходов реактора вытекло в реку Миссисипи.

1975 г. Пожар на атомной электростанции «Браунс-Ферри» (США). Прямой ущерб составил 10 млн. долларов, выведены из строя два действующих реакторных блока. Сами реакторы не пострадали.

28 марта 1979 г. АЭС «Тримайл-Айленд». Расплавление активной зоны из-за потери охлаждения реактора. Выброс радиоактивных газов в атмосферу и жидких радиоактивных отходов в реку Сукуахана. Эвакуация населения из зоны бедствия.

7 августа 1979 г. Эрвинг (Теннесси). Около тысячи человек получили дозу облучения в шесть раз выше нормы в результате выброса высокообогащенного урана с завода по производству ядерного топлива.

25 января 1982 г. Рочестер. В результате разрыва трубы парогенератора на реакторе «Джина» произошел выброс радиоактивного пара в атмосферу.

30 января 1982 г. Онтарио (Нью-Йорк). Чрезвычайное положение введено на атомной электростанции в результате аварии в системе охлаждения реактора. Произошла утечка радиоактивных веществ в атмосферу.

28 февраля 1985 г. На АЭС «Самер-Плант» преждевременно достигнута критичность, то есть имел место неуправляемый ядерный разгон.

19 мая 1985 г. На АЭС «Индиан-Пойнт-2» близ Нью-Йорка, принадлежащей компании «Консолидейтед Эдисон», произошла утечка радиоактивной воды. Авария произошла из-за неисправности в клапане и привела к утечке нескольких сотен галлонов, в том числе и за пределы АЭС.

1986 г. Уэббер-Фолс. Взрыв резервуара с радиоактивным газом на заводе обогащения урана. Один человек погиб, 8 ранено.

В СССР.

7 мая 1966 г. Разгон на мгновенных нейтронах на АЭС с кипящим ядерным реактором в г. Мелекесе. Облучились дозиметрист и начальник смены АЭС. Реактор погасили, сбросив в него два мешка борной кислоты.

1964 -1979 г.г. На протяжении 15 лет неоднократное разрушение (пережог) топливных сборок активной зоны на первом блоке Белоярской АЭС. Ремонты активной зоны сопровождались переоблучением персонала.

7 января 1974 г. Взрыв железобетонного газгольдера выдержки радиоактивных газов на первом блоке Ленинградской ФЭС. Жертв не было.

6 февраля 1974 г. Разрыв промежуточного контура на первом блоке Ленинградской АЭС в результате вскипания воды с последующим гидроударом. Погибли трое. Высокоактивные воды с пульпой фильтропорошка были сброшены во внешнюю среду.

Октябрь 1975 г. На первом блоке Ленинградской АЭС частичное разрушение активной зоны. Реактор был остановлен и через сутки продут аварийным расходом азота в атмосферу через вентиляционную трубу. Во внешнюю среду было выброшено около 1,5 млн. Кюри высокоактивных радионуклидов.

1977 г. Расплавление половины топливных сборок активной зоны на втором блоке Белоярской АЭС. Ремонт с переоблучением персонала длился около года.

31 декабря 1978 г. Сгорел второй блок Белоярской АЭС. Пожар возник от падения плиты перекрытия машинного зала на масляный бак турбины. Выгорел весь контрольный кабель. Реактор оказался без контроля. При организации подачи аварийной охлаждающей воды в реактор переоблучились 8 человек, отравились продуктами горения 25 человек.

Сентябрь 1982 г. Разрушение центральной топливной сборки на первом блоке Чернобыльской АЭС из-за ошибочных действий эксплуатационного персонала. Выброс радиоактивности на промзону и город Припять, а также переоблучение персонала во время ликвидации аварии.

Октябрь 1982 года. Взрыв генератора на первом блоке Армянской АЭС. Машинный зал сгорел. Большая часть оперативного персонала в панике покинула станцию, оставив реактор без надзора. Прибывшая самолетом с Кольской АЭС оперативная группа помогла оставшимся на месте операторам спасти реактор.

1984 г. Пожар на Запорожской АЭС. Возникла угроза уничтожения системы безопасности реактора.

27 июня 1985 г. Авария на первом блоке Балаковской АЭС. При проведении пусконаладочных работ вырвало предохранительный клапан и трехсотградусный пар стал поступать в помещение, где работали люди. Погибли 14 человек.

1986 г. Трагедия Чернобыля.

Несмотря на большое количество аварий и трагедию на Чернобыльской АЭС, которую мы подробно по минутам опишем далее, от атомной энергетики никто отказываться не собирается, так как в ближайшей перспективе ей просто нет альтернативы.

«Лично я убежден, что ядерная энергетика необходима человечеству и должна развиваться, но только в условиях практически полной безопасности, что реально потребует размещения реакторов под землей. Нужен международный закон, запрещающий наземное размещение реакторов. Медлить нельзя». Эти слова сказал А.Д. Сахаров вскоре после аварии на Чернобыльской АЭС.

Анализ списка аварий на АЭС позволяет сделать вывод о том, что основной причиной аварий является нарушение охлаждения активной зоны атомного реактора.

Обращает на себя внимание отсутствие в перечне аварий на французских АЭС. Отметим, что во Франции на атомных электростанциях вырабатывается около 80% всей электроэнергии.

Международная шкала событий на АЭС.

1. Незначительное происшествие.
2. Происшествие средней тяжести.
3. Серьезное происшествие.
4. Авария в пределах АЭС.
5. Авария с риском для окружающей среды.
6. Тяжелая авария.
7. Глобальная авария.

Основные поражающие факторы при авариях на атомном реакторе. При аварии на атомном реакторе могут происходить пожары и взрывы, но по сравнению с опасностью радиоактивного заражения последствиями пожаров и взрывов можно пренебречь. Наибольшую опасность для здоровья представляют следующие радиоактивные вещества:

- двуокись урана;
- йод 131 (накапливается в щитовидной железе);
- плутоний 239;
- нептуний 139;
- цезий 137 (является химическим аналогом калия и замещает его в клеточных мембранах);
- стронций 90 (является аналогом кальция и накапливается в костях).

Единицы величин, характеризующих ионизирующие излучения. При достаточно большой энергии атомные частицы (электроны, атомы, ионы), ядерные частицы и фотоны, поглощаясь в газе, способны вызвать его ионизацию. Эта способность определяет экспериментальные способы регистрации подобных излучений и их количественные характеристики. При измерении произведенной излучением ионизации важным показателем является также отношение поглощенной энергии к массе поглощающего вещества.

Энергию, поглощенную единицей массы вещества, называют поглощенной дозой излучения. Ее размерность L^2T^{-2} и единицы Дж/кг или эрг/г.

$$1 \text{ Дж/кг} = 10^4 \text{ эрг/г} = 1 \text{ грей (Гй)}.$$

Применяется также единица **рад**

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 10^2 \text{ эрг/г}$$

Для характеристики излучения по произведенной им ионизации служит величина, называемая экспозиционной дозой излучения. В системе СИ соответствующей единицей является кулон на килограмм (Кл/кг).

Широко применяется единица рентген (Р), которая определяется как экспозиционная доза рентгеновского или гамма – излучения, при которой в результате полного ионизационного поглощения в одном кубическом см воздуха при нормальных условиях образуются ионы с общим зарядом 1 СГС единица каждого знака. После 1990 г. использование экспозиционных доз не рекомендуется.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг} \quad 1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$$

При оценке излучения по его биологическому действию применяется биологический эквивалент рентгена, обозначаемый рэб или бэр. В системе СИ применяется единица Зиверт. Зиверт равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного качества на средний коэффициент качества равно 1 Дж/кг.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ Р}$$

Мощность экспозиционной дозы фотонного излучения измеряется в А/кг. 1 А/кг равен мощности экспозиционной дозы, при которой за 1 с создается экспозиционная доза 1 Кл/кг.

$$1 \text{ А/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р/с} \quad 1 \text{ Р/с} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ А/кг}$$

Допустимая среднегодовая мощность эквивалентной дозы при облучении всего тела работающих на АЭС равна $28 \text{ мЗв/ч} = 2800 \text{ мР/ч}$. Естественный фон на территории России создает мощность эквивалентной дозы в пределах $0,05\text{--}0,20 \text{ мЗв/ч}$, что равно $5\text{--}20 \text{ мР/ч}$.

Единицы радиоактивности. Обычно в качестве единицы радиоактивности применяют $1 \text{ распад/с} = 1 \text{ Беккерель (Бк)}$. Применяется также единица Кюри (Ки)

$$1 \text{ Кюри} = 3,700 \times 10^{10} \text{ Бк}$$

Катастрофа на Чернобыльской АЭС. 25 апреля 1986 года на ЧАЭС готовились к остановке 4 энергоблока на планово-предупредительный ремонт. Во время остановки блока по утвержденной главным инженером Н.М. Фоминым программе предполагалось провести испытания с отключенными защитами реактора в режиме полного обесточивания оборудования. Для выработки электроэнергии предполагалось использовать механическую энергию выбега ротора турбогенератора (вращение по инерции). В чем суть эксперимента? Если атомная электростанция окажется вдруг обесточенной, то останавливаются насосы, прокачивающие воду через реактор и происходит расплавление активной зоны. В этом случае режим выбега ротора генератора используется для резервного электропитания. Подобные испытания, но с действующими защитами реактора проводились и ранее на ЧАЭС и других станциях без всяких осложнений.

Реактор РБМК-1500 представляет собой цилиндр диаметром 14 и высотой 7 метров. Внутри этот цилиндр заполнен ядерным топливом и графитом. С торцевой стороны цилиндр активной зоны равномерно пронизан сквозными трубами, в которых перемещаются стержни регулирования, поглощающие нейтроны. Если все стержни опущены вниз, реактор заглушен; по мере извлечения стержней начинается цепная реакция и мощность реактора растет. В реакторе при всех условиях должно находиться не менее 28-30 стержней (после аварии это число увеличено до 70), поскольку в любой момент может возникнуть ситуация, когда способность топлива к росту мощности окажется большей, чем поглощающая способность стержней регулирования.

В отличие от ранее проводившихся испытаний в программе, составленной Н.М. Фоминым предусматривалось отключение САОР (системы аварийного охлаждения реактора). Кроме того, были допущены отклонения и от самой программы. Программа не была согласована с вышестоящими инстанциями (Гидропроект, Госатомэнергонадзор). За две недели до испытаний на панели щита управления 4 энергоблока была врезана кнопка МПА (максимальная проектная авария), сигналы которой завели только во вторичные электроцепи, но без контрольно-измерительных приборов и насосной части. То есть сигнал был чисто имитационный. Что же должно происходить при срабатывании аварийной защиты? В этом случае все 211 поглощающих нейтроны стержней падают в реактор, включается охлаждающая вода, включаются аварийные насосы и дизель-генераторы. То есть средств защиты более, чем достаточно, если они срабатывают в нужный момент. Эти защиты нужно было завести на кнопку МПА, но они были отключены, чтобы не произошло теплового удара по реактору, то есть это было сделано сознательно.

В начале эксперимента САОР была отключена, задвижки на линии подачи воды в реактор обесточены и закрыты на замок. Во время эксперимента вывод блока из работы был задержан, эксплуатация по требованию диспетчера Киевэнерго была продолжена с отключенной САОР. Эксперимент был продолжен не на заглушенном, а работающем реакторе. Во время эксперимента из-за ошибки оператора мощность реактора упала с 1500 МВт до 30 МВт. Началось отравление реактора продуктами радиоактивного распада (ксенон, йод). В этом случае восстановить параметры почти невозможно. Подъем мощности допускается только через сутки. Эксперимент начал срывать. Операторы начали подъем мощности вопреки регламенту путем поднятия регулирующих стержней из группы неприкосновенного запаса. С этого момента реактор стал неуправляемым. Способность реактора к разгону стала превышать способность имеющихся защит заглушить реактор в случае необходимости. Испытания продолжались. До взрыва оставалось 24 минуты.

Рассмотрим грубейшие нарушения, как заложенные в программу, так и допущенные в процессе подготовки и проведения эксперимента.

1. Ошибочно отключили систему ЛАР (локального автоматического регулирования), что привело к недопустимому падению мощности реактора.
2. Стремясь выйти из йодной ямы, значительно снизили оперативный запас реактивности, сделав аварийную защиту реактора неэффективной.
3. Намереваясь при необходимости повторить эксперимент с обесточиванием, заблокировали защиту реактора.
4. Отключили систему защиты от максимальной проектной аварии, стремясь избежать ложного срабатывания САОР во время проведения испытаний.
5. Заблокировали оба аварийных дизель-генератора, а также рабочий и пускорезервный трансформаторы, отключив блок от источников аварийного энергопитания и от энерго-системы.

Таким образом, стремясь провести чистый эксперимент, фактически подготовили предельную ядерную катастрофу. Все перечисленное обретает еще более зловещую окраску на фоне ряда неблагоприятных нейтронно-физических коэффициентов реактора типа РБМК и порочной конструкции поглощающих стержней. Дело в том, что при высоте активной зоны равной 7 метрам, поглощающая часть имела длину 5 метров, а ниже и выше были полые участки метровой длины. Нижний участок, уходящий при погружении ниже активной зоны был заполнен графитом. Будущий взрыв спрятался в концевых участках поглощающих стержней.

1 час 23 мин. В технологических каналах реактора при уровне мощности 200 МВт вскипел теплоноситель. Начался самопроизвольный рост мощности реактора. Было решено бросать аварийную защиту, по сигналу которой в активную зону были сброшены все регулирующие стержни, находившиеся наверху и стержни аварийной защиты (205 стержней). Прежде всего в активную зону вошли концы стержней, заполненные графитом, которые дали приращение реактивности. Они вошли в кипящий реактор, в котором росла температура. Силились воедино три фактора, ускоряющие ядерную реакцию. Начался разгон реактора на мгновенных нейтронах. Стержни вошли всего на 2 – 2,5 м и застряли, видимо из-за температурной деформации каналов реактора.

1 час 23 мин. 40 сек. Через 3 сек. после нажатия кнопки мощность реактора превышала 530 МВт и продолжала расти. Давление в реакторе росло со скоростью 15 атм./сек. Началось разрушение технологических каналов. В активной зоне происходила бурная парокониевая реакция с образованием водорода и кислорода.

1 час 23 мин. 58 сек. Произошли взрывы гремучей смеси – реакторное здание 4 энергоблока было разрушено. В воздух полетели раскаленные куски ядерного топлива и графита, что вызвало загорание кровли машинного зала, покрытой битумом. Часть испаренной активной зоны выбросило взрывом на большую высоту и унесло ветром в северо-западном направлении через Белоруссию и республики Прибалтики за пределы границ СССР. Это было около 50 тонн ядерного топлива и продуктов распада J^{131} , Sr^{90} , Pu^{239} , Np^{139} , Cz^{137} . Еще около 70 тонн топлива и 700 тонн графита было выброшено в завал со строительными конструкциями на территорию АЭС и прилегающую территорию. Активность выброшенного топлива составляла 15-20 тыс. Р/ч. Примерно 50 тонн топлива и 800 тонн графита осталось в шахте реактора, образовав воронку, напоминающую кратер вулкана. Чтобы весомо оценить масштабы радиоактивного выброса, вспомним, что атомная бомба, сброшенная на Хиросиму, весила 4,5 тонны.

В Москву был отдан рапорт о том, что радиационная обстановка в пределах нормы. На АЭС имелись приборы с диапазоном измерений не свыше 1000 μ Р/ч. Утром все дети в г. Припять пошли в школу. В Киеве 1 мая провели демонстрацию. Однако, из 5,5 тыс. человек эксплуатационного персонала АЭС 4 тысячи исчезли в неизвестном направлении в первый же день аварии. Официально эвакуация населения была объявлена только на третий день.

Надпись на Вавилонских глиняных табличках гласит: «Если в городе псы собираются в стаи, городу пасть и разрушиться». В Киеве 1 и 2 мая активность в воздухе составляла 2000 доз (воздух – 0,5 мР/ч, земля и асфальт – 15-20 мР/ч). По нормам Всемирной организации здравоохранения каждый гражданин имеет право получить в сутки не более 1,3 миллирентгена.

2.4. Катастрофы на химических предприятиях

За последние 70 лет произошел ряд аварий в химической промышленности, вызвавших озабоченность и тревогу у мировой общественности. Подчас сами места аварий, ранее неизвестные миру, как, например, Бхопал, Севезо, Фликсборо, стали употребляться для обозначения опасности. Потрясение, вызванное такими катастрофами, обусловило разработку ряда мер для обеспечения безопасности тех химических технологий, в которых могли возникнуть крупные аварии. Возможным решением проблемы опасностей химических производств является введение законодательного регулирования безопасности и другие формы вмешательства государства; во многих странах принят такой путь – такое решение проблемы было избрано и в рамках Европейского экономического сообщества. Одновременно интенсивно развивается методология выявления и описания опасностей, являющаяся этапом на пути к эффективному управлению безопасностью. В настоящее время эта методология используется на стадии проектирования новых предприятий – как для устранения источников опасностей, так и для сведения возможных опасностей к минимуму. Основными проявлениями опасностей химических производств являются: пожары, взрывы и токсические выбросы.

Первый крупный зафиксированный промышленный выброс произошел в 1917 году в Уайндотте (шт. Мичиган, США), когда утечка 17 тонн хлора привела к смерти 1 человека.

Широкий общественный резонанс имела авария на химическом заводе в итальянском городе Севезо в 1976 году. В результате этой аварии территория площадью более 18 кв. км оказалась зараженной диоксином. Пострадали более 1000 человек, отмечалась массовая гибель животных. Ликвидация последствий аварии продолжалась более года. После этой аварии в странах ЕС в 1983 году была принята директива, в которой провозглашалось, что все объекты должны иметь обоснование по безопасности. Выполнение этой директивы всеми странами ЕС привело к снижению числа техногенных аварий и катастроф в Европейской промышленности в 8 раз.

Самая крупная авария за всю историю развития мировой химической промышленности произошла в Бхопале (Индия) 3 декабря 1984 г. Причиной катастрофы явилась утечка паров метилизоцианата, унесшая 3 тысячи жизней и приведшая к заболеванию более 200 тысяч человек. Метилизоцианат получают из фосгена и монометиламина. В основном, метилизоцианат используется для получения инсектицида севина. Именно севин был конечным продуктом на заводе в Бхопале, где объем производства был в 10 раз меньше, чем на американском предприятии той же компании. Токсичность метилизоцианата значительно выше, чем у фосгена, хлора и цианистого водорода. Он вызывает острый отек легких, воздействует на глаза, желудок, печень, кожу. Завод, на котором произошла утечка, принадлежит компании Union Carbide India Ltd, которая является дочерним предприятием американской фирмы Union Carbide Corporation. Поскольку авария произошла ночью, окрестное население находилось в постелях, и считается, что многие умерли, не проснувшись. Окружающую площадку завода дома были примитивными легкими конструкциями, которые не обеспечивали защиту от распространяющегося газа. Плотность населения составляла 25 тыс. человек на квадратный километр, а вокруг завода была выше. Те, кто использовал для защиты мокрые тряпки, пострадали значительно меньше. При расследовании причин аварии выяснилось, что система защиты была отключена за 6 месяцев до аварии, что было сделано для уменьшения текущих затрат завода, который находился в тяжелом финансовом положении. Одной из главных

причин аварии явилось неоправданное уменьшение численности персонала, который был сокращен наполовину. На выполнение требований безопасности просто не хватало времени. Отмечалась низкая квалификация персонала. Технической предпосылкой для аварии явился большой объем хранимого в одной емкости метилизоцианата – 120 тонн. По нормам ЕС метилизоцианат должен храниться в количестве не более одной тонны в единичной емкости.

На территории России ежегодно находится в производстве более 600 тыс. тонн токсичных веществ. Количество химически опасных объектов в стране превышает 3300, многие из них расположены в крупных городах. Наиболее химически опасными регионами России являются республика Башкортостан, Воронежская, Волгоградская, Саратовская, Тульская, Нижегородская, Пермская, Кемеровская, Архангельская, Ленинградская, Мурманская области, города Челябинск, Екатеринбург, Новосибирск, Иркутск, Москва, Невинномысск и др.

В структуре всех техногенных аварий и катастроф более одной трети ЧС приходится на химически опасные объекты и средства транспортирования токсичных веществ. В России под контролем органов Госгортехнадзора находится более 2,7 млн. потенциально опасных промышленных объектов и свыше 150 тыс. организаций. Нормативными документами, регламентирующими вопросы обеспечения промышленной безопасности и содержащими требования о необходимости проведения анализа риска, являются:

1. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности, утвержденные Госгортехнадзором в 1992 г.
2. Положение о декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации, утвержденное постановлением Правительства РФ от 01.05.95 № 675.
3. Порядок разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации, утвержденный совместным приказом МЧС России и Госгортехнадзора России от 04.04.96 №222/59.
4. Строительные правила СП 11-101-95 Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий и сооружений, принятый и введенный в действие постановлением Министерства строительства РФ от 30.06.95 №18-63.

2.5. *Терроризм*

Терроризм (от латинского terror – страх) – применение насилия или угроза его применения с целью запугивания конкретных людей или населения в целом и достижения в результате своих целей. Важно, что под терроризмом понимаются акции, направленные преимущественно против мирного населения.

Терроризм использовался на протяжении всей истории как отдельными лицами, так и государственными органами, но приобрел особую популярность в период якобинского террора, сопровождающего Великую французскую революцию. Во время якобинского террора с сентября 1793 по июль 1794 года революционным трибуналом было арестовано 200 тысяч граждан, из них 10 тысяч умерло в тюрьме, а 12 тысяч было казнено на гильотине.

С 19 века терроризмом обычно называют взрывы, похищение людей, захваты заложников и убийства, проводимыми экстремистскими политическими группировками. Широко известны методы индивидуального террора, применяемые в царской России такими антиправительственными организациями как Народная воля и партия эсеров. Известно организованное террористами убийство царя Александра II в 1881 г., убийство в Киевском театре в 1911 г. председателя Совета министров П.А. Столыпина. За попытку убийства царя Александра III в 1887 г. в Шлиссельбургской крепости был повешен брат В.И. Ленина Александр. Широко известна официально объявленная большевиками после революции политика «красного террора».

В последние десятилетия терроризм стал орудием множества организаций в разных странах, включая банду Баадера – Майнхоф в Германии, Красные бригады в Италии, перуанский «Сияющий путь», Ирландскую республиканскую армию. Особенно распространен тер-

роризм на Ближнем Востоке, где приобрели печальную популярность группы Иргун, Хамас, «Черный сентябрь» и др. На сегодняшний день в мире действует около 500 террористических организаций и групп различной экстремистской ориентации, самые мощные из них – это «Хамас» и «Исламский джихад», что связано с финансовой поддержкой богатых нефтедобывающих стран Исламского мира. За последние 10 лет на счету этих группировок более семи тысяч актов международного терроризма, унесших более одиннадцати тысяч человеческих жизней.

Получил распространение международный терроризм, агенты которого образуют разветвленную сеть, и пользуясь современными техническими средствами, могут осуществлять координированные акции в разных точках планеты.

Проблемы международного и внутреннего терроризма актуальны для многих стран. Серьезными индикаторами служат взрывы в административном здании в Оклахома-Сити (1995 г.) и в Нью-Йоркском Центре международной торговли (1994 г.) в США. 11 сентября 2001 года Центр международной торговли был полностью уничтожен врезавшимися в него двумя самолетами, захваченными террористами-смертниками вместе с находящимися в них пассажирами.

Во Франции в ходе волны промышленных протестов (декабрь 1995 г.) саботажниками была засыпана соль во второй охлаждающий контур третьего энергоблока АЭС Блэйс. Угроза терроризма во Франции, как свидетельствует серия терактов в Парижском метрополитене, определяется действиями экстремистов из среды Алжирских иммигрантов.

Применение отравляющих веществ нервно-паралитического действия в Токийском метрополитене религиозной сектой Аум Синрике (март 1995 г.) указывает на реальность использования террористами оружия массового поражения.

Политический терроризм часто связан с организованной уголовной преступностью, которая, поддерживая его материально, добивается в результате благоприятных условий для достижения собственных целей, например, путем ослабления государственной власти.

В России терроризм превратился в реальный жизненный фактор. Его основными источниками являются этнические конфликты, в особенности, война в Чечне, рост преступности, падение производственной и экономической дисциплины. Все более заметными становятся угрозы ядерным объектам. К выводу о возможности ядерного терроризма против Российских ядерных объектов со стороны Чеченских боевиков пришли также эксперты отдела анализа угроз Министерства энергетики США.

Дадим краткую хронологию террористических актов в России за последнее время по данным журнала Гражданская защита.

14 июня 1995 г. Беда пришла в 11 часов 45 минут. Святой Крест (дореволюционное название Буденновска) вздрогнул и ужаснулся от пуль и издевательств Чеченских террористов под предводительством Шамиля Басаева. Три КАМАЗА с Чеченскими боевиками въехали в город. Почти безоружные милиционеры вступили с ними в бой, стояли насмерть. Террористы врывались в дома, административные здания, учебные заведения. Нападению подверглись здания городской администрации, сбербанка, налоговой полиции, узла связи. Затем, разделившись, террористы начали настоящую охоту на заложников из числа местного населения. Тех, кто не подчинялся, расстреливали на месте. Открыли огонь по толпе на рынке, уцелевших людей собрали в колонну и погнали в направлении районной больницы, которая к тому времени уже была занята боевиками. Террористы расстреляли всех военных или похожих на них заложников. А еще было объявлено, что за каждого убитого боевика расстреляют десятерых, а за раненого – пятерых заложников. Террористы прикрывались 1007 заложниками, причем, в окна больницы были выставлены беременные женщины, дети и старики, так что террористы были уверены, что никакого штурма не будет. В результате данного теракта погибло 128 мирных граждан, сотни получили травмы.

4 сентября 1998 г. Взрыв в Дагестане (Махачкала). Вечером 4 сентября 1998 года в столице Дагестана Махачкале был совершен террористический акт. Неизвестные припарковали авто-

мобиль УАЗ-459 на улице Пархоменко возле жилых домов. В салоне автомобиля преступники оставили взрывное устройство, которое затем сработало. В результате взрыва 15 строений было уничтожено, столько же не подлежало восстановлению. Несмотря на все усилия спасателей, чудовищная акция террористов привела к катастрофическим последствиям: 18 человек погибли, более 20 госпитализированы. Всего пострадали 68 махачкалинцев. Обследовав место происшествия взрывотехники оценили мощность взрыва соответствующую 100 кг пластита.

9 октября 1998 г. В Дагестане неизвестные совершили теракт на железной дороге. Недалеко от станции Шахмал, что на пути от Махачкалы в Буйнакск, был взорван вагон военного эшелона. Погиб один военнослужащий. Когда пожарные тушили горящий вагон, прогремел еще один взрыв, в результате которого один пожарный погиб, другой был тяжело ранен.

19 марта 1999 г. Взрыв на Центральном рынке Владикавказа. В результате этого взрыва 52 человека погибли, сотни были ранены. Взрыв прогремел в 11.30, в час пик. Эпицентр находился у входа в центральный павильон рынка в месте наибольшего скопления людей. За один только час с места трагедии было вывезено 110 человек. При взрыве были порваны электрические провода, поэтому среди пострадавших оказались пораженные электротоком. В результате взрыва сильно пострадали жилые дома и школа, расположенные по соседству с рынком.

16 мая 1999 г. в 6 часов 15 минут в военном городке «Спутник» раздался страшный взрыв, один из домов внезапно содрогнулся, а затем рухнул. Минуту спустя такая же участь постигла еще две пятиэтажки. Как позже выяснилось, в подвальных помещениях этих зданий сработали взрывные устройства неустановленного типа. В результате теракта погибли четыре человека, 26 получили ранения. Один из домов восстановлению не подлежит.

31 августа 1999 г. взрыв безоболочечной мины произошел на минус третьем этаже торгово-рекреационного комплекса «Охотный ряд» на Манежной площади в Москве. Взрыв произошел в зале игровых автоматов. Тротильовый эквивалент взрыва оценивается в 150 –300 г тротила. В результате теракта пострадал 41 человек, 24 из которых были госпитализированы, среди пострадавших оказалось шестеро детей, впоследствии один человек скончался в больнице.

8 августа 2000 г. Взрыв в подземном переходе на Пушкинской площади в Москве раздался в 18 часов, когда там особенно много народу. По тесному подземному пространству прокатилась сильная ударная волна, возникли пожар и сильное задымление. Практически все люди, оказавшиеся в переходе, пострадали. Всего пострадал 101 человек, в том числе семеро погибли на месте происшествия. Впоследствии в лечебные учреждения обратились еще 33 человека, еще 6 человек скончались в больницах.

8-9 сентября 2000 г. В ночь с 8 на 9 сентября в Москве на улице Гурьянова в жилом доме прогремел взрыв. Он расколол шести подъездную девятиэтажку. Третий и четвертый подъезды рухнули сразу, еще четыре подъезда устояли. 12 сентября спасатели закончили ликвидацию последствий террористического акта. Его итог: 98 человек погибло, около 300 ранено.

13 сентября 2000 г. Ранним утром 13 сентября в Москве был взорван еще один жилой дом – одно-подъездная восьмизэтажка по адресу Каширское шоссе, дом 6, корпус 3. В 64 полностью уничтоженных квартирах проживало 142 человека, из них в живых осталось только 22.

24 марта 2001 г. В субботу 24 марта 2001 года Северный Кавказ всколыхнула серия террористических актов – в мирных городах прогремели взрывы. В 10 часов в Карачаево-Черкесии, спустя 5 минут – в Минеральных Водах, а еще через 21 минуту в городе Ессентуки возле автобусной остановки. Во всех трех случаях взрывные устройства были заложены в автомобили. Они были начинены однотипными взрывчатыми веществами, в качестве убийных элементов использовались гвозди, гайки и т.п. Всего в данных терактах пострадали 153 человека, из них погибло 23.

Обострение боевых действий в Чечне зимой и весной 1995 года, июньский рейд отряда Басаева на Буденновск, январское нападение Радиева на Кизляр и многие другие взрывы и те-

ракты на Северном Кавказе и далеко за его пределами заставили Российское правительство всерьез задуматься над безопасностью страны и реальной защищенностью своих граждан. Дополнительные группы тактического реагирования появились на атомных станциях. Произошло усиление режима в закрытых городах Минатома. Повсеместно была усилена охрана, повысилась бдительность населения. Можно пожалеть только об одном что все это делалось по прошествии трагических событий. Однако, стоит отметить тот факт, что многие теракты были все-таки предотвращены усилиями наших правоохранительных органов, например, нельзя не сказать об эффективности операции «Вихрь антитеррор», в ходе которой изымались и изымаются различные взрывчатые вещества, о планируемом применении которых нам остается только догадываться. Нашим силовым структурам еще предстоит освоить новые методики по борьбе с терроризмом, создать для этого материальную базу и современные учебные центры, разработать соответствующее законодательство и создать условия для его выполнения.

2.6. Катастрофы в местах скопления людей

Психология толпы. Для начала необходимо определиться, что есть массовое скопление людей и чем оно отлично от толпы, которую надо опасаться. Сто человек — это толпа? А тысяча? А десять тысяч? И сто. И тысяча. И десять тысяч. Все зависит от места действия. Тридцать человек в замкнутом пространстве малогабаритной квартиры могут быть толпой, а пять тысяч человек, равномерно рассредоточенные по открытому пространству большого поля и занятые своим делом, — нет. Значит, толпа — это ограниченное пространство и скученность? Совсем необязательно. Триста человек в щитовой казарме, — куда уже теснее, и, тем не менее, это не толпа. Скорее ее антипод — армия. Сотни тысяч разбитых на отдельные подразделения и потому легко управляемых людей. Обязательно ли толпа — это скопление неорганизованных людей? Не всегда. Сидят себе, скажем, сто тысяч человек на стадионе, каждый на своем месте, со своим билетом, каждый сам по себе. Какая же это толпа? Вот если бы они разом вскочили...

Все верно. Для того чтобы просто массовое скопление людей превратилось в опасную для окружающих и для нее самой толпу, кроме внутренних предпосылок, нужен еще фактор внешней провокации, так сказать, щепотка дрожжей, которая заставляет массу теста бродить и подниматься. Что послужит детонатором, превращающим сборище мирных людей в агрессивную по своей сути толпу — паника, вызванная стихийным бедствием, пожаром, доведенный до ноты истерии митинг или рок-концерт, боязнь остаться без раздаваемой щедрой рукой гуманитарной помощи, массовое недовольство, — не суть важно. Причины могут быть самые разнообразные и неожиданные. Важно, что в какой-то момент сто тысяч индивидуальностей утрачивают самоконтроль и превращаются в единый биологический организм, живущий по своим законам, где человеку отводится роль не более чем одной из тысяч молекул, составляющих его. Понятно, что "молекула" не может жить по своим законам, — но лишь по общим. Подчиненность каждого всем — главный закон толпы.

Очень часто после завершения массовых беспорядков люди, вспоминая события прошедших часов или даже дней, удивляются, что они, в общем-то, мирные, законопослушные, благовоспитанные граждане, вдруг, съехав с тормозов, бежали туда, куда бежали все, делали то, что делали прочие, вплоть до преступлений и актов вандализма. Что произошло? Как они до такого докатились? Непонятно.

Очень даже понятно. Человек — животное стадное. Оттого и выжил в экстремальные первобытные времена. Нет-нет, а старые инстинкты дают себя знать. И былой биологический закон — приоритет стаи над составляющими ее индивидуумами — прорывается сквозь налет благоприобретенных цивилизованных привычек.

Компьютерные модели толпы. Поведение толпы принято описывать исключительно с точки зрения психологии масс. Но ученые из Дрезденского технологического университета

создали объективную модель движения толпы в панической ситуации, заложив в компьютерную модель такие параметры, как расстояния, размеры и скорости движения вместо эмоциональных характеристик. По их мнению, в ситуации паники люди в толпе перестают осознавать свои действия, в силу вступают объективные законы. Так например, в случае возникновения паники в театре или на стадионе скорость перемещения людей увеличивается из-за того, что каждый стремится быстрее покинуть это место и добраться до выхода, в результате чего создается давка, приводящая к жертвам. Если же помещение оборудовано твердыми препятствиями (арками, колоннами), то вообще маловероятно, что в ситуации давки люди, столкнувшиеся с ними, смогут достигнуть выхода без последствий для своего здоровья. Компьютерная модель полезна тем, что она помогает человеку выработать индивидуальные действия внутри толпы.

Для того чтобы предотвращать последствия паники толпы, немецкими и венгерскими специалистами была создана компьютерная программа, позволяющая рассчитать поведение большой массы людей в любом заданном пространстве. Учитывая размер толпы, моделируется направление и скорость ее движения. Таким образом, заложив в компьютер трехмерный план того или иного помещения - скажем, стадиона, - можно без труда посмотреть, как отреагируют люди, по какой-либо причине впавшие в панику. Подразумевается, что такое моделирование даст возможность усовершенствовать конструкцию помещений, и это позволит избежать ужасных смертей в давке. Ведь всего-то и нужно, что направить толпу в нужном направлении. Именно направить, поскольку сдержать ее практически невозможно - известно, что масса народа способна снести на своем пути даже металлические перегородки.

В качестве первых решений предлагается оборудовать выходы специальными барьерами, которые способствовали бы рассеиванию толпы и препятствовали образованию давки. Впрочем, благодаря новой программе усовершенствовать в ближайшее время можно будет практически любое место проведения массовых мероприятий. Остается только надеяться, что все это действительно будет сделано. Причем не на одном отдельно взятом стадионе, а решительно повсеместно. Человеческие жизни стоят куда дороже. Более того они бесценны.

Давки в местах большого скопления людей - не редкость нигде в мире. Другое дело, что именно в нашей стране, где регулярно проводятся учения по гражданской обороне на случай нападения противника, никому не приходит в голову преподавать в школах курс поведения в экстремальных ситуациях. Возможно, жертв было бы хоть немного меньше, если бы каждый милиционер имел первоначальные знания о психологии толпы. Например, был ознакомлен с исследованиями американского психолога Е. Карантелли, который установил характерные тенденции и черты паники в толпе:

- *паническое бегство всегда направлено в сторону от опасности (никто и не пытается ей противодействовать);*
- *направление бегства при панике не является случайным (выбор знакомой дороги или той, по которой направились другие);*
- *при паническом бегстве самые сильные социальные связи могут быть прерваны: мать может бросить ребенка, муж - жену, а люди становятся неожиданным источником опасности друг для друга.*

Человек, охваченный паникой, не сомневается в том, что обстановка крайне опасна. Он останавливается только тогда, когда полагает, что оказался вне опасной зоны. Он плохо соображает, не ищет альтернативных решений и не осознает последствий своего решения.

Остановить толпу может только сильнейший эмоциональный тормоз или чудо. Многие специальные памятки рекомендуют решительное физическое подавление зачинщика паники, потому что пресечь начинающийся психический пожар проще, чем остановить пришедшую в движение толпу. Для подавления паники службы охраны правопорядка могли использовать пистолеты. Несколько выстрелов в воздух, полагают эксперты, могли бы остановить обезумевшую толпу.

Катастрофа на Ходынском поле. Торжества по случаю коронации нового российского императора Николая II обошлись в 100 млн. рублей. Губернатор Москвы Великий князь Сергей Александрович объявил, что на следующий после коронации день состоятся народные гуляния на Ходынском поле, во время которых будут раздаваться царские подарки. В то время Ходынкой называлось поле, изрытое траншеями и служившее учебным плацем для войск. Из близлежащих городов и деревень приезжали любопытные, которым хотелось увидеть нового царя, его немецкую жену, посмотреть красочную церемонию и получить подарки. По случаю коронации было объявлено о даровании трех выходных дней, амнистии заключенным и освобождении от долгов и штрафов.

Массовые гуляния были назначены на 30 (18) мая 1896 года. На Ходынское поле должен был прибыть коронованный Николай II с супругой Александрой. По краям поля рабочие установили 150 украшенных зелеными ветвями палаток, в которых планировалось раздавать подарки. 400.000 подарков представляли собой кулек с сайкой, куском колбасы, пряником, орехами, леденцами и эмалированной кружкой с инициалами императора. Рядом поставили двадцать ларьков, в которых бы угощали пивом и вином. Вся площадь, примерно в один квадратный километр, была окружена небольшим забором.

Самые сообразительные собирались на Ходынку накануне вечером. Чтобы не замерзнуть, многие пили спиртное. На огражденном поле площадью в один квадратный километр собралось 0,5 – 1,5 млн. человек. К 5.00, как писал потом министр юстиции Н. В. Муравьев, «над народною массой стоял густым туманом пар, мешавший различать на близком расстоянии лица. Находившиеся даже в первых рядах обливались потом и имели измученный вид». Потерявшие сознание люди падали, и несколько человек умерло. Трупы выталкивали и над головами из рук в руки передавали к краю поля. Отодвинуться от покойников в сторону было невозможно. Раздавались крики и стоны, но никто не хотел расстаться со своим местом. 1800 полицейских только наблюдали за происходящим.

Артельщики, опасаясь, что их сметут вместе с палатками, стали швырять в толпу кульки-подарки. За кулками бросались, некоторые падали, задние напирали, и люди за несколько минут оказывались втоптаннными в землю. К 7.00 разнесся слух, что появились вагоны с дорогими подарками, и началась их раздача, что подарков на всех не хватит, и получают только те, которые ближе всего к вагонам. Толпа сорвалась к краю поля, где шла разгрузка. Деревянная ограда никого не могла остановить. Эскадрон конных казаков смели в сторону. Однако повсюду были накопаны рвы и траншеи. Нетрезвые мужчины, женщины и дети падали в них, и по ним шли следующие. Когда фабриканта Морозова понесло на ямы, он закричал, что даст восемнадцать тысяч тому, кто его спасет. Но никто не мог ему помочь, все зависело от стихийного движения массы.

Когда собирали тела, обратили внимание, что у многих погибших ноздри, рты и уши были забиты землей. По официальным данным на Ходынском поле погибло 1389 человек, и полторы тысячи получили увечья. По неофициальным данным – погибло от четырех до пяти тысяч. Царь к давке не прибыл, организаторам коронации объявил благодарности, вечером танцевал кадрили у французского посла. А на следующий день повелел выдать каждой семье, в которой был погибший, по одной тысяче рублей. Накануне Нового 1897 года Николай II записал в дневнике: «Дай бог, чтобы следующий год прошел бы так благополучно, как этот».

Похороны Сталина. В человеческую мясорубку превратились в марте 1953 года похороны Иосифа Сталина. Поэт Евгений Евтушенко, который в молодости был очевидцем этой страшной истории, спустя 37 лет снял фильм "Похороны Сталина".

"Я носил в себе все эти годы воспоминание о том, что я был там, внутри этой толпы, этой чудовищной давки, - рассказывал Евтушенко в одном из интервью. - Эта толпа - гигантская, многоликая... У нее было в итоге одно общее лицо - лицо монстра. Это и сейчас можно видеть - когда тысячи собравшихся вместе людей, быть может, симпатичных каждый в отдельности, становятся монстром, неуправляемым, жестоким, когда у людей перекашиваются лица... Я помню это, и это было зрелище апокалипсическое..."

Ведь что тогда произошло? Комендатура города и МГБ - Министерство государственной безопасности - так в то время называли КГБ, распорядились оградить Трубную площадь военными грузовиками, и со Сретенки, со спуска, хлынула человеческая Ниагара, люди вынуждены были давить друг друга, лезть через дома, квартиры, они гибли, были случаи, когда гибли дети. Это было похоже на то, когда толпа прет на футбол или бокс. Те, кто никогда не видел Сталина живым, хотели увидеть его хотя бы мертвым, но так и не увидели. Не увидел и я... Люди не плакали. Плакали, когда услышали сообщение о смерти вождя, на кухнях, на улицах. Здесь же все превратилось в борьбу за выживание, в битву за жизнь. Люди гибли, втиснутые и этот искусственный квадрат из грузовиков. Оцеплению кричали: "Уберите грузовики!" Я помню одного офицера, он плакал, и, плача, спасая детей, он говорил только: "Не могу, указаний нет..."

Трагедия в Минске. Ужасная трагедия, в которую просто невозможно поверить, произошла вечером 30 мая 1999 г. в самом центре белорусской столицы. В страшной давке, которая возникла в подземном переходе на станции метро "Немига", погибло более 50 человек. Около 300 человек получили увечья.

Причиной катастрофы стал сильный дождь, так некстати разразившийся в небе Минска около 20 часов. В это время в окрестностях Дворца спорта подходил к концу праздник, организованный FM-станцией "Мир" в честь собственного двухлетия. Поучаствовать в розыгрыше призов от сигарет "Магна", попить пива от "Оливари" и послушать группу "Манго-Манго" собрались несколько тысяч минчан, преимущественно совсем еще юных. При первых раскатах грома и каплях дождя те из них, кто находился вблизи станции метро "Немига", бросились искать укрытия в подземном переходе. Навстречу весело улюлюкающей толпе как раз вышли многочисленные пассажиры очередного поезда, прибывшие на праздник. На ступеньках перехода и произошло столкновение. Подвыпившая толпа отбросила поднимавшихся людей назад, под землю. Дождь усиливался, и напор желающих остаться сухими людей нарастал. С противоположной стороны Немиги, оттуда, где расположен Кафедральный Собор и остановка общественного транспорта, тоже шло немало людей. Многие из них тоже направлялись к месту массовых гуляний в соответствующем состоянии и веселом расположении духа. Поэтому рев толпы, несущейся навстречу, был воспринят как естественный отголосок веселья. А тут еще с той же стороны, от Собора, в переход кинулись прохожие, спасавшиеся от дождя... Столкновение было страшным. За считанные минуты в стометровый неширокий переход набилось более двух тысяч человек. Образовалась плотная живая шевелящаяся пробка. Люди, оказавшиеся рядом, говорят, что земля под ними наполнилась глухим рокотом и начала сотрясаться.

Реанимационные отделения близлежащих больниц переполнились практически сразу. Только во вторую больницу привезли более 60 раненых. Самое большое в Беларуси реанимационное отделение в больнице скорой помощи, рассчитанное на 25 мест, приняло в эту ночь около 100 человек. Основные диагнозы у прибывших - сотрясение мозга, перелом основания черепа, сдавливание грудной клетки, переломы конечностей. Подавляющее большинство жертв этой трагедии - подростки от 13 до 17 лет.

По данным, погибли 54 человека, более ста получили ранения.

Случившееся в Минске - не первый в истории подобный случай, происходящий в метрополитене или поблизости. Так, например, в двух случаях причинами давки в метро, приведшей к смертям людей, послужили пожары.

14 ноября 1987 года на одной из линий лондонского метро пассажиры почувствовали запах дыма. И хотя огня никто не видел, люди, прибывшие на перрон станции Кинг-Кросс, бросились к выходу, идя по телам упавших. Тогда на выходе из станции погибли 37 человек, более шестидесяти получили увечья.

В 1995 году в Бакинском метро загорелся четвертый вагон поезда. В результате в огне и - в основном - в давке на выходе погибли 289 человек, в том числе 28 детей, ранено 269 человек.

Смерть в толпе. Довольно большое число болельщиков (особенно футбольных) гибнет на стадионах, несмотря на принимаемые меры безопасности.

Например, 15 апреля 1989 г. во время матча между командами Ливерпуля и Ноттингема на стадионе "Хиллсборо" в Шеффилде (Англия) в давке и панике погибли 94 человека. Несчастье произошло из-за нерасторопности полиции, плохой организации при размещении болельщиков и несвоевременного оказания первой помощи пострадавшим.

Годом раньше, 21 мая 1988 г., на лондонском стадионе "Уэмбли" во время традиционной встречи между сборными Англии и Шотландии погибли 90 человек. Печальную известность приобрело побоище между английскими и итальянскими болельщиками на стадионе "Эйдел" в Брюсселе в 1985 г. во время финальной игры за европейский Кубок чемпионов между "Ливерпулем" и "Ювентусом". "Это была не игра, это была война в ужасе прокомментировал происшедшее известный французский футболист Мишель Платини. На глазах 60 тысяч зрителей на стадионе и миллионов телезрителей английские болельщики пустили дымовые шашки в соседний сектор, где сидели приехавшие на матч итальянские тиффози. Провокация удалась. Итальянцы бросились на своих обидчиков. Завязалась потасовка. Тем временем под напором неуправляемой массы зрителей не выдержали и обрушились заградительные решетки, перегородки секторов, бетонные перегородки. В результате 39 человек были раздавлены или затоптаны насмерть.

Похожая история произошла тремя годами раньше - 20 октября 1982 г. на московском стадионе "Лужники". Из-за того, что милиция перекрыла одну из двух лестниц, 15 тысяч болельщиков из одиннадцати секторов трибуны "С" вынуждены были выходить по единственной оставшейся лестнице. Возник поток, где люди были страшно стиснуты! Народу скопилось так много, что можно было не переставлять ноги - толпа все равно несла к выходу. Один из болельщиков позднее вспоминал: "Когда я увидел странно, неестественно как-то запрокинутое лицо парня со струйкой крови из носа и понял, что он без сознания, мне стало страшно..."

"От давления на лицах сквозь поры проступала кровь, - рассказывают другие очевидцы. - Кто-то разбил бутылку "Фанты", осколки от которой не смогли даже упасть на пол. Зажатые между телами, они рвали одежду и резали людей. Позже врачи с ужасом глядели на багровые кровоподтеки - отпечатки складок одежды, пуговиц, застежек. Некоторые очевидцы утверждают, что самые слабые погибали уже здесь, в коридоре. Их обмякшие тела продолжали двигаться к выходу вместе с живыми. Там, на лестнице № 1 большой спортивной арены Лужников, и произошло самое страшное.

Кто-то споткнулся и упал. Те, кто попытался помочь, остановились и были немедленно смяты потоком, повалены и растоптаны. Об них продолжали спотыкаться другие, гора тел росла. Лестничные перила не выдержали, "выстрелив", отлетели в сторону, прогнулись железные прутья толщиной в палец, и люди, ничем не задерживаемые, стали падать вниз на бетонный пол.

- Я не стал ждать, пока меня толкнут, - рассказывает чудом уцелевший Максим Бычков, - прыгнул сам. На меня тут же упал кто-то еще, и я потерял сознание... Его другу тоже "повезло". Он прыгнул неудачно, нога его, застрявшая между прутьями лестницы, сломалась. Парень повис вниз головой. Теряя сознание от невыносимой боли, он не знал тогда, что это его и спасло. Упав он вниз - ему вряд ли удалось бы избежать участи других, которые были раздавлены о бетон грудой тел.

Скоро на полу и ступенях лестницы остались только мертвые и потерявшие сознание. Некоторым еще можно было помочь, но оказавшиеся среди зрителей и случайных прохожих врачи не смогли пробиться сквозь плотную цепь милиции и военных, окружавших место трагедии. Кто-то вызвал "скорую". Сначала увезли живых, в каждую машину записывали по 4-5 человек. В приемном покое больницы имени Склифосовского их выгружали и ехали за новой партией. Трупы складывали штабелями перед памятником Ленину. Ими занялись позже...

Дичайшая история произошла в июле 1990 г. на стадионе в Могадишо (Сомали). На футбольном матче часть зрителей освистала президента страны Мохамеда Сиад-Барре. В ответ президентская охрана открыла огонь по трибунам. По официальным данным, погибло 23 человека, однако международные правозащитные организации насчитали 400 жертв этой бойни, а Объединенный сомалийский конгресс - 1500.

Массовые зрелища всегда таят в себе взрывную опасность. Особенно это относится к концертам рок музыки, когда экстаз слушателей, нередко накачавшихся наркотиками, приводит к печальным последствиям. В августе 1969 г. в Вудстоке (США) в рамках движения хиппи под девизом "Любовь, мир и братство" прошел фестиваль искусств и музыки. Местечко Уайт-Лейк, где проходили концерты под открытым небом, стало местом паломничества сотен тысяч людей. В итоге на второй день фестиваля были затоптаны насмерть три человека, по одному на каждое слово из девиза.

Якутск 13 сентября 2000 г. Накануне вечером на концерте Земфиры в Якутске произошла массовая давка. Десять человек находятся в реанимации. Один зритель, по некоторым данным, погиб. Концерт Земфиры проходил на городском стадионе под названием "Туймаада". Приблизительно в 9 часов вечера Земфира обратилась к зрителям с призывом выйти на поле. В результате начался ажиотаж, который постепенно перерос в массовые беспорядки. Милиционеры на восточной и западной трибунах были буквально сметены толпой. Всего пострадали 17 человек. Два человека в крайне тяжелом состоянии. Выяснилось, что во время концерта были недоработаны меры безопасности. В частности, машины "Скорой помощи" полчаса не могли проникнуть на арену, поскольку все ворота были закрыты, и сотрудники стадиона долго не могли найти ключей.

Самым, наверное, известным в свое время случаем стала смерть молодой стюардессы по имени Мишель, обслуживавшей рейс, на котором группа Битлз летела в Париж. Ливерпульская четверка успела подружиться с очаровательной девушкой, которую насмерть задавили толпы поклонников в аэропорту "Орли". Известная песня "Michelle" посвящена именно ей.

Восток тоже небезгрешен по части смертей во время массовых соборщ. Мусульмане нередко погибают во время хаджа - традиционного для исповедующих ислам паломничества в Мекку (Саудовская Аравия). Хадж продолжается около двух недель, и его должен совершить, по меньшей мере, один раз в жизни, каждый верующий мусульманин. Для многих мусульман путь к святыням оказывается последней дорогой на земле.

Так, в начале июля 1990 года во время хаджа погибли 1426 паломников. В туннеле длиной в километр, который связывает святыни ислама, внезапно вышла из строя система вентиляции и кондиционирования воздуха. Людей, заполнивших туннель (их было примерно 50 тысяч), охватила паника. Они начали метаться в поисках выхода и спасения. Многие задохнулись в жаре, были задавлены или затоптаны.

Как не пострадать в давке. Если бы пострадавших заблаговременно ознакомили с правилами поведения в случаях возникновения давок и толкотни, это спасло бы не одну жизнь. Лучше всего избегать мест скопления народа. Даже если вы собираетесь на праздничное гулянье, надо заранее позаботиться о своей безопасности:

- туда, где могут быть подвыпившие люди, не брать с собой детей;
- выложить из карманов колющие и режущие предметы;
- обойтись без галстука, шарфа, косынки на шее, высоких и неустойчивых каблуков. "Излишества" вроде золотых цепочек, больших колец, широких поясов и т.п. могут стать "орудием" от которого можете пострадать вы или окружающие;
- не забыть захватить с собой удостоверение личности;
- туда, где могут быть подвыпившие люди, не брать с собой детей;
- выложить из карманов колющие и режущие предметы;

- обойтись без галстука, шарфа, косынки на шее, высоких и неустойчивых каблуков. "Излишества" вроде золотых цепочек, больших колец, широких поясов и т.п. могут стать "орудием" от которого можете пострадать вы или окружающие;

- не забыть захватить с собой удостоверение личности;

- заметив компанию, находящуюся в состоянии наркотического или алкогольного опьянения, постараться держаться подальше - именно поблизости от таких групп людей легко возникают конфликтные ситуации - драки, толкотня и т.п., могущие привести к давке;

- стараться любой ценой оставаться на ногах. В случае, если вы не можете справиться с давлением толпы, лучше попытаться прижаться к вертикальной поверхности (например, стене) - несмотря на то, что так тоже можно получить травму, это все же лучше, чем упасть. Упавшие, как правило, не имеют шансов на благополучный исход.

Советы оказавшимся в метро. Главная опасность подземки состоит в том, что в замкнутом пространстве оказывается большое количество людей. Это создает ситуацию повышенного риска. Проблема каждого пассажира метро в том, чтобы войти и выйти из него.

Принцип № 1. Избегайте давки. Не вливайтесь в многосотенную толпу, устремившуюся к одной-единственной станции. Выберите альтернативный вид транспорта, вплоть до такси.

Принцип № 2. Если вы уже вошли в метро и втиснулись на эскалатор, держитесь за поручень. И даже если очень хочется поговорить с подругой, не поворачивайтесь к ней лицом, в случае внезапной остановки эскалатора падать спиной очень неприятно. Тем более, не поворачивайтесь к подруге, если с вами ребенок. В гребенку эскалатора могут попасть лапы вашего четвероногого друга. Так что - с подругой ни слова, ребенка держите за руку, собаку - под мышку и более или менее свободной рукой держитесь за поручень. Если же вы попадете в аварийную ситуацию, то единственный выход не попасть в общую давку - перепрыгнуть на соседний эскалатор.

Принцип № 3. Это не последний поезд в вашей жизни! Вы же не хотите, чтобы он стал последним? Ну вот и не ломитесь в этот и без вас битком набитый вагон. Вам не оттопчут ноги, не оторвут пуговицы и не стянут кошелек. Либо дождитесь другого поезда, либо, если число страдающих не уменьшается, продумайте альтернативный маршрут.

Принцип № 4. Иногда случается так, что вы вышли, а ребенок остался в вагоне. Или наоборот. На этот случай у вас должна быть **твердая договоренность между собой**, раз и навсегда: скажем, встречаемся возле первого вагона на следующей станции.

Принцип № 5. Не поступайте так, как поступили однажды с вами. Помните, как вы, выходя из метро, чуть не получили по лбу стеклянной дверью? Помните, как долго болела рука, на которую пришелся удар? Вот именно потому, что вы это помните, выходя, придержите дверь и оглянитесь на тех, кто идет за вами, а еще лучше - улыбнитесь...

В среднем ежемесячно в Московском метрополитене происходит около 90 несчастных случаев. **Во-первых**, можно просто по рассеянности или глупости слишком близко подойти к краю платформы. **Во-вторых**, какой-нибудь грубиян может нечаянно вас толкнуть. **В-третьих**, подъезжающий поезд может задеть вас зеркалом. **В-четвертых**, вы можете поручиться, что никакой маньяк, мечтающий расстаться с жизнью здесь и сейчас, не захочет захватить вас вместе с собой, за компанию?

Если хотя бы одно из приведенных выше предположений кажется вам **вполне** вероятным, отойдите от края платформы. Как быть, если случилось страшное - вы оказались на рельсах? Сначала о том, чего **НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕЛЬЗЯ ДЕЛАТЬ**. Не старайтесь подтянуться за край платформы. Это гимнастическое упражнение чревато последствиями: под платформой проложен 800-вольтовый контактный рельс. Теперь о том, что **НАДО ДЕЛАТЬ, И КАК МОЖНО БЫСТРЕЕ**. Если поезда еще нет, нужно сломя голову бежать в голову платформы (там, где горит зеленый свет и светятся электронные часы). Люди начнут махать (круговые движения рукой означают сигнал "Стоп!"), машинист начнет притормаживать - бог даст, вы успеете. Если поезд уже показался, вам придется проявить незаурядную выдержку - лечь между рельсами, они рассчитаны на то, что поезд не заденет лежащего на

шпалах человека. Если вам два моих последних совета не по нраву - не хочется бежать впереди паровоза, равно как и лежать на рельсах, - то... отойдите от края платформы.

Таким образом, главной причиной катастроф в местах скопления людей является возникающая паника. Главное для человека в толпе — не поддаться общему психозу спасения любой ценой, не стать рядовым поленом, поддерживающим пламя в набирающем силу психическом пожаре.

2.7. Экологические катастрофы

Экология и катастрофы. Первоначально экология формировалась как чисто биологическая наука. Само понятие "экология" ввел в 1866 году биолог Эрнст Геккель для определения "общей науки об отношениях организмов к окружающей среде". В переводе с греческого *oikos* - дом, жилище, местообитание, а *logos* - учение, наука. В современном понимании экология - "взаимоотношение живых организмов между собой и с окружающей средой".

Почти одновременно с классической (биологической) экологией, хотя и под другим названием, возникает экология человека, развивающаяся по двум направлениям - собственно экология человека как живого организма и неразрывно с ней связанная социальная экология.

Экология не может обойтись без таких понятий как среда обитания человека и других живых организмов. В глобальном понимании под средой обитания понимается планета Земля с оболочками, в пределах которой распространена жизнь: атмосфера, гидросфера и литосфера со всеми географическими и другими особенностями. Речь идет о геоэкологии, включая космическую экологию, поскольку жизнь на Земле невозможна без взаимоотношений с космическим пространством, откуда он черпает наибольшее количество энергии.

Экология человека, в которой рассматриваются проблемы взаимодействия человека со средой обитания как с позиции человека, представляющего собой биологический организм, так и с позиции социального человека, создавшего искусственную сферу обитания - техносферу, а также культурную и духовную среду.

Возникновение техносферы как среды обитания цивилизованного человека стимулировало формирование еще одного направления экологии – прикладной экологии. Проблема защиты в ЧС охватывает те же вопросы, что и прикладная экология, но в особо экстремальных случаях, когда человек и природная среда оказываются на грани выживания под воздействием опасных факторов природного и техногенного происхождения в своих экстремальных проявлениях.

Прикладная экология, во-первых, включает экологию воздействий, изучающую действие различных факторов среды обитания (физических, химических, геохимических, радиационных, биологических и др.) на живые организмы и на человека. Во-вторых, изучает влияние человека (в том числе через техносферу) на окружающую среду, которое включает в себя все возможные виды природопользования: сельскохозяйственное; промышленное; промысловое. Оно охватывает все виды промысла природных ресурсов, таких, как охота, рыболовство, лесное хозяйство, добыча нефти, газа, рудных и нерудных полезных ископаемых и т.п., а также другие виды природопользования.

Необходимым условием изучения взаимодействия человека и окружающей природной среды являются вопросы, связанные с наблюдением за состоянием окружающей среды. Этот раздел прикладной экологии называется экологический мониторинг, который позволяет регистрировать параметры биосферы, атмосферы, гидросферы, литосферы, живой оболочки земли, а также техносферы.

Таким образом, проблемы возникновения ЧС и защиты в ЧС рассматриваются как одно из направлений прикладной экологии, в поле зрения которой попадают ситуации, прояв-

ляющиеся в экстремальных воздействиях природных явлений и техносферы на человека, объекты природной среды и техносферы.

Что же понимается под чрезвычайной ситуацией и какой смысл вкладывается в понятие катастрофы?

Из Федерального закона от 21.12.94 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Катастрофа - это событие, повлекшее за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, либо разрушение и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшие к серьезному ущербу окружающей природной среде.

Экологические катастрофы. К ЧС экологического характера или экологическим катастрофам могут относиться:

- изменения состояния суши (почвы, недр, ландшафтов);
- изменения состава и свойств атмосферы (воздушной среды);
- изменения состояния гидросферы (морей, озер, рек и т.д.);
- изменения состояния животного и растительного мира.

Общими критериями чрезвычайной экологической ситуации при этом, как правило, являются:

- число пострадавших 15 человек и более;
- число погибших 4 человек и более;
- прямой материальный ущерб в больших размерах.

Критерии изменения состояния суши.

Катастрофические пыльные (черные) бури. Чрезвычайная ситуация возникает при разрушении и уничтожении почвенного покрова и гибели сельскохозяйственных культур или природной растительности на площади более 1000 га одновременно.

Катастрофические проявления водной эрозии почв, сопровождающиеся единовременным смывом почвенного покрова и оврагообразованием при ливне и стоке талых вод со склонов. Критериями ЧС при этом выступают: разрушение и уничтожение почвенного покрова, гибель посевов или природной растительности единовременно на площади более 1000 га.

При затоплении земель вследствие наводнений и подтопления земель в результате влияния искусственных водохранилищ критериями ЧС является гибель посевов и многолетних насаждений на площади более 1000 га.

Наличие тяжелых металлов (в том числе радиоактивных) других вредных веществ в почве (грунте) сверх ПДК (ПДУ):

- по химически опасным и экологически вредным веществам в 50 и более раз;
- по радиоактивным веществам в 100 и более раз;
- или 100-кратное превышение фоновых значений.

Загрязнение почв пестицидами на площади более 100 га:

- более 50 ПДК по санитарно-токсикологическим критериям;
- или более 10 ПДК по фито-токсикологическим показателям.

Захламление земель несанкционированными свалками опасных отходов на площади более 10 га.

Катастрофическое опустынивание пастбищных земель, проявляющееся в уничтожении почвенного и растительного покрова на площади более 1000 га в год.

Чрезвычайная экологическая ситуация, связанная с изменением состава и свойств атмосферы, наблюдается при превышении ПДК вредных примесей в атмосфере:

- в 50 и более раз одновременно;
- в 30-49 раз в течение 8 часов;
- в 20-39 раз в течение 2 суток.

Критерии ЧС, связанные с изменением состояния гидросферы включают в себя следующие показатели:

- резкую нехватку питьевой воды вследствие истощения источников или их загрязнения;
- истощение водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов;
- превышение ПДК загрязняющих веществ в поверхностных, подземных и морских водах в 100 и более раз (если акватория не является зонами хронического загрязнения) или появление запаха воды интенсивностью более 4 баллов, несвойственного воде ранее;
- снижение содержания растворенного в воде кислорода до 2 мг/л и ниже.

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением животного и растительного мира, возникают при:

- массовой гибели (заболевании) рыб и других водных животных и растений, приобретении ими несвойственных ранее посторонних запахов и привкусов, нарушений путей миграции, мест нагула и нереста;
- массовая гибель животных (заболевание), в том числе диких, когда смертность или количество заболевших превышает среднестатистический уровень в 3 и более раз;
- резкое ухудшение здоровья (смерть) людей, оказавшихся в зоне загрязнения.

Причины экологических катастроф. За период с 2001 по июль 2003 года произошло примерно 59 экологических происшествий, связанных с выбросами химикатов и отравляющих веществ в атмосферу, утечкой нефти и нефтепродуктов, а также гибель посевов и сельскохозяйственных угодий в результате природных катаклизмов.

Нефтепродукты на данный момент времени являются основным источником загрязнения почвы и воды. Потери от нефтеразливов во время добычи, переработки, транспортировки и хранения нефти на территории Российской Федерации, по данным международной статистики, составляют 9-12 млн. тонн ежегодно и равняются 3-4 % всего объема добываемого в стране "черного золота". Разливаемая нефть и нефтепродукты — это не только экономические потери государства. Прежде всего, это нарушение экологического равновесия в некоторых регионах страны (в первую очередь в нефтедобывающих), связанное с угрозой жизни и здоровью проживающего там населения. Потери продукта возникают вследствие естественного старения и коррозии оборудования заводов, складов, трубопроводов, терминалов и других объектов. Огромная сеть нефтепроводов (НП) с высоким давлением имеет (Их суммарная протяженность 46 800 км) множество экологически опасных подводных переходов, резервуарных парков и наливных терминалов. Будучи незамеченными, особенно при малых утечках зимой под снегом и промерзшим слоем грунта, нефть и ее продукты насыщают грунты, попадают в грунтовые воды, реки и водоемы.

Трубопроводный транспорт, по оценке экспертов, в 40 раз безопаснее железнодорожного и в 300 раз - автомобильного. В тоже время аварии на нем приводят к наиболее масштабным нежелательным последствиям. Количество вылившихся из трубы нефти и ее продуктов насчитывает сотни тонн. Ущерб же определяется не столько стоимостью потерянного энергоресурса, сколько экологически трудно ликвидируемыми последствиями. В 2000 году общее количество аварий на магистральных и внутрипромысловых трубопроводах по сравнению с предыдущим годом снизилось на 26 %. Эта положительная тенденция - результат хорошей работы сотен специалистов, вооруженных новыми технологиями.

Однако происходят случаи, застраховаться от которых никто не может Речь идет о халатности людей. В 2002 году основными причинами аварий на трубопроводах стали внешние механические воздействия. Они составили 35% от числа всех повреждений. На брак строительно-монтажных работ и коррозионный износ пришлось 24% и 14 % соответственно.

Мерами по предотвращению аварийных разливов нефти и нефтепродуктов могут служить оснащение специальным оборудованием, техникой, средствами связи специальных региональных подразделений Центра аварийно-спасательных и экологических операций (ЦАСЭО), также боновыми заграждениями, экологически безопасными сорбентами, скиммерами, плавсредствами. Целью работы данного Центра является непосредственная борьба с нефтеразливами. Конкретными задачами его деятельности являются мобилизация творческих и финансовых возможностей для защиты населения и окружающей среды от неблагоприятных воздействий техногенного характера, а также создание профессиональных мобильных сил для эффективной ликвидации аварийных ситуаций.

Сахельская экологическая катастрофа. Слово "Сахель" по-арабски означает "берег, окраина". Так именуют переходную зону шириной до 400 км, которая простирается к югу от пустыни Сахара до Саванн Западной Африки. В конце 60-х гг. в этой зоне разразилась многолетняя засуха, которая достигла своего апогея в 1973 году. В результате этой засухи в африканских странах сахельской зоны - Сенегале, Гамбии, в Мавритании, Мали, Буркина-Фасо, Нигере, Чаде, а также в странах Восточной Африки - в Эфиопии, Судане и других - погибло около четверти миллиона человек. Произошел массовый падеж скота - а скотоводство составляет основу хозяйственной деятельности и источник существования большинства населения этих районов. Пересохли многие колодцы, и даже такие крупные реки как Нигер и Сенегал. Поверхность озера Чад сократилась до 1/3 его нормальных размеров.

В 80-х гг. бедствия, приносимые засухой и опустыниванием, приобрели в Африке общеконтинентальные масштабы. Последствия этих процессов испытывают 34 африканские страны и 150 млн. людей. В 1985 году в Африке погибло около 1 млн. человек и 10 млн. жителей стали экологическими беженцами. Темпы продвижения границ пустыни в Африке местами составляют до 10 км в год.

Прогноз на глобальное потепление. Проблема глобального изменения климата на нашей планете возникла уже давно, и она, несомненно, волнует всю мировую общественность. Ею занимаются ученые многих стран, в том числе и России, для которой она очень актуальна. Каковы же возможные последствия потепления климата для нашей страны?

С этой целью Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России при непосредственном участии Института глобального климата и экологии и Института геоэкологии РАН, других научных учреждений провели соответствующие исследования, имевшие главным образом поисковый характер. В результате выявлено, что потепление климата может оказать существенное воздействие на различные сферы и секторы жизнедеятельности человека - сельское и лесное хозяйство, гидрологию и водные ресурсы, энергетику и транспорт, прибрежные морские зоны.

В частности, предполагается, что увеличится количество осадков, повысится уровень Мирового океана. Так, например, в бассейне Енисея к 2010 году осадков выпадет на 15-25 % больше нынешней среднегодовой нормы, а в бассейне Волги - на 10-30%. Это приведет к изменению режимов стока вод, повышению уровней внутренних морей и крупных озер, а следовательно - к неблагоприятным последствиям на прибрежных территориях. А к 2030 году прогнозируется повышение уровня Мирового океана на 20 сантиметров, к 2100-му - на 65, что станет причиной затопления береговых зон и низменных территорий в дельтах рек с расположенными на них населенными пунктами. В связи с этим очень уязвимыми окажутся города, особенно на севере России, а также Санкт-Петербург. Если не предпринимать необходимых защитных мер, то разрушениям подвергнутся жилые дома и производственные здания, дороги и аэродромы, нефте- и газопроводы и т.д. Потребуются большие капиталовложения на дополнительное обустройство водохранилищ и ГЭС.

Вследствие таяния замороженных грунтов в районах вечной мерзлоты границы мерзлых пород через столетие, согласно прогнозу, сдвинутся на 300-400 км в северном направлении с соответствующими изменениями хозяйственной инфраструктуры на значительных территориях, прежде всего Сибири и Урала.

Исчезающий Арал. Проблема Аральского моря своими корнями уходит в далёкое прошлое... В III-ем веке до н.э. на территории Прикопетдагской равнины образовалось Парфянское царство с земледелием как основой его экономики. В первые века нашей эры получили расцвет оазисы Хорезма, Аркана (долина реки Теджен), Маргиана (долина реки Мургаб), Гиркание (долина реки Атрек).

Геродот, Полибай, Плиний (III-1 вв. до н.э.) писали о широком развитии орошения земель в Южном Туркменистане, основанного на строительстве крупных каналов и ирригационных сооружений.

Начиная с XVI в. н.э. Южный Туркменистан стал ареной борьбы за его территории между определенными государствами. Оросительные системы начали разрушаться. В северной части Туркменистана хивинским ханом была прекращена подача воды на земли туркменских племен, что вызвало жалобу старейшин йомудских племен Петру Первому в 1713 г. и обращение к нему за помощью.

К концу XIX в. землеводопользование в этом районе носило в основном общинно-родовой характер. К 1884г. на юге Туркменистана орошалось 66,0 тыс. га (из них из реки Мургаб - 47 тыс. га, в бассейне реки Теджен - 5 тыс. га, на подгорной равнине Копетдага до Казанджика - 11 тыс. га, в бассейне реки Атрек - 3 тыс. га). Поддержание оросительных в рабочем состоянии производилось за счет водопользователей. Южный Туркменистан вошел в состав России под названием Закаспийской области.

Еще за несколько лет до Великой Октябрьской революции частные предприниматели начали расчищать и восстанавливать оросительные системы, что позволило за короткое время в несколько раз увеличить площади орошаемых земель. За государственный счет была построена оросительная система на землях «государева имения», которая была первой в России крупной инженерской оросительной системой.

После присоединения Туркменистана к России и увеличения площадей орошения эта отрасль начала быстро развиваться. Если в 1990г. хлопком засеивалось около 12 тыс. га (с которых получено 12,6 т хлопка-сырца), то уже в 1914 г. - около 62 тыс. га (55,1 тыс. т хлопка-сырца).

В предвоенные годы были реконструированы оросительные каналы и водохранилища, построены гидроузлы. Удалось достичь значительного прироста площадей орошаемых земель. Постановление СНК СССР от 19 мая 1932 г. «О мероприятиях по обеспечению западной Туркмении пресной водой» закрепило государственную политику на развитие орошаемого земледелия в этом регионе.

В постановлении предусматривается проектирование Каракумского канала: «Учитывая исключительную ограниченность выявленных водных ресурсов в предгорьях Копетдага и полное использование рек Мургаб и Теджен, приступить к пропуску амударьинской воды по руслу Келифского Узбоя на обводнение пастбищ Южных Каракумов, при положительных результатах осуществить подачу амударьинской воды в бассейны рек Мургаб и Теджен для развития там орошения»

Великая Отечественная война приостановила ход исследований и строительных работ.

Постановлением СНК СССР с 1946 г. предполагалось возобновить строительство первой очереди Каракумского канала.

Конечно, каракумский канал дал воду многим населенным пунктам и промышленным предприятиям. Но Каракумский канал называют и «государственным преступлением», причиной гибели Арала.

Результатом строительства канала стало нарушение экологического баланса территории, повлекшее за собой несоизмеримо большие беды, чем доход и прибыль от водоснабжения населенных мест. Однако этот экологический фактор проявляет себя в течение более длительного времени, чем полученный положительный результат от улучшения водоснабжения. Это обстоятельство и забывают приверженцы строительства канала.

Важно и другое. В рамках общей стратегии строительства каналов существовали и существуют более конкретные задачи, от решения которых зависит судьба всего грандиозного проекта. Например, облицовка каналов ее отсутствие привело к потере воды из каналов и изменению гидрологических условий в прилегающих к каналу районах. Необходимость облицовки каналов для предотвращения фильтрации воды ясна была задолго до начала строительства, но создатели канала этим пренебрегли, ссылаясь на «отсутствие в республике мощностей по изготовлению облицовочных плит».

Все это наряду с низкой экологической грамотностью, коррупцией в партийно-хозяйственном аппарате региона и послужило социальной основой для ухудшения экологической обстановки, ухудшения здоровья живущих здесь людей.

Тревожные разговоры возникли еще давно, но особенно усилились они в конце 70-х годов. Отовсюду поступали мрачные сообщения. Оголяется дно Арала... Берега от морских портов ушли на десятки километров... Меняется климат, вымирают животные: было 178 видов, осталось 38... Гибнут тугаи - тростниковые заросли... Ухудшается жизнь людей, потому что в пустыне ее творит не земля, а вода.

Однако бесконтрольный водозабор, отсутствие водомеров, завышенные нормы полива (которые годами научно не корректировались) привели к неоправданно большому перерасходу воды. В результате вода не облагораживает землю, а губит её. Например, в Ферганской долине сотни тысяч гектаров полей стояли со слоем воды в несколько метров.

За двадцать лет Аральское море лишилось 640 км воды. Мор потеряло две трети своего объема и две трети своей площади, а ведь оно было просто гигантским - синим без конца и края. От Майнака до Аральска ходили корабли. Теперь уровень моря упал на 13 метров. Оголившееся дно Арала (а это 2,6 млн. га) превратилось в рукотворную пустыню, которая уж и название получила - Аралкумы. Здесь накоплено миллиарды тонн ядовитых солей. С пустынного дна моря в воздух поднимаются миллионы тонн соляно-ядовитой пыли, которую ветер разносит на далекие расстояния. С усыханием моря участились пыльные бури. Пылевые облака заносятся на ледники Памира, Алтая, Тянь-Шаня, а это в свою очередь изменяет режим берущих там начало рек.

На полях Средней Азии долгие годы против вилта (болезни хлопчатника) применялся химикат ДДТ. Соединение это для человека очень опасно, а в природе оно практически не разлагается. ДДТ и другие ядохимикаты многие годы смывались с полей и накапливались в море. Теперь здесь проплывают ядовитые облака.

За последние годы высохли сотни естественных озер Приаралья, которые давали пищу скоту, рыбе, птице, кормивших людей. Теперь рыба для двух консервных заводов (в Аральске и Муйнаке) завозится с Дальнего Востока и из Прибалтики. Впрочем, в связи с развалом СССР из стран Балтии, может быть, уже и не завозится. А ведь ещё 20 лет назад к проходящим мимо поездам выходили рыбаки и продавали пассажирам жирных лещей и огромных усачей. Крестьяне приносили дыни, арбузы, помидоры, огурцы.

Лес для Кызыл-Ординского целлюлозного комбината доставляют (если ещё доставляют) из Сибири, так как дельта камыша усохла. Раньше вся территория Каракалпакии, Хорезмской и Ташаузской областей испытывала благоприятное воздействие Аральского моря, теперь же воздух здесь стал суше. На 20 дней сократился безморозный период.

Раньше в Приаралье не только строили новые и расширяли старые города и посёлки. Поговаривали даже об открытии международного курорта, потому что для этого было всё: сухой климат, а с апреля по ноябрь - купальный сезон.

Теперь вокруг Арала пусто и безлюдно. В рыбном посёлке Учсан раньше проживало 10000 человек, к концу 1980-х их осталось всего около 1000. А сейчас есть ли сам посёлок-то?

В когда-то процветавшем Аральске сегодня тысячи безработных. А сам город? Ободранные, изъеденные солью здания, грязные улицы, чахлая, усыхающая зелень... Рядом с мёртвым морем бывший городской порт, где ржавеют рыболовецкие суда. На территории

Аральска возникло 29 зловонных озёр. В них население сбрасывает бытовые отходы, из них же пьёт воду домашний скот. На одного человека в сутки в городе приходится 1 ведро питьевой воды.

Дно Аральского моря представляется бело-рыжим, вспученным солью. От своих портов (теперь тоже бывших) оно ушло на 60-70 км. Десятки ржавеющих, разрушающихся рыболовецких траулеров, катеров, шхун, моторных лодок, баркасов остались в прежних портах, теперь засыпаемых песками.

Сегодня этот район - зона экологического бедствия. Участились северные ветры, климат стал более прохладным, замедлился рост хлопка. Особую опасность представляют для человека заболевания, связанные со смывом в реки химических веществ, обильно применяемых в сельском хозяйстве, с повышением солёности воды. Распространены гепатит, болезни крови, желудочные болезни, аномалии развития и родов. В здешней воде сворачивается молоко, с трудом заваривается чай. В ряд районов чистую воду для питья завозят издалека.

В Узбекистане 650 тыс. многодетных семей (имеющих от четырех до 12 детей и более), 45% этих семей живет ниже уровня бедности, что усугубляет неблагоприятное состояние здоровья людей. В родильных домах Узбекистана умирает каждый 17-й новорожденный. Такое же положение в Туркмении, некоторых районах Таджикистана и Казахстана.

Страдают и северные казахстанские берега Арала. В городе Аральске по сравнению с 1970 г. в 2 раза увеличилась заболеваемость населения, особенно вирусным гепатитом. Растёт детская смертность - ежегодно из тысячи родившихся умирает более 100 детей. Почти 30 «солёных озёр» разбросано по городу Аральску. Они представляют собой небольшие по размеру болота, которые летом становятся рассадниками различных инфекционных болезней. Казгипрокоммунстрой пятнадцать лет назад разработал проект осушения болот. Стоимость осушительных мероприятий оценивалась в 3 млн. руб., но их нет у властей города, и до сих пор проект не реализован.

В Ходжейли, одном из сравнительно благополучных городов Каракалпакии, в феврале 1989 г. была завершена сплошная диспансеризация населения. В справке говорится, что из обследованных 12 845 жителей оказалось 8 049 больных, из них 3 810 детей. Причина — погибающее в 250 км Аральское море, изменившее экологическую ситуацию. Детская смертность здесь одна из самых высоких в мире. В ряде районов врачи не рекомендуют кормить младенцев молоком матери, так как оно токсично, содержит пестициды. Происходит это потому, что 64% населения Узбекистана берёт воду для питья прямо из ирригационных каналов или протоков Амударьи, в которые с полей смываются различные химикаты.

В 30 - 40-е годы сотни тысяч людей были насильно переселены из горных районов Таджикистана в безлюдные долины лишь для того, чтобы выращивать хлопчатник. Сегодня изменилось отношение к хлопку - и вот во имя решения теперь уже продовольственной проблемы современное поколение переселенцев вынуждено осваивать те же горные участки. Погоня ведомств за стройками-гигантами не даёт возможности строить малые энергетические объекты, так необходимые в зонах нового расселения.

Так что же делать? Прямо скажем, что восстановить прежний уровень Аральского моря, по крайней мере в ближайшее время, не удастся. Правда, сейчас климатологи прогнозируют изменения количества осадков в разных районах мира под влиянием «парникового эффекта». В странах юга Европы оно должно уменьшиться, но севернее 50-й параллели и в Средней Азии предполагается значительное увеличение количества осадков. Тогда, может быть, удастся и восстановить прежний уровень Арала. Сегодня можно только принять меры по стабилизации этого уровня Арала и, может быть, незначительному его повышению.

Теперь же для России «проблема Арала» превратилась в проблему хотя и ближнего, но «зарубежья». У властей Казахстана, Узбекистана и Туркменистана, на территории которых расположены бедственные районы и само море (вернее то, что от него осталось) много других проблем. На их взгляд, более важных, а на Арал не хватает ни времени, ни средств. Уровень Аральского моря (ничем не восполняемый) падает со скоростью 0,5 метра в год, т.е.

через 5-6 лет Арал может исчезнуть полностью, превратившись в ряд небольших и опасно загрязненных водоемов.

Катастрофа в Севезо. Это случилось 10 июля 1976 г. Называется город Севезо. Что же произошло?

Десятого июля 1976 г. в небольшом городке Севезо на севере Италии, в 30 км к северу от миллионного Милана, произошел взрыв на химическом заводе, о продукции которого даже большинство работающих на нем знало только, что здесь делают «сырье для выпуска дезодорантов». Из котла вырвалось облако дыма, вскоре покрывшее окрестности предприятия словно белой вуалью. Было субботнее утро. Мало кто в городе знал о взрыве, случившемся на фабрике, поэтому почти никто не обратил внимания на белую пыль, осевшую на дома и улицы. Никто и не подумал закрыть окна или позвать домой детей, полуголыми игравших в садах — ведь было жарко.

Но вещество, вырвавшееся при взрыве на маленьком химическом заводе фирмы «Икмеза», было одним из самых страшных ядов, какие только известны химикам. Его научное название — 2,3,7,8-тетрахлордибензо-р-диоксин, сокращенно — ТХДД.

Полиция, хотя и узнала в тот же день о происшествии, никаких действий не предприняла, так как и ей не было известно, что именно выпускают на фабрике. Только в воскресенье утром о случившемся сообщили мэру города, который сразу связался с руководством завода, но не смог узнать никаких подробностей. Наконец в понедельник утром руководство предприятия сообщило городским властям о размахе катастрофы.

На городок опустилось ядовитое облако, о чем надо было сообщить всем жителям, но непосредственной опасности для населения не было. Тем не менее рекомендовалось не употреблять в пищу овощи и фрукты, выросшие в окрестностях фабрики.

К этому времени в Женеве, на косметической фирме «Живодан», дочернем предприятии швейцарского химического концерна «Хоффман—Ларош», которой принадлежит и «Икмеза», уже смогли восстановить ход событий. Во время последней пересменки, примерно за шесть с половиной часов до несчастья, видимо, остановилась мешалка, вращающаяся в реакторе, где получают трихлорфенол — то самое вещество, которое в Женеве в дальнейшем перерабатывали в дезодоранты. Вероятно, рабочий нажал не на ту кнопку. Из-за ошибки котел реактора перегрелся, в нем повысилось давление.

Содержащая в реакторе смесь «вскипела», в результате предохранительная мембрана (особый клапан, открывающийся при чрезмерном повышении давления) не выдержала. Содержимое реактора, где кроме трихлорфенола было более 2 кг высокоядовитого ТХДД, вырвалось наружу.

ТХДД примерно в 67 тыс. раз ядовитее цианистого калия и в 500 раз — стрихнина. Смертельная доза для кролика — 10 миллионных частей грамма на килограмм веса тела. Но зародышу вредит уже доза, превышающая 0,03 миллионных грамма на килограмм веса тела. О канцерогенности ТХДД свидетельствует следующий факт: из 30 рабочих, опрыскивавших гербицидом 2,4,5-Т насыпи шведских железных дорог, чтобы они не зарастали сорняками, вскоре умерло пятеро, из них четверо — от рака. В гербициде содержались следы ТХДД.

Все это, конечно, уже знали на «Икмезе», «Живодане» и в главном правлении фирмы «Хоффман—Ларош» к 12 июля 1976 г., когда мэр Севезо все еще пытался выяснить, чем взрыв на заводе может грозить горожанам. Женевская компания молчала даже тогда, когда на пятый день после несчастья начался падеж домашних животных, а у детей, игравших в момент взрыва на улице, появилась сыпь на коже. Только 23 июля, когда уже у 30 человек были обнаружены тяжелые поражения кожи, анализ, проведенный в одной из итальянских лабораторий, показал, что причиной было высокоядовитое вещество ТХДД. Еще через три дня фирма «Живодан» подтвердила этот результат. На 17-й день после взрыва размах катастрофы стал наконец ясен. Началась спешная эвакуация населения, первыми из города вывезли детей.

Была выделена «зона А» с максимально высокими концентрациями ТХДД, откуда людей выселили полностью, и «зона В», где ограничились медицинским осмотром каждого жителя. Служащие, облаченные в белые защитные костюмы, собирали на улицах и во дворахдохлых кошек, кроликов и собак. Позже подсчитали, что пало в общей сложности 3 тыс. животных и еще 75 тыс. пришлось забить. Яд особенно сильно подействовал на детей, игравших в момент взрыва на улице и в садах. «Безобразные оспины, которые яд оставил на коже детей,—пожизненное клеймо химической промышленности, точнее, клеймо того концерна, который вывел опасное производство из Швейцарии в Италию, не учел имеющийся опыт, не предпринял должных мер предосторожности, а в довершение всего хотел умолчать о катастрофе.

Всего из «зоны А» пришлось вывезти свыше 700 человек; в менее затронутой «зоне В» насчитывалось 4—5 тыс. людей. Дети, пострадавшие от яда, покрылись с головы до ног сыпью, ногти у них на руках и ногах почернели.

В отравленном районе было три смертных случая, причину которых многие медики видят в действии яда. Но главное—там возросло число выкидышей. В момент катастрофы в окрестностях находилось 170 беременных женщин. Число уродств среди новорожденных было несколько выше, чем в предыдущие годы, а число выкидышей выросло в 2 раза.

Так как ТХДД обладает эмбриотоксическим действием, после катастрофы выросло число мертворождений: в 1976 г.—8, в 1977 г.—12, в 1978 г.—14, а также число детей с уродствами: в 1976 г.—4, в 1977 г.—38, в 1978 г.—58.

Площадь отравленной зоны давно не ограничивается только городком Севезо. Хотя ТХДД практически нерастворим в воде, ветер и зимний разлив реки сделали его весьма подвижным. И через два года после катастрофы все еще неизвестно, как очистить отравленную зону. Так как ТХДД— крайне стабильное химическое соединение, вряд ли проблема разрешится сама собой, с течением времени. Впрочем, снятие и удаление верхнего 20-сантиметрового слоя почвы продолжается. Но куда деть снятую почву?

По проекту ломбардских властей отравленную почву должны были прокалить в специально построенных для этого печах. Но чтобы разложить яд, потребуется температура свыше 1000°, да и тогда никто не сможет гарантировать успех. К тому же против этого проекта возражали соседние населенные пункты, и его положили под сукно. Вместо прокаливания снятую почву сложили на уже обезвреженном участке за пределами Севезо, но всего в 100 м от окраинных домов близлежащих городков Чезано и Мадерно. В результате в этом районе пришлось закрыть школы, так как в окружающей среде были неожиданно найдены большие концентрации диоксида.

Вообще можно сказать, что в этом деле возобладал дилетантский подход. Отряды по обезвреживанию местности работали так, словно речь шла просто о генеральной уборке. Например, воду, которой смывали диоксин, просто слили в канализацию. И вряд ли кто из работающих на летней жаре соблюдал приказ постоянно носить противогаз. В результате симптомы отравления появились вскоре и у этих рабочих, присланных фирмой «Живодан». Итак, можно опасаться, что в будущем в Севезо не стоит ожидать больших изменений и окрестности завода «Икмеза» останутся надолго отравленной зоной, вход в которую будет смертельно опасным.

2.8. Вопросы для самоконтроля

1. Что может взрываться на промышленных предприятиях и в быту?
2. Причины случайных взрывов.
3. В чем заключается разница между взрывным горением и детонацией?
4. Классификация природных и преднамеренных взрывов.
5. Классификация случайных взрывов.
6. В чем отличие взрывов сосудов с газом под давлением от взрывов типа BLEVE?

7. Основные причины пожаров.
8. Что общего между большинством аварий и катастроф на АЭС?
9. Поражающие факторы при авариях на АЭС.
10. Единицы величин, характеризующих ионизирующие излучения.
11. Поглощенная доза, экспозиционная доза и эквивалентная доза.
12. Единицы радиоактивности.
13. Что произошло на Чернобыльской АЭС 25 апреля 1986 года?
14. Основной путь решения проблемы опасностей химических производств.
15. Что понимается под словом терроризм?
16. Исторические корни терроризма.
17. Источники терроризма в России.
18. Что такое толпа?
19. Перечислите характерные тенденции поведения людей в толпе.
20. Чем отличается чрезвычайная ситуация экологического характера от экологической катастрофы?
21. Перечислите основные виды экологических катастроф.
22. Назовите основные причины экологических катастроф.
23. Приведите примеры экологических катастроф.
24. Какие аварии и катастрофы наиболее вероятны в вашем городе?

3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катастрофы и аварии. Землетрясения, вулканы, цунами, пожары, железнодорожные морские и авиационные катастрофы / Подг. текста В.Е. Кудряшова и Н.В. Трус.- Мн.: Литература, 1997.-432 с.
2. Взрывные явления. Оценка и последствия; В 2х кн. Пер. с англ. / Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др.; Под ред. Я.Б. Зельдовича, Б. Гельфанда.- М.: Мир, 1986.- 319 с.(т.1), 384 с.(т.2).
3. Меллош Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс: Пер. с англ.- М.: Мир, 1994.-336 с.
4. Астроидно-кометная опасность (ред. А.Г. Сокольский) Ю.Д. Медведев, М.Л. Свешников и др., С.- Петербург, изд. ИТА РАН, 1996.- 244 с.
5. Гринберг М.С. Технические преступления.- Новосибирск: Изд-во НГУ, 1992.-144 с.
6. Медведев Г. Чернобыльская тетрадь // Новый мир, 1989, №6.
7. Маршалл В.Д. Основные опасности химических производств.-М.: Мир, 1989.
8. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 4 книгах / Под ред. К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского, А.В. Забелина.- М.: Издательство АСВ, 1995-1998.
9. Гражданская защита, 1995-2000.
10. Шадский И.П. Чрезвычайные ситуации в промышленности: Учебное пособие.-М.: Институт безопасности и риска, 2001.-188 с.
11. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. /Под ред. Супруновича Б.П. - М. 1990
12. Сто великих катастроф. НА. Ионина, М.Н. Кубеев - М.: Вече, 2000.
13. . Яншин А. Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчетов. - М.: Мысль, 1991.
14. Б. Жоллыбеков, А. Васильев, М. Краш. Арал: после катастрофы -геноцид? // Экос, 1991, № 2, стр. 48-55, 78-79.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ РЕФЕРАТОВ

1. Наводнения
2. Извержения вулканов.
3. Цунами.
4. Смерчи.
5. Тайфуны.
6. Землетрясения.
7. Падения крупных метеоритов.
8. Катастрофы на море.
9. Авиационные катастрофы.
10. Железнодорожные катастрофы.
11. Крупные пожары.
12. Оползни, сели и лавины.
13. Взрывные происшествия.
14. Катастрофы и аварии на АЭС.
15. Катастрофы на химических предприятиях.
16. Катастрофы в местах скопления людей.
17. Эпидемии.
18. Экологические катастрофы.
19. Террористические акты.