

**Центр содействия интеграции высшего образования
и фундаментальной науки (Центр “Интеграция”)**

**Российская Академия Наук
Санкт-Петербургский Научно-исследовательский
Центр Экологической Безопасности**

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет**

В.И. Биненко, Г.Н. Храмов, В.В. Яковлев

Чрезвычайные ситуации в современном мире и проблемы безопасности жизнедеятельности



Санкт-Петербург

2004

УДК 335.58; 358.238; 502.552(075.84);614.8

В.И.Биненко, Г.Н. Храмов, В.В. Яковлев. Чрезвычайные ситуации в современном мире и проблемы безопасности жизнедеятельности-СПб..2004 - 400 с.

Рассмотрены основные чрезвычайные ситуации (ЧС) в современном мире связанные с природными, техногенными авариями и терроризмом, а также проблемы их мониторинга, оценки риска и снижения потенциальной опасности их проявлений, вопросы управления и защиты в ЧС. Монография посвящена пределам устойчивости жизнедеятельности при ЧС и использованию геоинформационных систем потенциально-опасных зон и объектов при ЧС. Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Интеграция»-проект Ц-0051/2088 от 1.11.2002 г.

Библиография: 227 названий.

Рецензенты:

Заведующий кафедрой СПбГУТД, д.т.н., проф. В.П.Панов.

Директор по науке и проектам ГУ «Секретариат Северного Форума», д.т.н., проф. В.Б.Митько.

V.I. Binenko, G.N. Khramov, V.V. Jakovlev. Emergency accidents in the modern world and safety problems. SPb. 2004. -400 p.

The main emergency accidents (EA) of the modern world associated with natural and technogenic emergencies and terrorism have been considered. Problems of their monitoring, risk evaluation and potential danger minimization of their display, questions of management and protection during EA are also analyzed. The monograph is devoted to life activity stability limits in EA and using geoinformation approach to study potential danger zones and objects of EA. The work is done in the frame of federal program "Integratsya" .-project Ts-0051/2088 from November 1,2002.

References: 227 items.

Фото на обложке из газеты "The New York Times" за 12 сентября 2001 г.

© В.И.Биненко, Г.Н. Храмов, В.В. Яковлев

© НИЦЭБ РАН

© СПбГПУ

*Книга посвящена светлой памяти
нашего коллеги - основателю
кафедры управления и защиты
в чрезвычайных ситуациях СПбГПУ
проф. В.А. Кулакову*

ВВЕДЕНИЕ

Человеческая история – это летопись борьбы за выживание человека в мире, наполненном реальной опасностью. Человечество постоянно подвергается воздействию катастроф. Они уносят тысячи человеческих жизней, наносят колоссальный экономический ущерб, в мгновение ока разрушают всё то, что создавалось годами, десятилетиями и даже веками[1-6].

Борьба за существование привела к созданию орудий труда, к возникновению человеческого общества и к возникновению новых опасностей для человека: конфликтов социальных, политических, религиозных, национальных. Война становится постоянным спутником человеческого общества, принося людям бедствия и страдания, а с появлением ядерного оружия ставит человечество на грань уничтожения.

Развернувшаяся в XX веке беспрецедентная по масштабам инженерная деятельность, вызванные ею изменения природной среды резко увеличили вероятность возникновения катастроф. Количество чрезвычайных ситуаций с катастрофическими последствиями прямо пропорционально росту объёма производственных мощностей. Из всех аварий ушедшего столетия 50% произошли за последние 20 лет, из них 33% в 80-90-ые годы. На последние 10 лет приходится более 50% всех погибших и около 50% всех раненых при катастрофах.

Происходящие в техносфере аварии и катастрофы приводят не только к людским жертвам но и к уничтожению природной среды, что в свою очередь может вызвать невозвратимые генетические изменения у людей. Таким образом, между человеком, возвращённым природой и ею самой появилось и в последнее время стало усугубляться противоречие, которое следует рассматривать как одно из основных противоречий современности.

Попытками разрешить это противоречие заняты многие выдающиеся умы, однако достичь цели пока не удалось. Причина кроется в том, что противоречие между техносферой и природой носит глобальный характер, а подходы к его разрешению

предпринимаются частные. Мир стоит на границе смены парадигмы – от улучшения качества жизни к гармонии между человеком и природой.

В связи с изложенным возникли проблемы безопасности, которые затрагивают все уровни структурной иерархии природы, общества, техносферы. Решение этих проблем осуществляется структурами человеческого общества различных уровней иерархии.

Краеугольным камнем всей международной правовой системы в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций является «Всеобщая декларация прав человека», принятая в Париже 10.12 1948г. В ней получили развитие фундаментальные положения Устава ООН о решимости народов обеспечить право на жизнь, как основное право человека.

ООН разработала концептуальный доклад «Наше общее будущее»(1983г.), на его основе в Рио-де Жанейро принята «Международная программа Устойчивого развития»(1992г.), к которой в 1995г. присоединилась Россия. В развитии этой же темы проходил международный саммит в Иоханнесбурге (Рио+10) в 2002 г..

За последнее время в стране подписана президентом «Концепция национальной безопасности»(1997г.), приняты законы «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994г.), «О радиационной безопасности населения» (1996г.), «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»(1997г.), состоялось постановление правительства «Стратегия устойчивого развития РФ» (1996г.) и другая нормативно-правовая база.

Наука в долгу перед проблемами безопасности, поэтому в последнее время активизировалась работа в области безопасности, эффективно решаются как частные, так и общие проблемы безопасности, намечается переход к синтезу общей фундаментальной теории безопасности. Недостаточно разработана и ее составная часть – теория безопасности в чрезвычайных ситуациях(ЧС). Если под безопасностью понимать защиту от опасностей, то под безопасностью в ЧС можно кратко определить как защищённость от поражающих воздействий, формируемых при различных ЧС.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях – отрасль науки, изучающая условия обстановки, которые складываются в чрезвычайных ситуациях, для выбора оптимального варианта защиты населения и проведения аварийно – спасательных и других неотложных работ в этих условиях.

Теория безопасности в чрезвычайных ситуациях должна решать три основные задачи:

1. Идентификация опасностей, приводящих к чрезвычайным ситуациям т.е. распознавание опасностей с указанием их количественных временных и пространственных характеристик.
2. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и их поражающих факторов на определённых принципах, методах и средствах с учётом экономической целесообразности.
3. Ликвидация чрезвычайных ситуаций и воздействия их поражающих факторов.

Любая теория опирается на понятийный ряд, законы, закономерности, категории. Рассмотрим некоторые из них.

Опасность – состояние, характеризующее наличием угроз материальным и нематериальным благам человека, общества, государства. Для человека опасность – это прежде всего угроза жизни, здоровью и нормальной жизнедеятельности. Под этим понимается свойство явлений, процессов, объектов в определённых условиях наносить ущерб непосредственно или косвенно. Психофизическое и химико-биологическое восприятие человеком угрозы поражающего воздействия опирается на знание, жизненный опыт, предчувствие. Количество признаков, характеризующих опасность, может быть увеличено или уменьшено в зависимости от целей анализа.

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химические или биологические активные компоненты, а также характеристики окружающей среды, несоответствующие жизнедеятельности человека.

Опасность – понятие относительное, носит потенциальный характер.

Актуализация опасности происходит при определённых условиях, именуемых причинами, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям (ЧС), как следствиям этих причин.

По природе происхождения опасности бывают природные, техногенные, антропогенные, экологические, социальные. По существу – физические, химические, биологические, психофизиологические.

Безопасность – состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества и государства (ст.1 закона РФ «О безопасности»)

Основные цели безопасности жизнедеятельности: недопущение ЧС и обеспечение жизнедеятельности в условиях ЧС; создание условий для биологической жизни, сохранения здоровья, работоспособности человека и качества полезного труда.

Количественной мерой опасности принимают риск для отдельных людей, групп людей, объектов. В разных ситуациях понятие риска имеет неодинаковый смысл, но в каждом случае его можно подсчитать.

Существующее многообразие определений риска создаёт впечатление аморфности, отсутствия опорной линии в развивающемся в настоящее время прикладном направлении, связанном с управлением рисками в био-, техно- и соцсферах. Такое множественное представление понятия «риск» приводит к значительным трудностям решения практических задач, связанным с обеспечением безопасности человека и общества.

Риск толкуется и как опасность, и как вероятность неблагоприятного события (возможность потери), и как ожидаемый ущерб от неблагоприятного события, и как векторная величина, составляющими которой являются вероятность события и ущерб от события и др. Часто риск определяется как произведение частоты какого-либо события на вероятность определённой степени поражения объекта, для которого вычисляется риск..

Тогда для его снижения необходимо:

1. Добиваться снижения частоты наступления негативных событий (снижение аварийности, защитные мероприятия от природных ЧС).
2. Снижения ущерба от негативных событий.

Первое влечёт за собой повышение затрат на проведение системы мероприятий по предотвращению аварий и катастроф. Второе вызывает необходимость проведения превентивных и оперативных мероприятий по ограничению ущерба и потерь.

Задача общества - обеспечить приемлемую величину риска, под которым понимают риск, допускаемый обществом на данном этапе экономического и социального развития в качестве платы за получение каких-то выгод (улучшения качества жизни).

Переход РФ к управлению рисками в техногенной сфере и смягчению последствий стихийных бедствий, как основополагающей системе регулирования безопасности населения и территорий должен обеспечить преодоление негативной тенденции роста числа промышленных аварий и значительно снизить потери от стихийных бедствий. Такой опыт уже есть. Например, в странах западной Европы, где осуществлялись меры регулирования с целью снижения риска, число аварий и катастроф сократилось за одно десятилетие в 7 – 10 раз. Подобные меры оказываются наименее затратными и в экономическом отношении.

Ориентировочная шкала приемлемого риска (на одного человека в год):

$\geq 10^{-2}$ – исключительно высокий уровень риска смерти, необходимо применение мер защиты;

10^{-3} - 10^{-2} – высокий уровень риска, необходимо принятие мер безопасности;

10^{-4} - 10^{-3} – относительно невысокий уровень риска;

$\leq 10^{-4}$ – пренебрежимо малый уровень риска.

В мире пороговое значение риска колеблется от $5 \cdot 10^{-5}$ до $8 \cdot 10^{-8}$. Для существующих в РФ потенциально опасных объектов принято: более 10^{-4} -зона недопустимого риска, 10^{-5} - 10^{-4} - зона жесткого контроля, менее 10^{-5} - зона приемлемого риска.

Для социального риска установлены следующие критерии:

✓ неприемлемый, когда 25 человек и более взрослых людей подвергаются опасности с частотой 10^{-4} и более;

✓ неприемлемый, когда 25 и более взрослых людей подвергаются опасности с частотой 10^{-5} и более.

Построение математической теории безопасности и риска при чрезвычайных ситуациях является актуальной задачей, подходы к решению которой пытаются найти с использованием теории вероятности и катастроф, на основе методов нелинейной динамики, прогнозирующих нейросетей, теории динамического хаоса и других.

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 (ФЗ N 68 от 21.12.94г.).

Поражающий фактор ЧС – составляющая опасного явления или процесса, вызванная источником ЧС и характеризуемая физическими, химическими и биологическими действиями или проявлениями, которые определяются или выражаются соответствующими параметрами (ГОСТ Р22.0.02-94)

ЧС может быть представлена во времени тремя стадиями: накопление фактора риска и инициирование ЧС, основной процесс ЧС и затухание. Она имеет временные и пространственные характеристики, продолжительность. Кроме того, каждая стадия может быть охарактеризована качественно и иметь количественные параметры. Накопление фактора риска и инициирование ЧС может быть охарактеризовано возможностями прогнозирования источника риска и проведения мероприятий по безопасности с целью предотвращения ЧС или снижения риска возникновения ЧС. Основной процесс ЧС характеризуется возможностью прогнозирования воздействия на

окружающую среду, поражающими факторами, жертвами, материальными потерями, экологическим ущербом, возможностью картографирования и смягчения воздействия ЧС и др. Стадия затухания определяется проведением аварийно-спасательных и др. неотложных работ, финансовыми, материальными и техническими возможностями, необходимым количеством сил и средств для работ, экологическими затратами, реабилитацией зоны бедствия и др.

Часто ЧС характеризуется неопределенностью и сложностью принятия решений, остро- конфликтностью и стрессовым состоянием населения, социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего человеческими жертвами, необходимостью крупных людских, временных и материальных затрат на ликвидацию последствий и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

В мировой практике общепринята следующая хронологическая последовательность фаз ЧС: угрозы, предупреждения, воздействия, оценки обстановки, проведения спасательных работ, оказания помощи, восстановления. Существует также географическое разделение территории, подвергшейся воздействию ЧС. Выделяются три зоны:

1. Зона удара – места, где находятся жертвы ЧС.
2. Зона фильтрации - расположена вокруг зоны удара . В ней становится известно о происшедшем, откуда сразу же поступает помощь без какого-либо формального оповещения.
3. Зона оказания общественной помощи включается в более поздние сроки.

Классификация ЧС производится по различным признакам. По причинам возникновения можно выделить четыре класса ЧС: военно-политические и социально-политические конфликты, стихийные бедствия (СБ), техногенные катастрофы и ЧС комбинированного типа, представляющие сочетание первых трёх классов.

Кроме того, ЧС классифицируются по времени действия, по скорости распространения, по масштабам охваченной территории, по ведомственной принадлежности и др.

К военно-политическим ЧС относятся войны, пограничные конфликты и диверсии. Социально-политические ЧС включают: национальные и межнациональные конфликты, беженцы, забастовки, терроризм, захват заложников, голодовки, невыплата зарплаты, организованная преступность и др.

Стихийное бедствие (СБ) – разрушительное природное или природно-антропогенное явление, в результате которого могут возникнуть или возникает угроза жизни людей, происходит уничтожение материальных ценностей. При этом всегда имеет место неблагоприятное сочетание трёх факторов: экстремальное географическое событие; вызванное им какое-либо воздействие на поверхности Земли (воды); неспособность населения со всеми его общественными структурами противостоять этому воздействию. Возможность свести к минимуму ущерб от СБ зависит от того, насколько мы в состоянии влиять на любой из трёх компонентов. Такое влияние предусматривается современной наукой на уровне прогноза, защиты или предотвращения.

СБ ежегодно уносят примерно 100тыс. человеческих жизней, разрушают города, селения, промышленные объекты, памятники культуры, вызывают аварии, наносят

огромный ущерб. Особенно серьёзны последствия СБ для развивающихся стран. На их долю приходится до 90% всех человеческих жертв, а развитие этих стран отбрасывается на годы и десятилетия.

К СБ относятся землетрясения, извержение вулканов, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы, засухи, ураганы, бури, смерчи, эпидемии, эпифитотии, эпизоотии, космические катастрофы, лесные и торфяные пожары и др.

Разрушительное действие СБ сравнимо по своим последствиям с действием ядерных взрывов и нередко превосходит их по своим масштабам и энергии (например, при взрыве ядерного заряда мощностью 1Мт выделяется $4,2 \cdot 10^{15}$ Дж, энергия Тунгусского метеорита 25Мт, а вулканического землетрясения в Кракатау в 1883г. - 10^{19} Дж).

СБ возникают в результате сложных явлений и действия сил природы, происходящих в земной коре, газовой и водной оболочке Земли. Эти явления ещё мало изучены и некоторые из них почти не поддаются прогнозу. За последнее время наблюдается рост числа СБ (например, частота засух увеличилась в 8 раз, извержений вулканов – в 3 раза, циклонов, наводнений и эпидемий- в 2 раза). Более 50% всех разрушений в России при СБ приходится на наводнения. В мае 2001 г. Ленское наводнение принесло ущерб Республики Якутия, который в три раза превысил потери от паводка 1998 года и составил не менее 6 млрд. рублей. В паводок 2001 г. в городе Ленск зафиксирован абсолютный рекорд максимального уровня подъема воды за всю историю наблюдений 20,7 метров. Побитый рекорд наводнения 1998 года равнялся 17 м, при критическом уровне 13 м. Но уже наводнение на северном Кавказе в 2002 г. по масштабу материального ущерба вдвое превысило потери 2001 г., при этом погибло около 200 человек, почти 6000 домов были полностью разрушены.

Как следствие неблагоприятного вмешательства человека в природу и нарушения ее равновесия в последнее время появились сообщения о возникновении новых природных факторах риска, таких как озоновые дыры, «парниковый эффект», которые могут вызвать непредсказуемые последствия.

ООН 90-ые годы XX столетия проводило Международным десятилетием по уменьшению опасности СБ. Июкогамская конференция ООН 1994г. разработала принципы борьбы со СБ, в которых отмечалось, что оценка риска является необходимым шагом для принятия надлежащей и успешной политики и мер по уменьшению опасности СБ.

Человеческая деятельность по своим масштабам и в степени воздействия уже стала сравнима с некоторыми проявлениями великих сил природы. И поэтому проблема устойчивого развития (это словосочетание переведённое с английского «sustainable development не достаточно корректно» - хотя противоречиво по смыслу, но тем не менее широко используется в разных публикациях) при росте числа чрезвычайных ситуаций требует своего осмысления и целенаправленной политики всех государств мира.

Системы планета Земля является предметом изучения не только узко профильных специалистов, но и политиков самого высокого ранга. Так, например 2-11 сент. 2002г. в Иоханнесбурге под эгидой ООН проходит конференция «Всемирный саммит по устойчивому развитию/ Рио+10/, где все эти непростые вопросы рассматривались в комплексе.

Согласно прогнозу Международного агентства по энергетике. Суммарное потребление ископаемых топлив в период до 2020 года может возрасти на 57%, сохраняя 90% -ную долю в использовании энергии. С одной стороны это может привести к увеличению содержания углекислого газа в атмосфере и катастрофическому потеплению климата, с другой стороны многие природные ресурсы конечны (нефть, газ и даже лес), и если не будут изобретены какие-то новые технологии в области энергетики, то возрастёт доля потребления угля (которого ещё хватит на следующие 700 лет) а это ещё более усложнит проблему стока углерода при возрастании содержания углекислого газа и среднегодовой температуре на Земле. А это значит повышение уровня океанов и морей, увеличение числа разрушительных тайфунов, наводнений, селей, пожаров. Примером этого были катастрофические наводнения в 2002 году на Северном Кавказе, в Сибири, разрушительные наводнения в Европе, когда уровень воды в Эльбе, Влтаве, на Дунае поднялся на 8-10 м выше ординара, а также в Южной Корее, Японии, Чили и в других местах. В то же время в результате жаркого лета многочисленные лесные и торфяные пожары в Москве и С.Петербурге в августе.месяце 2002г привели к задымлённости этих городов, когда возрастание оксида углерода в воздухе приводило подчас к двое- кратному превышению их ПДК. Жара в Западной Европе в августе 2003 г. привела к осознанию необходимости создания во Франции оргструктур, подобных МЧС в РФ. Аналогичные проблемы были и в южном полушарии, когда в конце 2001 и 2002 г. Сидней в результате засушливого лета и лесных пожаров этот города был фактически в огненном кольце.

Рост числа техногенных катастроф обусловлен увеличением объёма современного производства с повышенными параметрами технологического процесса (наличие высокотемпературных, ядовитых и агрессивных компонентов, высокие скорости функционирования элементов, концентрация большого количества энергии на малой площади, возникновение в ходе производства опасных продуктов и т.д.), в которых могут создаваться условия, приводящие к неожиданному нарушению работы или выходу из строя отдельных машин, агрегатов, коммуникаций, сооружений или их систем, т. е. возникает авария, порой завершающаяся катастрофой.

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определённой территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также нанесение ущерба окружающей природной среде (ГОСТ Р 22.0.05-94).

Катастрофа – крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушения, либо уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьёзному ущербу окружающей природной среде (ГОСТ Р 22.0.10-96).

В настоящее время крупные производственные аварии и катастрофы по своим последствиям могут не уступать СБ, а в некоторых случаях даже превосходить их.

Наиболее опасными следствиями или причинами аварий являются пожары, взрывы, обрушения, аварии на энергосистемах, АЭС и предприятиях химической промышленности, приводящие к разрушению средств производства. Наиболее часто взрываются находящиеся под высоким давлением котлы, баллоны, трубопроводы, ёмкости на промышленных объектах, угольная пыль, газ, древесная пыль и пары лакокрасочных веществ на деревообрабатывающих и мебельных комбинатах.

Возникающие при этом пожары и взрывы, в свою очередь, могут быть вторичной причиной аналогичных явлений (вторичные факторы), что ведёт к синергетическим процессам и каскадным авариям.

В памяти навсегда останутся две катастрофы XX века, определившие глубокий перелом в сознании людей по отношению к современным химическим производствам, к ядерной технике и энергетике.

Катастрофа в 1984г. на заводе американской корпорации в г. Бхопале (Индия), когда из подземных хранилищ вытекло 40 т. метилизоцианата и белесое облако высотой 5м окутало спящий город, унесла жизни почти 4 тыс. человек, около 250 тыс. получили отравления (50 тыс. тяжёлые).

Чернобыльская трагедия 1986 г. стала причиной радиоактивного глобального загрязнения огромных территорий Белоруссии, России, Украины и ряда стран Европы. В РФ с уровнем загрязнения больше 1 Ки/км² 131010 км² территории. В борьбе с пожарами погибли 31 человек, госпитализировано 500 человек, более 200 заболели лучевой болезнью, в России в результате облучения пострадало 370 тыс. человек. По разным оценкам число жертв этой аварии к настоящему времени составляет около 6000 человек.

На первом месте по числу жертв получили катастрофы на транспорте, связанные с перевозкой людей- в первую очередь на автотранспорте в результате дорожно-транспортных происшествий ежегодно в мире погибает около 300 тыс. человек в год и порядка 8 млн. человек получают ранения и травмы различной тяжести.

Аварии и катастрофы, связанные с утечкой газов и нефтепродуктов с высокой теплотворной способностью приводят к гибели людей к значимым экологическим последствиям. В 1989 при взрыве облака, образовавшегося при утечке газа из трубопровода вблизи железнодорожных линий под Уфой, в двух пассажирских поездах погибло 575 и ранено 118 человек.. Утечка около 80 тыс. т. нефти на трубопроводе в республике Коми в России в 1994 г., в 2002 г гибель нефтеналивного танкера «Престиж» с 90 тыс. тонн нефти у берегов Португалии и Испании, пожар и разлив нефти на судне «Виктория» на р. Волге в 2003 г., пожар на нефтехранилище в Нью-Йорке в том же году и многие другие подобные аварии привели к серьёзным загрязнениям окружающей среды

В РФ частота аварий и катастроф на порядок выше, чем в развитых странах. 96% потенциально опасных объектов не соответствуют международному уровню по безопасности. За последнее время аварии и катастрофы привели к неприемлемым последствиям развития страны: в них погибает 50 тыс. человек, 250 тыс. – получают увечья.

Причина увеличения числа аварий и катастроф и их последствий:

1. Ослабление механизма государственного регулирования безопасностью в производственной сфере, снижение трудовой и технологической дисциплины и её противоаварийной устойчивости.

2. Высокий технический и моральный износ основных производственных фондов, особенно на химических предприятиях, нефтегазовой, металлургической, горнодобывающей промышленности со снижением темпов обновления.

3. Увеличение технологической опасности и сложности производства введением в производство новых технологий, требующей высокой концентрации энергии, опасных

для жизни человека веществ и оказывающих ощутимое воздействие на окружающую среду.

4. Увеличение объёма транспортировки, хранения и использования опасных веществ, материалов и изделий.

5. Снижение уровня профессиональной подготовки персонала промышленных предприятий.

6. Недостаточное число современных систем управления опасными процессами.

7. Несоввершенство законодательной и нормативной базы, а также несоблюдение норм инженерно-технических мероприятий (ИТМ) гражданской обороны при проектировании, выборе места расположения, строительства, эксплуатации потенциально опасных объектов. Не всегда разрабатываются разделы ИТМ ГО и предупреждения ЧС в проектно-сметной документации, слабо реализуются меры повышения устойчивости объектов в ЧС.

8. Отставание отечественной практики от зарубежной в области использования научных основ приемлемого риска в управлении безопасностью применительно к функционированию отечественной промышленности.

9. Снижение требовательности и эффективности органов государственного надзора и инспекции.

10. Крупные структурные изменения в экономике страны, приведшие к остановке и перебохам в работе ряда производств и обусловившие нарушение хозяйственных связей и сбой в технологических цепочках.

11. Накопление отходов производства, представляющих угрозу окружающей среде. В РФ ежегодно образуется около 75 млн. т отходов, из них утилизируются лишь 50-55 млн. т.

12. Высокая концентрация населения, проживающего вблизи потенциально-опасных объектов экономики, связанная с общей урбанизацией образа жизни. Численность городского населения составляет почти 75% численности страны, при этом только 15% горожан проживает на территории с уровнем загрязнения атмосферы, отвечающим гигиеническим нормам.

К факторам повышения техногенной опасности относятся:

1. Конструкторская недостаточность (упадок проектно-конструкторского дела, низкое его качество и ошибки проектирования). Поэтому здесь уместно напомнить о законе Мэрфи: если существует два или более способов сделать что-либо, причем использование одного из них ведёт к катастрофе, то кто-нибудь изберёт это способ. Закон Мерфи предупреждает конструкторов и инженеров, что, создавая машины, оборудование они должны помнить о гарантиях их правильного использования, а значит предусматривать, чтобы было трудно или невозможно обращаться с ними не так, как положено.

2. Производственная недостаточность (недостаточная надёжность технологического оборудования и низкое его качество, внесение изменений в технологические и производственные схемы без согласования с разработчиками, ослабление связей разработчиков с производителями).

3. Технологическая недостаточность (несовершенство и опасность технологий).

4. Эксплуатационная недостаточность (ошибки производственного персонала нарушение технологических режимов и регламентов, слабый контроль за соблюдением технологических норм, низкий уровень технологической дисциплины).

5. Отсутствие, малое количество или несовершенство систем противоаварийного назначения (прогноза аварийности, технической диагностики, контроля, защиты, безаварийной остановки производства, локализации и подавления аварийной ситуации).

6. Недостаточная ответственность и компетентность должностных лиц управления производством, низкая профессиональная подготовка персонала, возрастной дефицит квалифицированных кадров, особенно молодых работников. В связи с этим следует напомнить о принципе Питера: в иерархии каждый индивидуум имеет тенденцию подниматься до своего уровня некомпетентности. Поэтому в основе причин возникновения ЧС в 75-80% случаев виновным следует считать человека. Это проявляется в непродуманности действий, проявлении в ото дельных ситуациях волюнтаризма, безответственности, халатности, низкого уровня профессиональной подготовки и в отставании её от развития технологических средств.

Люди являются виновными в катастрофах:

- на предприятиях – в 45% случаев;
- в авиации - в 60% случаев;
- на море - в 80% случаев;
- автотранспорте - в 90% случаев;
- пожары и взрывы – в 50% случаев.

Таким образом, научно – технический прогресс создал разрыв между развитием техники и готовностью человека к её обеспечению.

По масштабности классификация ЧС природного и техногенного характера приводится в постановлении правительства РФ №1094 от 13.09.96.

Следует заметить, что в мире от ЧС погибает в год около 2 млн. человек, травмируется несколько десятков млн., материальный ущерб – 3% валового мирового продукта.

Большую опасность представляют современные средства поражения, к которым относят оружия массового поражения (ядерное, химическое, бактериологическое), высокоточное оружие и обычные средства поражения.

Ядерное оружие предназначено для массового поражения людей, уничтожения или разрушения административных и промышленных центров, различных объектов, сооружений. Ядерным называется оружие, поражающее действие которого обусловлено энергией, выделяющейся при ядерных реакциях деления или синтеза. Поражающее действие ядерного взрыва зависит от мощности боеприпаса, вида взрыва, типа ядерного заряда. Поражающими факторами взрыва являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное загрязнение местности, электромагнитный импульс. Это оружие включает ядерные боеприпасы, средства доставки и управления. Средства доставки: баллистические ракеты, подводные лодки, авиация.

Химическое оружие – боевые отравляющие вещества, средства применения: ракеты, снаряды, авиабомбы и др. Применение химического оружия запрещено Женевской международной конференцией в 1925г. Это оружие применяют для поражения людей, животных и заражении местности на длительный период.

Бактериологическое оружие – специальные боеприпасы и приборы со средствами доставки, снаряженные биологическими средствами, к которым относятся болезнетворные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, грибки) и вырабатываемые некоторыми бактериями яды (токсины). Используются биологические средства с помощью живых зараженных переносчиков заболеваний (насекомых, грызунов и др.) или в виде суспензии и порошков в боеприпасах (авиационные бомбы, кассеты, контейнеры, распыляющие приборы, боеприпасы, реактивной артиллерии, боевые части ракет, генераторы аэрозолей и т.п.).

Биологическое оружие предназначено для массового поражения людей, сельскохозяйственных животных посевов, а также для порчи некоторых видов материалов и снаряжения.

Применение оружия массового поражения приводит к образованию зон радиоактивного, химического, бактериологического, вторичного и комбинированного поражения.

В XXI веке резко возросли масштабы терроризм и преднамеренные катастрофы в городах на социальной основе. Эти проявления имеют международные корни и происходят с использованием самых разнообразных форм, методов и способов проведения террористических актов.

Достаточно вспомнить трагические события, связанные с захватом около 900 заложников группой чеченских террористов в театральном центре на ул. Мельникова в Москве 23 октября 2002 г.. Их освобождение при моральной поддержке многих государств мира, ещё раз показало необходимость активного противодействия терроризму, который множит примеры чрезвычайных ситуаций такого рода уже и после 11 сентября 2001, когда пришло осознание мировым сообществом того, что международный терроризм –это чума 21 века, который затрагивает жизненные интересы всего цивилизованного человечества.

Чрезвычайно опасно сотрудничество спецслужб с террористами. Наиболее известный пример – Колумбия, Афганистан. Где только чрезвычайные международные меры сумели вырвать эти государства из под практически полного контроля наркомафии и талибов соответственно.

Исследование причин терроризма и связанных с ним чрезвычайных ситуаций также является предметом рассмотрения настоящей работы. А основной целью данной книги является рассмотрение чрезвычайных ситуаций в современном мире и проблемы безопасной жизнедеятельности при минимизации рисков.

В связи с происходящими чрезвычайными событиями в мире комиссия ООН по окружающей среде заявила, что принятая политика по принципу «реагировать и исправлять» бесполезна, повсеместно завела в тупик. Поэтому предвидеть, прогнозировать и предотвращать на основе комплексного мониторинга окружающей среды – единственно реалистический путь, так как механизм ликвидации последствий аварий и катастроф очень затратный, требующий огромных усилий и напряжений всего государства и общества, а подчас и всего мирового сообщества государств. Не надо забывать, что одними из многих причин краха СССР были и Чернобыльская авария, и гибель атомной подводной лодки (АПЛ) «Комсомолец», последствия связанные с войной в Афганистане и многие другие стратегические ошибки, связанные с проигрышем в «холодной войне» и не эволюционным развитием общества и страны.

В начале 21 века гибель АПЛ «Курск», К-159, катастрофическое наводнение 2002 г. на северном Кавказе, обрушение аквапарка в Москве, теракты в г. Москве, г. Каспийске, в Грозном, в целом в Чечне и на северном Кавказе должны уже стать грозным предупреждением для современной России о необходимости ускорения экономических, социальных, технологических преобразований, а также военной реформы, усиления роли структур МЧС и ГО РФ повышающих уровень безопасности жизнедеятельности людей в нашей стране.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, РИСК, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЧС

1.1 Основные понятия и определения безопасности жизнедеятельности при ЧС в системе наук о взаимодействии общества с биосферой

Жизнь человека с момента рождения и до его «перехода в иной мир» связана с природными, техногенными, социальными и иными опасностями среды его обитания.

Жизнедеятельность – это всё многообразие повседневной деятельности и отдыха, как способа существования человека. Безопасность – это такое состояние жизнедеятельности, при которой с определённой вероятностью исключено причинение ущерба человеку. Безопасность людей – это цель, безопасность жизнедеятельности (БЖД) – это принципы, способы, средства и методы минимизации меры опасности – риска и ущерба для человека, так как абсолютной безопасности не существует [7,8].

Взаимодействию живых организмов с окружающей средой изучается в экологии, а весь органический мир Земли (живая природа) и окружающая его природная среда (неживая природа) являются основными составляющими биосферы. Природная среда – совокупность всех естественных условий, тел и явлений, с которыми организм находится в прямом или косвенном взаимодействии. Наряду с этим хозяйственная деятельность человека привела к образованию техносферы или антропогенной экосистемы, как составляющей биосферы, искусственно созданной человеком, как элементом антропосистемы, которая определяет структуру и функции этой экосистемы. Под антропосистемой понимают все структурные уровни человечества, все группы людей и индивидуумов. В рамках экосистемы, как природного комплекса образованного живыми организмами и средой их обитания, происходит обмен веществом и энергией.

А реализация безопасности жизнедеятельности (БЖД) возможна только при ясном понимании взаимодействия человека с биосферой и техносферой в экосистемах разного масштаба и уровня [8].

Многопараметричность и сложность этих взаимодействий при возможных экстремальных, чрезвычайных и даже катастрофических проявлениях делает задачу обеспечения безопасности ещё более сложной, но и ещё более важной и актуальной на фоне роста числа стихийных бедствий, природно-техногенных аварий, терроризма и других опасных чрезвычайных ситуаций в мире и в России.

Экстремальные ситуации – это обстановка возникающая в природе или в процессе деятельности человека, при которой психофизиологические параметры могут превысить пределы компенсации организма, что приводит к нарушению БЖД человека. Например, высокие или низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсические дозы сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), высокие дозы облучения и др..

Понятие «чрезвычайный» трактуется как «исключительный, очень большой, превосходящий всё».

Поэтому **чрезвычайная ситуация**-(ЧС)- это неожиданная, внезапно возникшая обстановка на определённой территории, акватории или объекте, которая привела к нарушению условий БЖД и материальным потерям.

ЧС классифицируются :

- по масштабам распространения последствий: локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные;
- по природе возникновения: техногенные, природные, антропогенные, экологические, социальные и комбинированные;
- по скорости развития: взрывные, внезапные, скоротечные, плавные,
- по причине возникновения: преднамеренные и не преднамеренные;
- по возможности предотвращения ЧС, неизбежные (например, природные) и предотвращаемые (например, техногенные, социальные).

Количественная оценка риска "R" всех выше перечисленных ситуаций связана с частотой реализации опасностей, то есть с отношением числа тех или иных неблагоприятных последствий "n" к их возможному числу за определённый период. Так в 2001 году умерло 2.058 тыс. россиян из 145 млн. , тогда индивидуальный риск сопряжённый с проживанием в России

$$R = n/N = 2.058 \cdot 10^6 / 1.45 \cdot 10^8 = 1.42 \cdot 10^{-2} \text{ в год.}$$

Индивидуальный риск гибели человека на производстве, в дорожно-транспортном происшествии можно посчитать таким же способом, при той же нормировки на "N" и "R" уже будет меньше на порядки величины R.

Максимально приемлемым уровнем риска гибели обычно считается величина "R" - 10^{-6} в год.

В работах [9-18] значения приемлемого уровня индивидуального риска для персонала предприятий - $1 \cdot 10^{-5}$, для населения региона $1 \cdot 10^{-6}$. Риск гибели человека в год по неестественным причинам по территории России составляет $(1-1.7) \cdot 10^{-3}$, в том числе от убийств - $6 \cdot 10^{-5}$, самоубийств $1.9 \cdot 10^{-4}$, в ДТП - $2.7 \cdot 10^{-4}$.

Часто риск поражения человека или какого-либо объекта " $R_{пор} = R \cdot P_n$ " определяется как произведение частоты какого-либо события "R" на вероятность определённой степени поражения P_n , для которого вычисляется риск. Так вероятности аварий в техносфере можно разделять на расчётные и реальные. Некоторые из них приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Вероятности крупных аварий (за год)

№	Тип объектов	Расчётные	Реальные
1.	Реакторы	10^{-6}	$2 \cdot 10^{-3}$
2.	Космические объекты	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-2}$
3.	Летательные аппараты	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-3}$
4.	Трубопроводы(1000 км)	10^{-4}	10^{-2}

Наряду с этим при анализе безопасности техногенной сферы следует учитывать серийность потенциально-опасных объектов, тогда интегральные риски определяются как произведение единичных рисков на число объектов /число которых, например, для однотипных ракетно-космических систем или атомных реакторов составляет десятки/.

1.2. Основные положения теории риска.

Одной из основных задач безопасной жизнедеятельности является определение количественных характеристик опасности (идентификация). Только зная эти характеристики можно на базе общих методов разработать эффективные частные

методы обеспечения безопасности и оценивать существующие технические системы и объекты с точки зрения их безопасности для человека[14-16].

При анализе технических систем широко используется понятие надежности.

Надежность - свойство объекта выполнять и сохранять во времени заданные ему функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования[17,18].

Надежность является внутренним свойством объекта. Оно проявляется во взаимодействии этого объекта с другими объектами внутри технической системы, а также с внешней средой, являющейся объектом, с которым взаимодействует сама техническая система в соответствии с ее назначением. Это свойство определяет эффективность функционирования технической системы во времени через свои показатели. Являясь комплексным свойством, надежность объекта (в зависимости от его назначения и условий эксплуатации) оценивается через показатели частных свойств - безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохранности - в отдельности или определенном сочетании.

При анализе безопасности технической системы, характеристики ее надежности не дают исчерпывающей информации. Необходимо провести анализ возможных последствий отказов технической системы в смысле ущерба, наносимого оборудованию и последствий для людей, находящихся вблизи него. Таким образом, расширение анализа надежности, включение в него рассмотрения последствий, ожидаемую частоту их появления, а также ущерб, вызываемый потерями оборудования и человеческими жертвами, и является оценкой риска. Конечным результатом изучения степени риска может быть, например, такое утверждение: "Возможное число человеческих жертв в течение года в результате отказа равно N человек".

Таким образом, можно дать следующее определение риска: **риск** - частота реализации опасностей. **Количественная оценка риска** - это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период.

По данным американских ученых индивидуальный риск гибели по различным причинам, по отношению ко всему населению США за год составляет:

Автомобильный транспорт	3×10^{-4} .
Падение	9×10^{-5} .
Пожар и ожог	4×10^{-5} .
Утопление	3×10^{-5} .
Отравление	2×10^{-5} .
Огнестрельное оружие и станочное оборудование	1×10^{-5} .
Водный, воздушный транспорт	9×10^{-6} .
Падающие предметы, эл. ток	6×10^{-6} .
Железная дорога	4×10^{-6} .
Молния	5×10^{-7} .
Ураган, торнадо	4×10^{-7} .

Таким образом, полная безопасность не может быть гарантирована никому, независимо от образа жизни.

При уменьшении риска ниже уровня 1×10^{-6} в год общественность не выражает чрезмерной озабоченности и поэтому редко предпринимаются специальные меры для снижения степени риска (мы не проводим свою жизнь в страхе погибнуть от удара молнии). Основываясь на этой предпосылке, многие специалисты принимают величину 1×10^{-6} как тот уровень, к которому следует стремиться, устанавливая степень риска для технических объектов. Во многих странах эта величина закреплена в законодательном порядке. Пренебрежимо малым считается риск 1×10^{-8} в год.

Необходимо отметить, что оценку риска тех или иных событий можно производить только при наличии достаточного количества статистических данных. В противном случае данные будут не точны, так как здесь идет речь о так называемых “редких явлениях”, к которым классический вероятностный подход не применим. “Так, например, до чернобыльской аварии риск гибели в результате аварии на атомной электростанции оценивался в 2×10^{-10} в год”.

Анализ риска позволяет выявить наиболее опасные деятельности человека. По данным американских ученых частота несчастных случаев со смертельным исходом составляет (по времени суток) (рис.1.1):

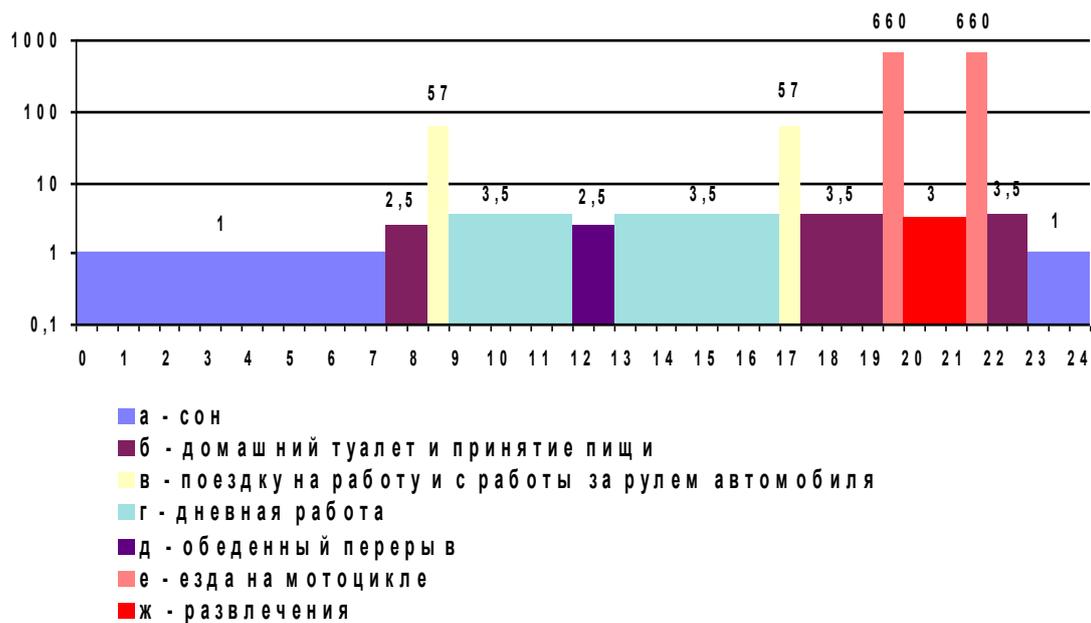


Рис. 1.1. Наиболее опасные деятельности человека.

Выявление и количественная оценка риска может выполняться по следующей схеме (рис.1.2).

Предварительная оценка риска

Обнаружение риска:
 - материального
 - психологического
 - социального

Количественная оценка риска:
 - запланированные операции
 - незапланированные события

Политические мотивы
 исторические предпосылки

Анализ риска

Общественное мнение:
 - выявленное
 - выраженное

Официальный анализ:
 - решения
 - расходы- результаты
 - стратегия использования

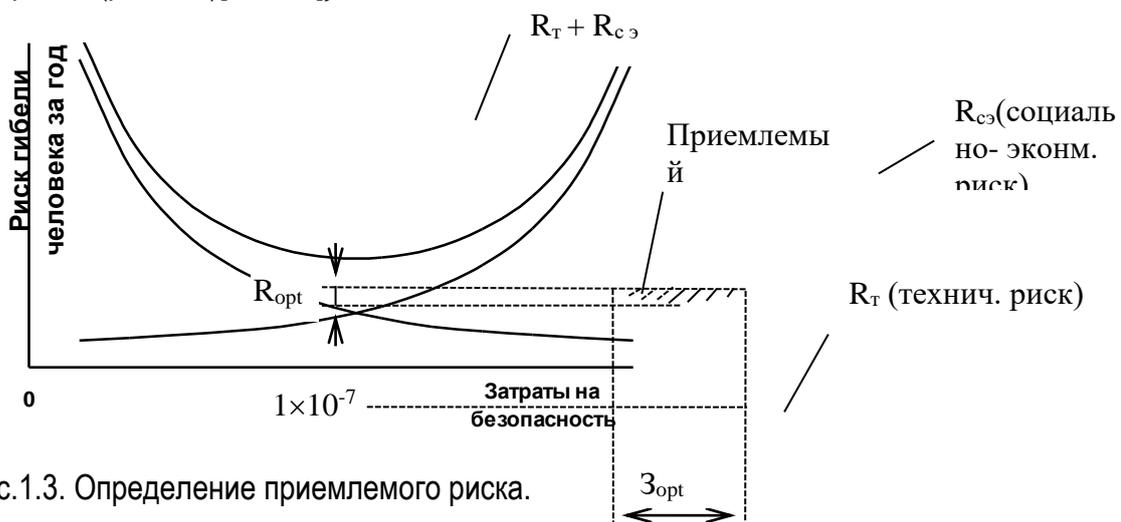
Стратегия управления риском

Управление риском

Рис. 1.2. Выявление и количественная оценка риска.

Таким образом, должны рассматриваться все технические и социальные аспекты в их взаимосвязи. При этом возможно обеспечить приемлемый риск, который сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Упрощенный пример определения приемлемого риска можно проиллюстрировать графиком (рис.1.3.) [11-13]:



Затрачивая чрезмерные средства на повышение надежности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере. Величина приемлемого риска определяется уровнем развития общества и темпами научно - технического прогресса.

Начальный импульс к созданию численных методов оценки надежности был дан авиационной промышленностью. После первой мировой войны в связи с увеличением интенсивности полетов и авиакатастроф были выработаны критерии надежности для самолетов и требования к уровню безопасности. В частности, проведен сравнительный анализ одномоторных и многомоторных самолетов с точки зрения успешного завершения полета и выработаны требования по частоте аварий, отнесенных к 1ч. полетного времени. К 1960г., например, было установлено, что одна катастрофа приходится в среднем на 1млн. посадок. Таким образом, для автоматических систем посадки самолетов можно было бы установить требования по уровню риска, не превышающего одной катастрофы на 1×10^7 посадок.

Дальнейшее развитие математического аппарата надежности применительно к сложным системам последовательного типа показало невозможность применения старого закона “цепь не прочнее, чем самое слабое ее звено”. Был получен закон произведения для последовательных элементов:

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i.$$

Таким образом, в системе последовательного типа надежность отдельных элементов должна быть значительно выше для удовлетворительного функционирования системы.

В 40-е годы увеличение надежности шло по пути улучшения конструкционных материалов, повышения точности и качества изготовления и сборки изделий. Большое внимание уделялось техническому обслуживанию и ремонту оборудования (до тех пор, пока министерство обороны США не обнаружило, что годовая стоимость обслуживания оборудования составляет 2\$ на каждый 1\$ его стоимости; т.е. при 10-летнем сроке его эксплуатации необходимо 20млн.\$ на содержание оборудования стоимостью 1млн.\$).

В дальнейшем от анализа надежности технических систем начали переходить к оценке риска, включив в анализ ошибочные действия оператора. Сильный толчок развитию теории надежности дала военная техника - требование поражения цели “с одного выстрела”.

Развитие космонавтики и ядерной энергетики, усложнение авиационной техники привело к тому, что изучение безопасности систем было выделено в независимую отдельную область деятельности. В 1969г. МО США приняло стандарт MIL - STD - 882 “Программа по обеспечению надежности систем, подсистем и оборудования”: Требования в качестве основного стандарта для всех промышленных подрядчиков по военным программам. А параллельно МО разработало требования по надежности, работоспособности и ремонтпригодности промышленных изделий.

Методика изучения риска.

Изучение риска проводится в три стадии[9-18]:

Первая стадия: предварительный анализ опасности.

Риск чаще всего связан с неконтролируемым освобождением энергии или утечками токсических веществ (факторы мгновенного действия). Обычно одни отделения предприятия представляют большую опасность, чем другие, поэтому в самом начале анализа следует разбить предприятие, для того чтобы выявить такие участки производства или его компоненты, которые являются вероятными источниками неконтролируемых утечек.

Поэтому первым шагом будет:

- 1) Выявление источников опасности (например, возможны ли утечки ядовитых веществ, взрывы, пожары и т.д.);
- 2) Определение частей системы (подсистем), которые могут вызвать эти опасные состояния (химические реакторы, емкости и хранилища, энергетические установки и др.)

Средствами к достижению понимания опасностей в системе являются инженерный анализ и детальное рассмотрение окружающей среды, процесса работы и самого оборудования. При этом очень важно знание степени токсичности, правил безопасности, взрывоопасных условий, прохождения реакций, коррозионных процессов, условий возгораемости и т.д.

Перечень возможных опасностей является основным инструментом в их выявлении. Обычно необходимы определенные ограничения на анализ технических систем и окружающей среды (Например, нерационально в деталях изучать параметры риска, связанного с разрушением механизма или устройства в результате авиакатастрофы, т.к. это редкое явление, однако нужно предусматривать защиту от таких редких явлений при анализе ядерных электростанций, т.к. это влечет за собой большое количество жертв). Поэтому необходим следующий шаг.

3) Введение ограничений на анализ риска (например, нужно решить, будет ли он включать детальное изучение риска в результате диверсий, войны, ошибок людей, поражения молнией, землетрясений и т.д.).

Таким образом, целью первой стадии анализа риска является определение системы и выявление в общих чертах потенциальных опасностей.

Опасности после их выявления, характеризуются в соответствии с вызываемыми ими последствиями. Характеристика производится в соответствии с категориями критичности:

- 1 класс - пренебрежимые эффекты;
- 2 класс - граничные эффекты;
- 3 класс - критические ситуации;
- 4 класс - катастрофические последствия.

В дальнейшем необходимо наметить предупредительные меры (если такое возможно) для исключения опасностей 4-го класса (3-го, 2-го) или понижения класса опасности. Возможные решения, которые следует рассмотреть, представляются в виде алгоритма, называемого деревом решений для анализа опасностей .

Вторая стадия: выявление последовательности опасных ситуаций.

Вторая стадия начинается после того, как определена конфигурация системы и завершен предварительный анализ опасностей. Дальнейшее исследование производят с помощью двух основных аналитических методов:

- 1) построения дерева событий;
- 2) построения дерева отказов.

Третья стадия: анализ последствий.

При анализе последствий используются данные, полученные на стадии предварительной оценки опасности и на стадии выявления последовательности опасных ситуаций.

По данным дерева отказов и полученным значениям вероятности возможных отказов можно построить гистограмму частот для различных величин утечек (на примере ядерного реактора).



Рис.1.4. Гистограмма частот для различных величин утечек.

Если по данным гистограммы построить кривую, то мы получим предельную кривую частоты аварийных утечек (кривая Фармера). Считается, что кривая отделяет верхнюю область недопустимо большого риска от области приемлемого риска, расположенной ниже и левее кривой.

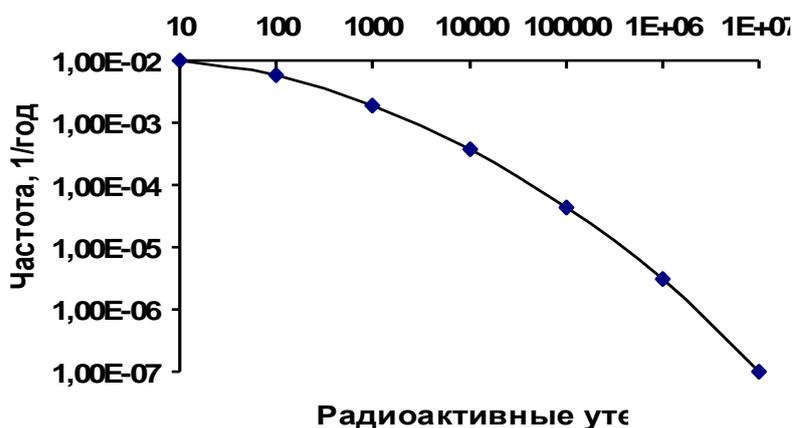


Рис.1.5. Кривая Фармера.

Другие приемы анализа риска

1. Анализ видов отказов и последствий.

С помощью анализа видов отказов и последствий систематически, на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим анализируются все возможные виды отказов или аварийные ситуации и выявляются их результирующие воздействия на систему. Отдельные аварийные ситуации и виды отказов элементов

выявляются и анализируются для того чтобы определить их воздействие на другие близлежащие элементы и систему в целом.

Анализ видов отказов и последствий существенно более детальный, чем анализ с помощью дерева отказов, так как при этом необходимо рассмотреть все возможные виды отказов или аварийные ситуации для каждого элемента системы

Для каждого вида отказа анализируются последствия, намечаются методы устранения или компенсации отказов.

Дополнительно для каждой категории должен быть составлен перечень необходимых проверок.

Например, для баков, емкостей, трубопроводов этот перечень может включать следующее:

- переменные параметры (расход, количество, температура, давление, насыщение и т.д.);
- системы (нагрева, охлаждения, электропитания, управления и т.д.);
- особые состояния (обслуживание, включение, выключение, замена содержимого и т.д.);
- изменение условий или состояния (слишком большие, слишком малые, гидроудар, осадок, несмешиваемость вибрация, разрыв, утечка и т.д.)

Используемые при анализе формы документов подобны применяемым при выполнении предварительного анализа опасностей, но в значительной степени детализирован.

2. Анализ критичности.

Этот вид анализа предусматривает классификацию каждого элемента в соответствии со степенью его влияния на выполнение общей задачи системой. Устанавливаются категории критичности для различных видов отказов:

категория 1 – отказ, приводящий к дополнительному незапланированному обслуживанию

категория 2 – отказ, приводящий к задержкам в работе или потере трудоспособности;

категория 3 – отказ, потенциально приводящий к невыполнению основной задачи;

категория 4 – отказ, потенциально приводящий к жертвам.

Данный метод не дает количественной оценки возможных последствий или ущерба, но позволяет ответить на следующие вопросы:

- какой из элементов должен быть подвергнут детальному анализу с целью исключения опасностей, приводящих к возникновению аварий;
- какой элемент требует особого внимания в процессе производства;
- каковы нормативы входного контроля;
- где следует вводить специальные процедуры, правила безопасности и другие защитные мероприятия;
- как наиболее эффективно затратить средства для предотвращения аварий.

Сравнительные данные различных методов анализа.

1. Предварительный анализ опасностей – определяет опасности для системы и выявляет элементы для проведения анализа с помощью дерева отказов и анализа последствий. Частично совпадает с методом анализа последствий и анализом критичности.

Преимущества: является первым необходимым шагом. Недостатки: нет.

2. Анализ с помощью дерева отказов – начинается с инициирующего события, затем рассматриваются альтернативные последовательности событий.

Преимущества: широко применим, эффективен для описания взаимосвязей отказов, их последовательности и альтернативных отказов.

Недостатки: большие деревья отказов трудны в понимании, требуется использование сложной логики. Не пригодны для детального изучения.

3. Анализ видов отказов и последствий – рассматривает все виды отказов по каждому элементу. Ориентирован на аппаратуру.

Преимущества: прост для понимания, широко применим, непротиворечив, не требует применения математического аппарата.

Недостатки: рассматривает неопасные отказы, требует много времени, часто не учитывает сочетания отказов и человеческого фактора.

4. Анализ критичности – определяет и классифицирует элементы для усовершенствования системы.

Преимущества: прост для пользования и понимания, не требует применения математического аппарата.

Недостатки: часто не учитывает эргономику, отказы с общей причиной и взаимодействие системы.

На практике, при исследовании опасности системы, чаще всего последовательно применяются различные методы (например, предварительный анализ, затем - дерево отказов, затем – анализ критичности и анализ видов отказов и последствий).

Для оценки эффективности затрат, связанных с уменьшением риска, можно использовать упрощенный подход, рассмотренный ранее (график $R_m + R_{сз}$) или воспользоваться другими.

Главной целью при изучении опасностей, свойственных системе, является определение причинных взаимосвязей между исходными аварийными событиями, относящимися к оборудованию, персоналу и окружающей среде и приводящими к авариям в системе, а также отыскание способов устранения вредных воздействий путем перепроектирования системы или ее усовершенствования.

Причинные взаимосвязи можно установить с помощью одного из рассмотренных методов, а затем подвергнуть качественному и количественному анализу. После того, как сочетания исходных аварийных событий, ведущих к возникновению опасных ситуаций в системе выявлены, система может быть усовершенствована и опасности уменьшены.

Необходимо отметить, что использование некоторых из упрощенно рассмотренных выше методов требует работы со сложными логическими структурами, их построение и количественный анализ требует, по меньшей мере, твердых знаний математической логики, булевой алгебры, теории множеств и других сложных разделов современной математики.

1.3. Некоторые сведения из теории вероятностей и методов оценки риска.

При оценке последствий воздействия чрезвычайных ситуаций (например, землетрясений) на различные объекты неизбежно возникает задача определения вероятности поражения объекта, а также оценки ущерба и потерь. Случайной

величиной является либо значение параметра воздействующего поражающего фактора при землетрясении, либо результат самого воздействия [9-12].

Отнесение значения параметра воздействующего фактора к категории случайных величин оправдано тем, что интенсивность землетрясения зависит от ряда непредсказуемых причин, например, энергии землетрясения, глубины очага, физико-механических свойств грунта, по которому распространяются сейсмические волны.

Столь же справедливым является предположение о случайном характере воздействия конкретного поражающего фактора на объект. Причинами, определяющими случайность воздействия, являются, например, неточности в оценке прочностных характеристик сооружения, погрешности в оценки эпицентрального расстояния до объекта.

Случайной величиной называется величина, которая в результате опыта может принимать то или иное значение (заранее не известно, какое именно). Она может быть непрерывной или дискретной.

Основное представление о случайной величине дает закон ее распределения – соотношение между значениями случайной величины и вероятностями их реализации [19].

Функцией распределения случайной величины X называется функция $F(x)$, выражающая вероятность того, что случайная величина X примет значение меньше, чем некоторое заданное значение x .

$$F(x) = P\{X < x\}, \quad (1.1),$$

где P – вероятность.

Значение $F(x)$ находится по формуле

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(\xi) d\xi \quad (1.2).$$

Функция $F(x)$ есть неубывающая функция

$$F(-\infty) = 0, \quad F(+\infty) = 1$$

Плотностью распределения случайной величины называется функция

$$f(x) = F'(x) \quad (1.3)$$

Плотность распределения любой случайной величины неотрицательна $f(x) \geq 0$.

Основным свойством плотности распределения является равенство единице ее интеграла в пределах возможного интервала изменения значений случайной величины

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1 \quad (1.4)$$

График плотности $f(x)$ называется кривой (законом) распределения.

Элементом вероятности для случайной величины X называется величина $f(x)dx$, приближенно выражающая вероятность попадания случайной точки X в элементарный отрезок dx , примыкающий в этой точке. График плотности

распределения демонстрирует изменение вероятности появления каждого конкретного значения случайной величины, рис. 1.6.

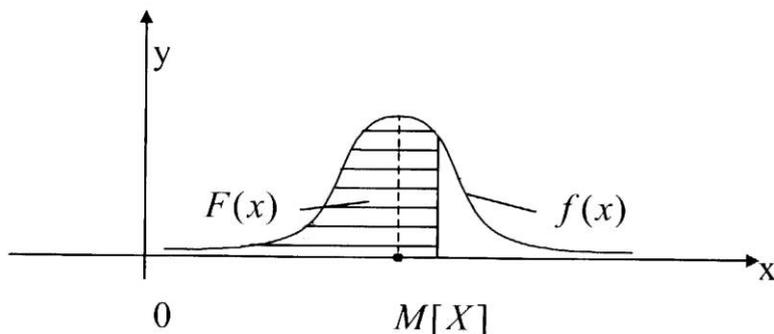


Рис. 1.6 Закон распределения случайной величины.

На этом рисунке заштрихованная область соответствует вероятности того, что случайная величина X примет значение меньше заданного значения x (определяется по формуле (1.2)); $M[X]$ - математическое ожидание величины X .

Математическим ожиданием случайной величины X называется ее среднее значение, вычисляемое по соотношениям

$$M[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx - \text{для непрерывных случайных величин} \quad (1.5)$$

$$M[X] = \sum_i x_i p_i - \text{для дискретных случайных величин}$$

Дисперсией непрерывной случайной величины называется величина, характеризующая разброс значений случайной величины относительно ее математического ожидания.

$$D[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M[X])^2 f(x)dx \quad (1.6)$$

Дисперсией дискретной случайной величины называется математическое ожидание квадрата соответствующей центрированной случайной величины

$$D[X] = \sum_i (x_i - M[X])^2 \cdot p_i \quad (1.7)$$

В соотношениях (1.5),(1.7) значения p_i - это вероятности величин x_i .

Вероятность попадания случайной величины X на участок, протяженностью от α до β , находится по соотношению

$$P(\alpha \leq X \leq \beta) = F(\beta) - F(\alpha) = \int_{\alpha}^{\beta} f(x)dx \quad (1.8)$$

Средним квадратическим отклонением σ случайной величины X называется корень квадратный из дисперсии

$$\sigma[X] = \sqrt{D[X]} \quad (1.9)$$

Нормальный закон распределения случайной величины. Распределение Пуассона.

Во многих случаях распределение случайной величины подчиняется нормальному закону распределения.

Непрерывная случайная величина X называется распределенной по нормальному закону, если плотность ее распределения подчинена зависимости

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left[-\frac{(x - M[X])^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1.10)$$

Используя подстановку $t = \frac{x - M[X]}{\sigma}$, вероятность попадания случайной величины X , распределенной по нормальному закону, в интервал (α, β) можно представить в виде

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi(y_1) - \Phi(y_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_{-\infty}^{y_1} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt - \int_{-\infty}^{y_2} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \right] \quad (1.11)$$

$$\text{где } y_1 = \frac{\beta - M[X]}{\sigma}, \quad y_2 = \frac{\alpha - M[X]}{\sigma}.$$

Интеграл вида

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (1.12)$$

часто встречается в задачах теории вероятностей. Его значение -табулированная функция Лапласа. На практике удобнее пользоваться аппроксимационными зависимостями

Для оценки вероятности поражения объекта можно использовать аппроксимацию типа

$$P|_{X < x} = 0,5 + \Phi(z), \quad (1.13)$$

где функция $\Phi(z)$ определена только для положительных значений аргумента .

$$\Phi(z) = 0,5[1 - \exp(-0,37z^2 - 0,8z)] \quad (1.14)$$

Поскольку функция Лапласа обладает свойством симметрии, принимается

$$\Phi(-z) = -\Phi(z) \quad (1.15)$$

Вероятность поражения объекта

$$P|_{X < x} = 0,5 \pm \Phi(z) \quad (1.16)$$

Для удобства пользования последнее соотношение можно представить в виде

$$\left. \begin{aligned} P|_{X < x} &= 0,5 + \Phi(|z|) \quad \text{при } z > 0 \\ P|_{X < x} &= 0,5 - \Phi(|z|) \quad \text{при } z < 0 \\ \Phi(|z|) &= 0,5[1 - \exp(-0,37|z|^2 - 0,8|z|)] \end{aligned} \right\} \quad (1.17)$$

В формулах (1.17) нормированное отклонение z находится по соотношению

$$z = \frac{x - M[X]}{\sigma} \quad (1.18)$$

Учитывая особенности нормального закона распределения, для которого вероятность реализации случайной величины, значения которой не превосходят $M[X] - 3\sigma$, составляет 0,0014, а вероятность реализации случайной величины, значения которой не превосходят $M[X] + 3\sigma$, составляет 0,9984, можно сказать, что в случае, если значение случайной величины укладываются в интервал $(M[X] - 3\sigma, M[X] + 3\sigma)$, то вероятность ее реализации равна единице.

С учетом этого допущения, значения нормированного отклонения z , математического ожидания M и среднеквадратического отклонения σ при определении вероятности поражения объекта при землетрясении находятся по соотношениям

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \\ \sigma &= \frac{I_{\max} - I_{\min}}{6} \\ z &= \frac{I - M}{\sigma} \end{aligned} \right\} \quad (1.19)$$

где I_{\max} - максимальное значение параметра, определяющего нижнюю границу значений безусловного поражения объекта;

I_{\min} - минимальное значение параметра, определяющего верхнюю границу значений безопасности объекта;

I - воздействующее значение параметра (интенсивность землетрясения), для которого рассчитывается вероятность поражения объекта.

Распределением Пуассона обычно описывается распределение дискретной случайной величины.

Случайная величина называется распределенной по закону Пуассона, если она принимает счетное множество возможных значений $0, 1, 2, 3, \dots, N$ с вероятностями [8-14]

$$P(N) = \frac{\lambda^N}{N!} e^{-\lambda}, \quad N = 1, 2, 3, \dots, \lambda, \quad (1.20),$$

где λ - параметр распределения; N - число рассматриваемых событий.

Примеры пользования соотношениями (1.17), (1.20) можно рассмотреть в рамках построения параметрического и координатного законов поражения.

Параметрическим законом поражения называется зависимость вероятности поражения объекта от заданных значений характеристик поражающего фактора (в рассматриваемом случае – интенсивности землетрясения).

Алгоритм построения параметрического закона поражения [20-21]:

- определить значения поражающего фактора, характеризующие безопасность и безусловное поражение объекта;
- задаться количеством рассматриваемых точек и соответствующими значениями воздействующего фактора в каждой точке выбранного интервала;
- по формулам (1.19) вычислить для каждого заданного значения воздействующего фактора соответствующие константы нормального закона распределения;
- по формуле (1.17) найти вероятности поражения объекта, соответствующие каждому значению поражающего фактора;
- построить график изменения вероятности поражения объекта при различных значениях воздействующего фактора.

Пример. Определить вероятность поражения промышленного здания при воздействии землетрясения интенсивностью $I = 7,5$ балла, если величина I , определяющая нижнюю границу значений безусловного поражения данного здания, составляет 9 баллов, безопасное значение $I = 6$ баллов.

Решение. 1. По формулам (1.19) вычисляем значения параметров нормального закона распределения

$$M = \frac{9 + 6}{2} = 7,5 \text{ баллов}, \quad \sigma = \frac{9 - 6}{6} = 0,5 \text{ балла}, \quad z = \frac{7,5 - 7,5}{0,5} = 0.$$

2. По третьему соотношению (1.19) вычисляем значение функции $\Phi(|z|)$.

$$\Phi(|z|) = 0,5 [1 - \exp(-0,37|0|^2 - 0,8|0|)] = 0$$

3. Вероятность поражения здания находим по первому соотношению (1.19).

$$P = 0,5 + 0 = 0,5$$

Пример. При условиях предыдущего примера построить параметрический закон поражения.

Решение. 1. В пределах диапазона значений интенсивности землетрясения от $I_{\min} = 6$ баллов до $I_{\max} = 9$ баллов зададимся несколькими значениями I с шагом, например, 0,5 балла. Для каждого значения I находим вероятность поражения здания (по аналогии с предыдущим примером). Результаты расчетов сведены в табл. 1.2..

Таблица 1.2..Характеристики параметрического закона поражения.

Интенсивность землетрясения, бал.	Нормированное отклонение, z	Вероятность поражения
6,0	-3	0,002
6,5	-2	0,033
7,0	-1	0,155
7,5	0	0,500
8,0	1	0,845
8,5	2	0,977
9,0	3	0,998

2. Строим график параметрического закона поражения.

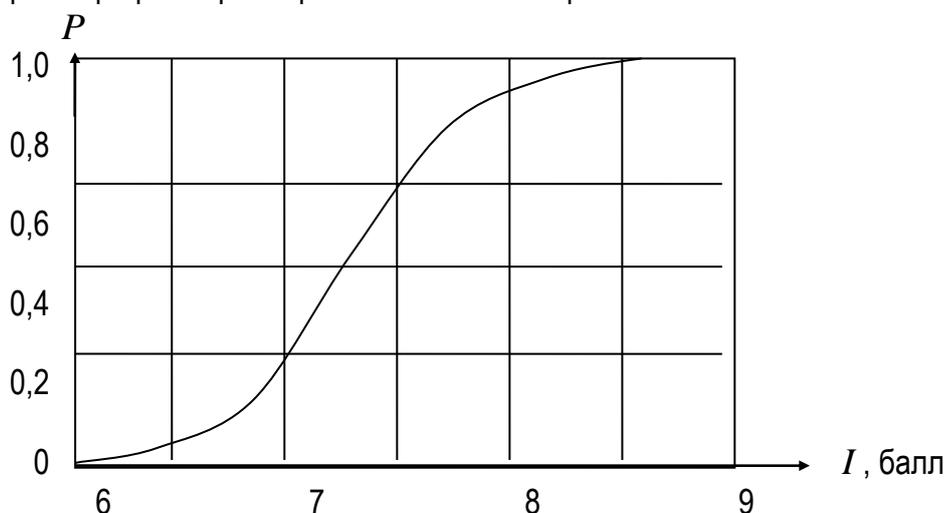


Рис. 1.7а. Параметрический закон поражения.

Координатным законом поражения называется зависимость вероятности поражения объекта от координат источника воздействия и объекта поражения. Случайной величиной, как правило, является расстояние между ними.

В большинстве случаев с увеличением расстояния вероятность поражения объекта уменьшается. Таким образом в отличие от параметрического закона поражения максимальному значению аргумента (максимальному расстоянию) будет соответствовать граница безопасности, а минимальному – граница безусловного поражения.

Алгоритм построения координатного закона поражения практически соответствует алгоритму построения параметрического закона, за исключением формулы вычисления вероятности поражения, которая в данном случае принимает вид

$$\left. \begin{aligned}
 P|_{R < r} &= 0,5 - \Phi(|z|) \text{ при } z > 0 \\
 P|_{R < r} &= 0,5 + \Phi(|z|) \text{ при } z < 0 \\
 M &= \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2}, \quad \sigma = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{6}, \quad z = \frac{r - M[R]}{\sigma}
 \end{aligned} \right\} (1.21),$$

где R - случайная величина расстояния между источником воздействия и объектом поражения (при землетрясении под величиной R подразумевается расстояние L); r - заданное значение расстояния.

Пример. Построить координатный закон поражения кирпичных многоэтажных зданий при землетрясении, если безопасное расстояние для данного типа зданий составляет 120 км, а на расстоянии 30 км (и меньших расстояниях) имело место полное разрушение зданий.

Решение. 1. По формулам (1.21) вычисляем значения констант нормального закона распределения M и σ .

$$M = \frac{120 + 30}{2} = 75 \text{ км}, \quad \sigma = \frac{120 - 30}{6} = 15 \text{ км}$$

2. В пределах диапазона значений расстояний от 30 км до 120 км зададимся несколькими значениями r , например, с шагом 10 км. Для каждого r находим значение параметра z и величину P . Результаты расчетов сведены в табл. 1.8.

Таблица 1.3. Характеристики координатного закона поражения

Расстояние, км	Нормированное отклонение, z	Вероятность поражения
30	-3,00	0,998
40	-2,33	0,990
50	-1,67	0,953
60	-1,00	0,845
70	-0,33	0,633
80	0,33	0,368
90	1,00	0,155
100	1,67	0,047
110	2,33	0,010
120	3,00	0,002

4. Строим график координатного закона поражения, рис. 1.3.

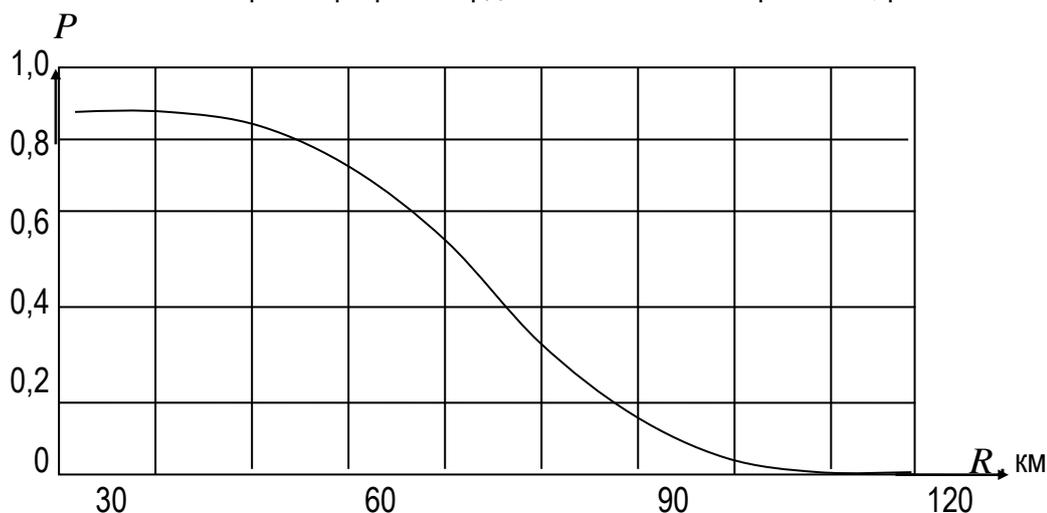


Рис. 1.76. Координатный закон поражения.

Самостоятельный интерес представляет оценка вероятности дискретной случайной величины.

При изучении опасных природных процессов часто бывает необходимым оценить вероятность какого-либо события в течение определенного временного интервала. Вероятность $P(N, T)$ появления N рассматриваемых событий за период времени T определяется в зависимости от среднего числа μ таких событий в единицу времени по формуле (1.20), которая может быть представлена в виде

$$P(N, T) = \frac{(\mu \cdot T)^N}{N!} \exp(-\mu T), \quad N = 1, 2, 3, \dots, \mu T \quad (1.22).$$

В этой формуле параметр распределения Пуассона записан в виде $\lambda = \mu T$.

Опираясь на соотношение (1.22), нетрудно определить вероятность того, что произойдет ровно одно событие

$$P(1, T) = \mu \cdot T \exp(-\mu \cdot T) \quad (1.23).$$

Вероятность того, что не произойдет ни одного события

$$P(0, T) = \exp(-\mu T), \quad (1.24).$$

а вероятность того, что произойдет хотя бы одно (не менее одного) события

$$P(T) = 1 - P(0, T) = 1 - \exp(-\mu T) \quad (1.25).$$

В работе [13] делается попытка на основе законов Гаусса и степенного распределения вероятности событий (рис.1.4.) рассмотреть авария, бедствия, катастрофы самого различного происхождения. Сравнение степенной и обычной гауссовой статистики приведено на рис. 1.8.

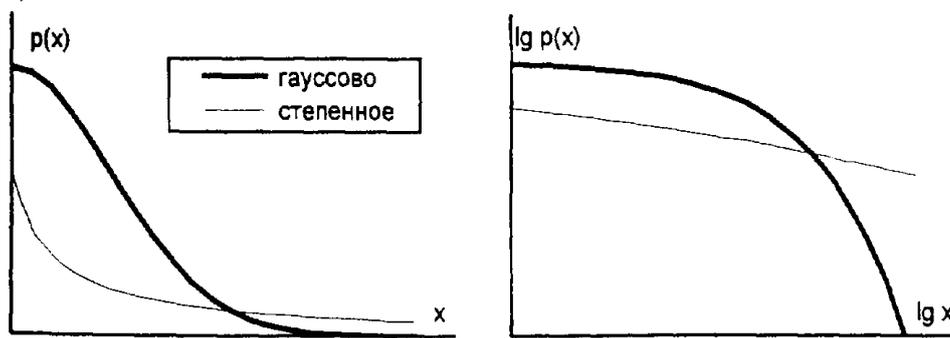


Рис. 1. 8. Гауссово и степенное распределения вероятностей в обычном (слева) и двойном логарифмическом масштабе (справа).

Их пример - известный закон Рихтера-Гутенберга распределения землетрясений по энергиям $N(E) \sim E^{-(1+I)}$ (N здесь количество землетрясений с энергией E , $I \sim 0,6$). В рамках правила "трех сигм", когда за три стандартных отклонения выходит не более одной тысячной происходящих событий. Для большинства бедствий статистика имеет степенной вид (но вероятность этих событий, как правило, не укладывается в эти рамки). Рис. 1.9, на котором фигурируют не только данные по землетрясениям, но также по наводнениям, торнадо, ураганам [5] описываются с одним и тем же законом для разных явлений, но далеко не для всего многообразия чрезвычайных ситуаций.

Второй пример — динамика одного из основных экономических показателей, индекса Доу-Джонса, перед кризисом 1929 г. [13] (рис. 1.10) и содержания ионов хлора в источниках перед землетрясением в Кобе (рис. 1.11.) в 1995г. .

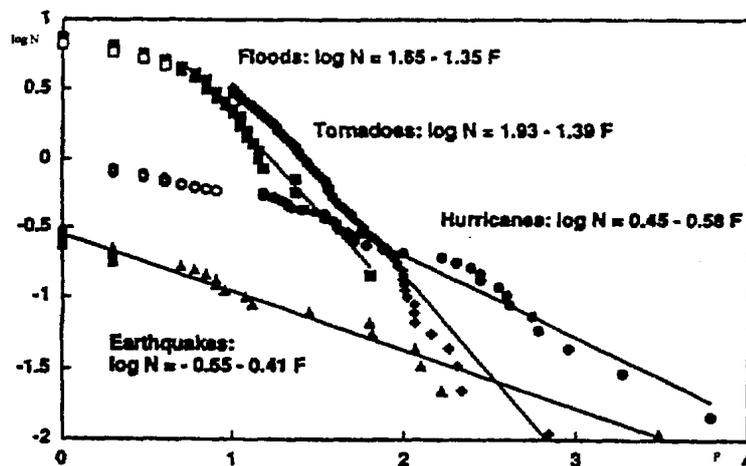


Рис.1.9 Зависимость числа бедствий от количества погибших в результате ЧС

Величина F характеризует логарифм среднего числа погибших ежегодно в США за последние сто лет. Приведены данные для торнадо (ромбы), наводнений (квадратики), ураганов (кружки), землетрясений (треугольники). Идеальным степенным законам соответствуют прямые. Видно, что эти законы являются хорошим приближением для реальной статистики бедствий и катастроф. В обоих случаях она хорошо описывается одной и той же формулой :

$$I(t) = A + B\{t, -t\}[I + C\cos(w*\log(t, -t) - \phi)], \quad (1.26),$$

которая, по-видимому, как считают в [13] обусловлена коллективным поведением одного и того же типа.

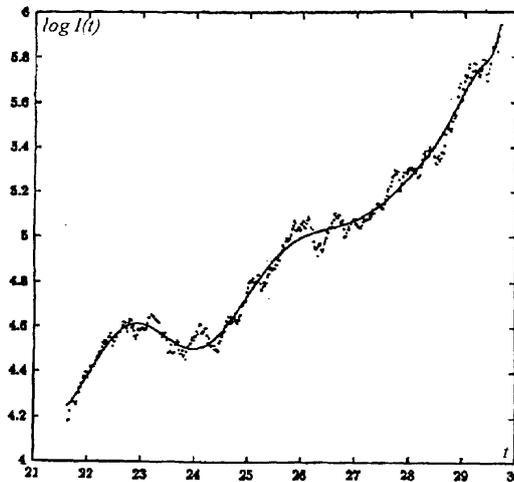


Рис.1.10. Динамика индекса Доу-Джонса перед кризисом 1929 г.

По оси абсцисс представлено время в годах (1921, 1922 и т.д.), по оси ординат - логарифм индекса Доу-Джонса (линия соответствует сглаженной зависимости). Кризис в этом случае "готовился" по крайней мере четыре года.

В работе [13], эту закономерность на основе совпадения математического описания разных проявлений ЧС, объясняется тем, что существует единый подход к расчёту множества различных рисков, которые рассматривают такие разнообразные задачи как математическое моделирование землетрясений, лавин, биржевых крахов, наводнений, инцидентов при хранении ядерных боеприпасов, утечки конфиденциальной информации, моделирование динамики рынка товаров, биологической эволюции и т.п. Однако, механизм и природу физических, социальных и иных проявлений разнообразных ЧС не возможно описать одной формулой типа 1.26, но поиск частных и тем более универсальных способов численного моделирования ЧС с целью их прогноза и предупреждения есть насущная задача, требующая своего решения в XXI веке.

В XX веке, за время жизни нескольких поколений, появились атомные электростанции, сотни тысяч новых химических продуктов, биотехнология, новые методы управления массовым сознанием, информационная экономика. и учитывать реалии новой технологической эпохи в XXI веке должна помочь теория и исследования, связанные с математическим моделированием поведения человека в чрезвычайной ситуации. Несколько крупнейших аварий 90-х годов, проявления международного терроризма в XXI веке привели к осознанию обществом необходимости изменения алгоритмов развития мирового сообщества, разработки новых концепций устойчивого развития. Построение математической теории безопасности и риска при чрезвычайных ситуациях является актуальной задачей, подходы к решению которой пытаются найти с использованием теории вероятности и катастроф, на основе методов нелинейной динамики, прогнозирующих нейросетей, теории динамического хаоса и других, но реализация таких подходов ещё далека до практики их использования в ЧС.

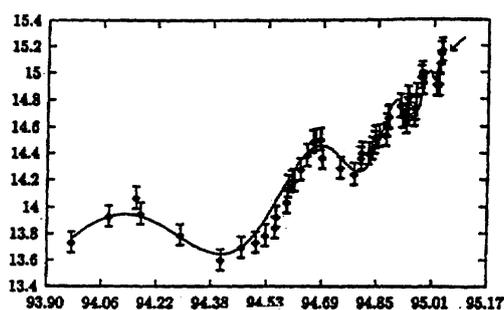


Рис. 1.11. Зависимость логарифма концентрации ионов хлора в источниках от времени перед землетрясением в Кобе в 1995 г хорошо описывается формулой типа (1.26).

В России после Чернобыльской аварии были широко развернуты научные исследования по предупреждению и прогнозированию бедствий и катастроф в природной и техногенной сфере. Многие из них уже около 10 лет ведутся в рамках Государственной научно-технической программы "Безопасность". Исходно организаторы этой программы планировали сосредоточить внимание на инженерных аспектах повышения безопасности объектов атомной энергетики. Однако жизнь выдвигала новые проблемы, связанные с угрозами регионального, национального и транснационального уровней. От того насколько быстро и уверенно мы начнем ориентироваться в этом мире, порожденном новыми рисками техносферы и глобальными проблемами, вставшими перед человечеством, зависит наше будущее. Роль интегрирующего начала, способного собрать воедино данные и модели из различных областей, информационные потоки, принадлежит компьютерному моделированию, системному анализу и нелинейной динамике.

Это обстоятельство было осознано не только в России, но и в других странах. В течение десятков лет задачами анализа мировой динамики и ее прогнозом в США занималась известная корпорация RAND. Однако в последние годы было понято, что анализ сложных необратимо развивавшихся систем, таких как техносфера и биосфера, система международных отношений и экономика, требует новых концептуальных подходов новых парадигм. Для их разработки в США был создан Институт сложности в Санта-Фе. Его сотрудниками являются лауреаты Нобелевской премии в области физики Гел-Манн и в области экономики Брайен Артур. Одним из наиболее важных приложений для исследователей этого института стали работы по анализу и прогнозированию природных бедствий и катастроф, "социальных неустойчивостей". На повестку дня поставлено построение парадигмы сложности, позволяющей строить теории сложных нелинейных систем, в которых возможны редкие катастрофические события. Аналогичные работы развернуты в Европе и, в частности, в России[5].

1.4. Систематизация чрезвычайных ситуаций Для установления единого подхода к оценке чрезвычайных ситуаций и адекватного реагирования на них чрезвычайные ситуации могут быть подразделены по типам, видам, масштабам, тяжести последствий и т.д. [4,5,8].

Если брать всю совокупность возможных ЧС, то их можно в первую очередь разделить на конфликтные и бесконфликтные. К конфликтным могут быть отнесены

военные столкновения, экстремистская политическая борьба, социальные взрывы, национальные и религиозные конфликты, терроризм, разгул уголовной преступности и др. Здесь же будут рассмотрены бесконфликтные ЧС - природного, техногенного и экологического характера. Они могут быть классифицированы по значительному числу признаков, описывающих явления с различных сторон их природы и свойств.

Важной является классификация, построенная по масштабу распространения чрезвычайных событий. При этом следует иметь в виду, что учитываются не только размеры территории, подвергнувшейся воздействию ЧС, но и возможные ее косвенные последствия. Это, скажем, тяжелые нарушения организационных, экономических, социальных и других существенных связей, действующих на значительных расстояниях. Кроме того, принимается во внимание тяжесть последствий, которая и при небольшой площади ЧС порой может быть огромной.

В соответствии с Федеральным законом "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", разработано и утверждено постановлением Правительства Российской Федерации Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В постановлении правительства РФ № 1094 от 13 сентября 1996г. ЧС классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в этих ситуациях, или людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности, размера материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов ЧС.

Итак по масштабу распространения и тяжести последствий ЧС подразделяются на локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные(табл.1.4.).

Таблица 1.4. ЧС по масштабам распространения и тяжести последствий

		Показатели, характеризующие ЧС			
Вид ЧС	Численность пострадавших	Кол-во человек с нарушенными условиями жизнедеятельности	Размер материального ущерба, тыс. мрот* на день возникновения ЧС	Размеры зоны ЧС (пределы территории)	Выделение сил и средств для ликвидации ЧС
		<i>ЛИБО</i>	<i>ИЛИ</i>		
Локальная	Не более 10	Не более 100	Не более 1	Объект производственного или социального назначения	Объект
Местная	10-50	100-300	1-5	Населенный пункт, город, район	Органы местного самоуправления
Территориальная	50-500	300-500	5-500	Субъект РФ	Субъект РФ
Региональная	50-500	500-1000	500-5000	2 субъекта РФ	Субъект РФ
Федеральная	свыше 500	свыше 1000	Свыше 5000	Более 2-х субъектов РФ	Субъект РФ
Трансграничная	ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ, либо ЧС, которая произошла за рубежом, но затрагивает территорию РФ				Правительство РФ

Локальная - это такая ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда (МРОТ) на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона ее не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К местной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. МРОТ на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К территориальной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 тыс., но не более 0,5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

К региональной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн. но не более 5 млн МРОТ на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию двух субъектов Российской Федерации.

К федеральной относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. МРОТ на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации выходит за пределы более чем двух субъектов Российской Федерации.

К трансграничной относится чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

Ниже приводится классификация, построенная по типам и видам чрезвычайных событий, инициирующих ЧС.

Чрезвычайные ситуации природного характера

Геофизические опасные явления: землетрясения;извержения вулканов.

Геологические опасные явления (экзогенные геологические явления): оползни;сели;обвалы, осыпи;лавины;склоновый смыв;просадка лессовых пород;просадка (провал) земной поверхности в результате карста;абразия, эрозия;курумы;пыльные бури.

Метеорологические и агрометеорологические опасные явления:

бури (9-11 баллов);ураганы (12-15 баллов);смерчи, торнадо;шквалы; вертикальные вихри;крупный град;сильный дождь (ливень);сильный снегопад; сильный гололед;сильный мороз; сильная метель;сильная жара;сильный туман; засуха;**суховеи**;**заморозки**.

Морские гидрологические опасные явления: тропические циклоны (тайфуны);

цунами; сильное волнение (5 баллов и более); сильное колебание уровня моря; сильный тягун в портах; ранний ледяной покров и припай; напор льдов, интенсивный дрейф льдов; непроходимый (труднопроходимый) лед; обледенение судов и портовых сооружений; отрыв прибрежных льдов.

Гидрологические опасные явления: высокие уровни воды (наводнения); половодье; дождевые паводки; заторы и зажоры; ветровые нагоны; низкие уровни воды; ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах и реках.

Гидрогеологические опасные явления: низкие уровни грунтовых вод; высокие уровни грунтовых вод.

Природные пожары: лесные пожары; пожары степных и хлебных массивов; торфяные пожары; подземные пожары горючих ископаемых.

Инфекционная заболеваемость людей: единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; групповые случаи опасных инфекционных заболеваний; эпидемическая вспышка опасных инфекционных заболеваний; эпидемия; пандемия; инфекционные заболевания людей невыявленной этиологии.

Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных: единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний; энзоотии; эпизоотии; панзоотии; инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных невыявленной этиологии.

Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями: прогрессирующая эпифитотия; панфитотия; болезни сельскохозяйственных растений невыявленной этиологии; массовое распространение вредителей растений.

Чрезвычайные ситуации техногенного характера

Транспортные аварии (катастрофы): аварии товарных поездов; аварии пассажирских поездов, поездов метрополитенов; аварии речных и морских грузовых судов; аварии (катастрофы) речных и морских пассажирских судов; авиакатастрофы в аэропортах, населенных пунктах; авиакатастрофы вне аэропортов, населенных пунктов; аварии (катастрофы) на автодорогах (крупные автомобильные катастрофы); аварии транспорта на мостах, железнодорожных переездах и в тоннелях; аварии на магистральных трубопроводах.

Пожары, взрывы, угроза взрывов: пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов; пожары (взрывы) на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ; пожары (взрывы) на транспорте; пожары (взрывы) в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах; пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения; пожары (взрывы) на химически опасных объектах; пожары (взрывы) на радиационно опасных объектах; обнаружение нераззорвавшихся боеприпасов; утрата взрывчатых веществ (боеприпасов).

Аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ (ХОВ): аварии с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении); аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса)

ХОВ; образование и распространение ХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии; аварии с химическими боеприпасами; утрата источников ХОВ.

Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ:

аварии на АС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) РВ; аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ на предприятиях ядерно-топливного цикла; аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом РВ на борту; аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) РВ; аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения, эксплуатации или установки; утрата радиоактивных источников.

Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ:

аварии с выбросом (угрозой выброса) БОВ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях); аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) БОВ; утрата БОВ.

Внезапное обрушение зданий, сооружений: обрушение элементов транспортных коммуникаций; обрушение производственных зданий и сооружений; обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения.

Аварии на электроэнергетических системах: аварии на автономных электростанциях с длительным перерывом электроснабжения всех потребителей; аварии на электроэнергетических системах (сетях) с длительным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий; выход из строя транспортных электроконтактных сетей.

Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения: аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на тепловых сетях (системах горячего водоснабжения) в холодное время года; аварии в системах снабжения населения питьевой водой; аварии на коммунальных газопроводах.

Аварии на очистных сооружениях: аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ.

Гидродинамические аварии: прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений; прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием прорывного паводка; прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях.

Чрезвычайные ситуации экологического характера:

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния суши (почвы, недр, ландшафта): катастрофические просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека; наличие тяжелых металлов (в том числе радионуклидов) и других вредных веществ в почве (грунте) сверх предельно допустимых

концентраций; интенсивная деградация почв, опустынивание на обширных территориях из-за эрозии, засоления, заболачивания почв и др.; кризисные ситуации, связанные с истощением не возобновляемых природных ископаемых; критические ситуации, вызванные переполнением хранилищ (свалок) промышленными и бытовыми отходами, загрязнением ими окружающей среды.

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состава и свойств атмосферы (воздушной среды): резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности; превышение предельно допустимых концентраций вредных примесей в атмосфере; температурные инверсии над городами; "кислородный" голод в городах; начительное превышение предельно допустимого уровня городского шума; образование обширной зоны кислотных осадков; разрушение озонового слоя атмосферы; значительное изменение прозрачности атмосферы.

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния гидросферы (водной среды): резкая нехватка питьевой воды вследствие истощения водоисточников или их загрязнения; истощение водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов; нарушение хозяйственной (вокационной) деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и Мирового океана.

Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния биосферы: исчезновение видов животных, растений, чувствительных к изменению условий среды обитания; гибель растительности на обширной территории; резкое изменение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов; массовая гибель животных; гибель людей в результате преднамеренного экологического терроризма, а также непреднамеренного нарушения экосистемы и жизнедеятельности.

Глава 2.СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ

Введение

Под опасными природными процессами обычно подразумевают природные катастрофы и стихийные бедствия, сопровождающиеся гибелью людей и большим экономическим ущербом. К ним относят: землетрясения; оползни; обвалы; снежные лавины; вулканические извержения; гидрометеорологические процессы приводящие к наводнениям на реках и морских побережьях; сопровождающиеся ураганскими ветрами, пыльные и снежные бури, грозовые разряды-молнии; лесные, торфяные и степные пожары; массовые заболевания людей, животных и растений; падение на нашу планету космических тел и т.д.

Такие катастрофы и стихийные бедствия в истории Земли отмечены неоднократно. Легенды о гибели Атлантиды, Всемирном потопе, засыпанные песками пустынь древние города Средней Азии, погребенные под слоем вулканического пепла города Помпеи, Геркулантум, Стабия в Италии – свидетельства грозных природных явлений. О масштабах потерь и человеческих трагедий можно получить представление по следующим данным[1-6,22-24].

При извержении вулкана Кракатау в 1883 г., сопровождавшемся взрывом, погибло 200 тыс. человек. При землетрясении в Китае в 1920г. (провинция Ганьсю) погибло около 200 тыс. человек , в 1976 г. (Таньшань) – 243 тыс. человек ,в Японии в 1923г.(Токио, Иокогама)-140 тыс., в 1990 г и 2003г. в Иране -более 35 тысяч человек /в каждом случае/.Наводнение и циклон в Бангладеш унёс жизни 300 и 139 тыс. человек, соответственно. Вклад наводнений и засух среди всех стихийных бедствий по числу пострадавших и общему ущербу составляет 32 и 33%,соответственно. По данным ООН за последние 10 лет от наводнений пострадало 150 млн. человек. Число жертв засухи в северо-восточной части Бразилии составило в 1887 г. 2 млн. человек., а по данным западных экспертов засуха в северной части Китая в 1951 г. привела к гибели 30 млн. человек. По числу погибших на долю тропических циклонов приходится 20% ,а землетрясений – 4% от общего числа жертв стихийных бедствий. Для задач прогнозирования природных катастроф важны исследования повторяемости и цикличности их проявлений.

.Большую опасность представляют массовые заболевания людей. Эпидемия чумы в Европе и Азии в XV веке унесла 25 млн. человеческих жизней, эпидемия гриппа в Западной Европе в 1918 – 1920 г. – 20 млн. жизней, то есть столько, сколько погибло в течение Первой мировой войны.

2.1 . Землетрясения.

2.1.1 Виды. землетрясений и их основные характеристики Землетрясения – грозные природные явления, с которыми связаны наиболее сильные катастрофы. При землетрясении, как правило, формируется обширный очаг поражения, на территории которого разрушаются и повреждаются здания, сооружения, техника, гибнут и получают травмы различной степени тяжести люди. Для определения очага поражения необходимо знать физические параметры землетрясения и категории поражения различных объектов. Ежегодно на нашей планете происходит порядка 100000 землетрясений, из них 100...120 способны вызвать разрушения и 10...20 оказываются достаточно сильными [23].

Землетрясения – это толчки и колебания земной поверхности, обусловленные смещением горных пород и распространением по грунтовой среде упругих сейсмических волн. По механизму образования землетрясения подразделяются на обвальные, наведенные, тектонические, вулканические и вызванные падением космических тел.

Обвальные землетрясения происходят при разрушении сводов подземных карстовых пустот, заброшенных шахт, рудников, а также обвалах, сбросах горных пород. Возникающие при этом толчки и колебания земной поверхности относительно слабы.

Наведенные землетрясения связаны с дополнительным давлением на земную кору, создаваемым строящимися крупными плотинами и водохранилищами, а также с изменением порового давления в грунтах при закачке воды в скважины и, наоборот, при интенсивном отборе воды с подземных горизонтов.

Сильное землетрясение, вызванное заполнением водохранилища, имело место в районе расположения плотины Койна в Индии. Вскоре после начала заполнения водохранилища здесь стали ощущаться слабые толчки и колебания земной поверхности. Водоохранилище было заполнено полностью к 1965 году, а в декабре 1967 года произошло землетрясение магнитудой 6.4, что соответствует энерговыделению при землетрясении $\sim 10^{14}$ Дж. Землетрясения меньшей интенсивности наблюдались при заполнении водохранилищ у плотин Гувер и Оровилл в США, плотины Синьфын в Китае, плотины Монтэр во Франции, плотины Кремаста в Греции и в некоторых других странах [23].

Землетрясение магнитудой 5.2, что соответствует энерговыделению $\sim 10^{12.7}$ Дж, обусловленное закачкой загрязненной отходами воды в скважину глубиной три километра, имело место в 1967 в штате Колорадо в США. И это не единственный случай.

Тектонические землетрясения обусловлены движением земной коры. Наша планета имеет сложную структуру. Земная кора и верхняя часть мантии (субстрат) представляют собой твердую наружную оболочку – литосферу. Литосфера не сплошная оболочка. Она состоит из плит, средние горизонтальные размеры которых варьируются от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Ниже литосферы находится горячая мантия. Под действием сил, обусловленных глубинными тепловыми процессами и вращением Земли, плиты движутся со скоростью, как правило, нескольких сантиметров в год. В результате на границах литосферных плит возникают огромные механические напряжения, сопровождающиеся разрушением земных пород, – они и приводят к тектоническим землетрясениям. Тектонические землетрясения – основной тип землетрясений на нашей планете. Самые сильные из них имеют магнитуду 9.0, что соответствует энерговыделению $\sim 10^{18}$ Дж. К числу сильнейших землетрясений XX века относят землетрясение у берегов Эквадора (1906 г., магнитуда 8.9) и землетрясение у берегов Японии (Санрику, 1933 г., магнитуда 8.9). Землетрясения, сопровождавшиеся большими человеческими жертвами и большим экономическим ущербом: Китай (пров. Нинся, 1920 г., магнитуда 8.6, погибло 200000 чел.), Япония (Токио, 1923 г., магнитуда 8.3, погибло 99300 чел.), Перу (Чимботе, 1970 г., магнитуда 7.8, погибло 67000 чел), Китай (Таншань, 1976 г., магнитуда 7.8, погибло 243000 чел.).

Вулканические извержения могут вызвать также тяжелые последствия, примером тому являются извержения вулканов Санторин на одноименном острове в Эгейском море в 1470 году до Новой Эры, Томборо на острове Сумбава в Индонезии в 1815 году,

Кракатау на одноименном острове в Зондском проливе между островами Ява и Суматра в 1883 году. Последствия этих извержений были катастрофическими. Так извержение вулкана Кракатау сопровождалось мощными взрывами, уничтожившими половину вулканического острова. В атмосферу было выброшено 19 км^3 вулканической породы. Песок, пыль, обломки скал, вулканический пепел гигантским столбом поднялись на высоту до 80 км . Воздушные волны, порожденные взрывами, распространяясь со скоростью звука, трижды обогнули земной шар. Одновременно на морской акватории сформировались волны цунами высотой свыше 30 метров, поглотившие на берегах островов Явы и Суматры 36 тысяч человек. Общее число погибших от ядовитых газов, пепла, лавы, падающих вулканических бомб, камней, цунами составило ~ 200 тысяч человек [3]. Энерговыделение при извержении и взрыве вулкана Кракатау оценивается величиной $\sim 10^{19} \text{ Дж}$, а вулканов Санторин и Томборо $\sim 10^{20} \text{ Дж}$ [4]. Для сравнения энергия ядерного взрыва мощностью $q=10^6$ тонн, где q – тротиловый эквивалент взрыва, составляет $4,52 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$.

Энерговыделение при тектонических землетрясениях $\sim 10^{18} \text{ Дж}$ и извержениях вулканов $\sim 10^{20} \text{ Дж}$, по-видимому, составляет предел силы геологических пароксизмов на нашей планете. Размер их лимитирует прочность горных пород. Больших напряжений земная кора не выдерживает – землетрясение или вулканический взрыв снимают их.

Землетрясения в результате падения космических тел хотя и представляют собой явления более редкие, но их последствия могут быть очень тяжелыми.

В последнее время существование опасности падения на Землю астероидов с характерным размером $50 \dots 100 \text{ м}$ не вызывает сомнений. Их наблюдают астрономы в обозримом с Земли пространстве на достаточно близком расстоянии, а примерно раз в $200 \dots 300$ лет такие космические тела падают на нашу планету. Последнее подобное столкновение – падение Тунгусского метеорита (или фрагмента кометы) произошло в 1908 году. Характерный размер объекта составлял не более 50 м , энергия взрыва оценивается величиной $\sim 10^{16} \text{ Дж}$. Энерговыделение при падении небесных тел с характерным размером порядка 1 км может составить величину $10^{20} \dots 10^{21} \text{ Дж}$. При взрыве такой мощности в густо населенных районах нашей планеты может погибнуть \sim четверть населения Земли [5]. Средний интервал времени между падением таких астероидов оценивается ~ 500000 лет. Еще большую опасность представляет возможное падение космических тел с характерным размером $> 1 \text{ км}$. Так энерговыделение при падении астероида, образовавшего 28 млн. лет тому назад Попигайский кратер, оценивается величиной $10^{23} \dots 10^{24} \text{ Дж}$.

На рис. 2.1. приведена частота повторяемости различных природных катастроф с энерговыделением от 10^{13} Дж до $10^{23} \dots 10^{24} \text{ Дж}$ [4]. На этом рисунке область 1 отвечает случаям падений метеоритов и астероидов, 2 – вулканических взрывов, 3 – тектонических землетрясений. Границы областей указывают возможный временной интервал событий.

Из рисунка видно, что в среднем катастрофа с энерговыделением 10^{18} Дж может быть вызвана землетрясением 1 раз в год, вулканическим взрывом 1 раз в $200 \dots 300$ лет, падением метеорита 1 раз в $\sim (50 \dots 100) \cdot 10^3$ лет.

Максимальное энерговыделение вулканической катастрофы примерно в 100 раз больше, чем при самом сильном тектоническом землетрясении, но периодичность таких

событий менее 1 за 1000 лет. Астероиды, крупные метеориты могут вызвать самую сильную на Земле катастрофу, но эти события происходят ещё реже.

Характерным признаком землетрясений, несмотря на различие природы их происхождения, является наличие системы упругих сейсмических волн, распространяющихся по грунтовой среде на большие расстояния. Сейсмические волны являются основным поражающим фактором землетрясений. Для количественного описания этой волновой системы необходимо привлечение определенных положений теории упругости.

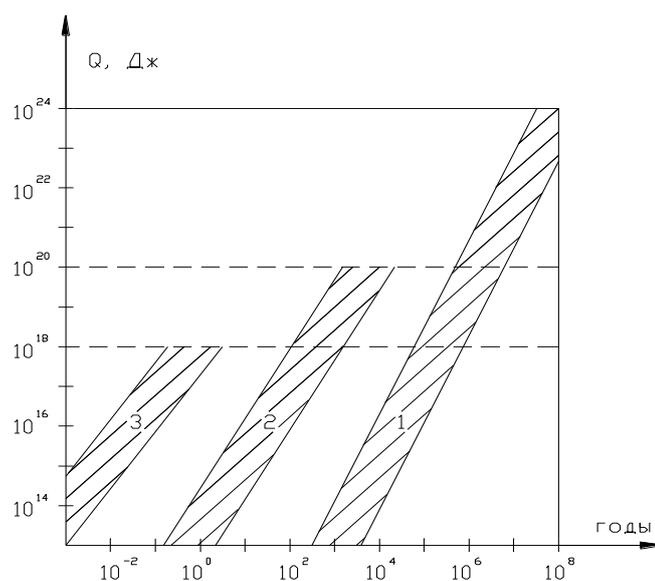


Рис. 2.1. Частота повторяемости природных катастроф

В теории упругости материал твердого тела (таким телом может быть грунтовая среда) представляется идеально упругим. Размеры и форма такого тела полностью восстанавливаются после устранения причин, вызвавших деформацию, а между деформациями и напряжениями существует линейная зависимость (закон Гука).

Деформацией твердого тела называется изменение его размеров и объема, сопровождающееся обычно изменением и его формы. Деформация вызывается внешними силовыми воздействиями или изменением температуры. При деформации происходит смещение частиц тела. Этому препятствуют силы взаимодействия между ними, вследствие чего в деформированном теле возникают внутренние упругие силы – напряжения.

Напряжение называется нормальным, если упругая сила нормальна к плоскости сечения, и касательным, если она касательная к этой плоскости. Указанные напряжения часто обозначают σ и τ соответственно.

Различают деформации растяжения (сжатия) и сдвига, а также случая всестороннего сжатия тела и кручения.

Одностороннее или продольное растяжение (сжатие) состоит в увеличении (уменьшении) длины тела под действием растягивающей (сжимающей) силы F . Мерой

деформации является относительное удлинение (сжатие) $\varepsilon = \Delta l/l$, где l – первоначальная длина тела, Δl – изменение длины при нагрузке F .

По закону Гука:

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{E \cdot S}, \quad (2.1)$$

где E – модуль Юнга; S – площадь поперечного сечения тела.

При $\Delta l = l$ модуль Юнга $E = F/S = \sigma$, то есть численно равен напряжению, возникающему в теле при увеличении его длины в два раза.

Известно, что разрушение тела наступает при значительно меньших напряжениях.

Относительное продольное растяжение (сжатие) тела сопровождается его относительным поперечным сужением (расширением) $\Delta d/d$, где d – поперечный размер тела.

Величина, равная отношению относительного поперечного сужения (расширения) к относительному продольному удлинению (сжатию).

$$\nu = \frac{\Delta d}{d} : \frac{\Delta l}{l} \quad (2.2)$$

называется коэффициентом Пуассона. Обычно $\nu < 1$.

Сдвигом называется деформация, при которой все плоские слои твердого тела, параллельные некоторой плоскости, смещаются параллельно друг другу. При сдвиге объем тела не меняется. Сдвиг происходит под действием силы F , приложенной касательно к верхней грани; нижняя грань закреплена неподвижно. Мерой деформации является угол сдвига γ , выраженный в радианах.

По закону Гука относительный сдвиг пропорционален касательному напряжению

$$\tau = \frac{F}{\varepsilon} = \gamma \cdot G, \quad (2.3)$$

где G – модуль сдвига.

Модуль сдвига численно равен напряжению, при котором сдвиг $\gamma = 1$.

Всестороннее сжатие тела под действием равномерно распределенного по его поверхности нормального напряжения σ приводит к уменьшению объема тела V на величину ΔV . Значение ΔV вычисляется по формуле

$$\Delta V = \frac{1}{K} \cdot V \cdot \sigma, \quad (2.4)$$

где K – модуль объемной упругости.

Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модули сдвига и объемной упругости связаны между собой соотношениями

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad K = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)} \quad (2.5)$$

В общем случае под действием внешних сил в теле могут иметь место одновременно и деформации растяжения (сжатия) и сдвига.

При землетрясении очаг землетрясения находится обычно на глубинах от нескольких километров до нескольких сот километров. На таких глубинах напряжения в грунте могут достигать больших значений. Область, занятая очагом, также может иметь значительные размеры. Указанные обстоятельства объясняют выделение большого количества энергии при землетрясении.

В очаге землетрясения выделяется точка, в которой начинается разрушение земной породы, именуемая гипоцентром. Проекция гипоцентра на земную поверхность называется эпицентром. Возмущения грунтовой среды, порожденные в гипоцентре, распространяются во все стороны в виде упругих продольной (P) и поперечной (S) сейсмических волн. Взаимодействие этих волн с поверхностью земли возбуждает поверхностную волну (R). Схема распространения волн P, S, R в случае однородного грунтового полупространства показана на рис. 2.2.[23-25]

Продольная волна P характеризуется объемными деформациями сжатия и разрежения. Частицы грунта совершают колебания в направлении, совпадающем с направлением распространения волн.

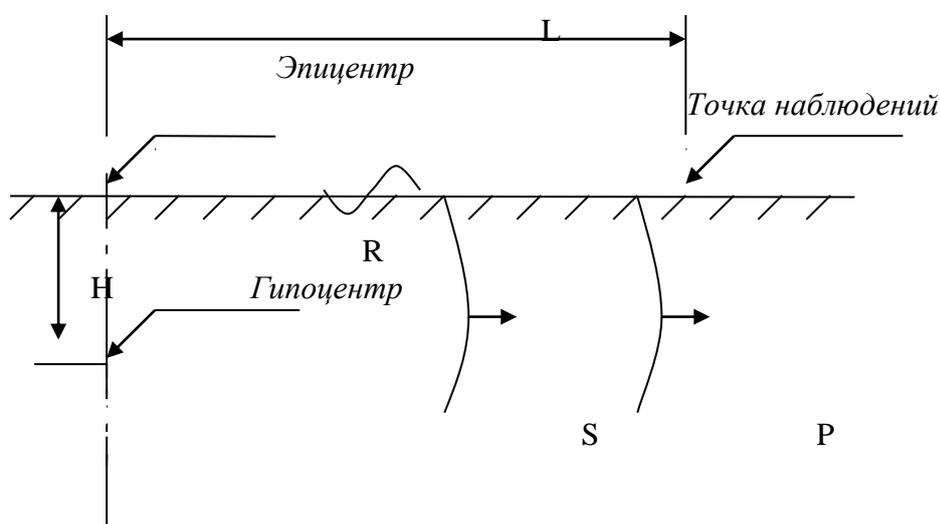


Рис 2.2.. Волновая картина при землетрясении.

Поперечная волна S связана с деформациями сдвигового характера. Частицы грунта совершают колебания в направлении, перпендикулярном направлению распространения волн.

В поверхностной волне R частицы грунта совершают колебания по эллиптическим орбитам в вертикальной плоскости.

Скорости N_P , N_S , N_R распространения продольной P, поперечной S, поверхностной R волны могут быть определены на основе ниже приведённых формул:

$$\left. \begin{aligned} N_P &= \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}, \text{ м/с} \\ N_S &= \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}, \text{ м/с} \\ N_R &\approx 0,9N_S \end{aligned} \right\} (2.6),$$

где ρ – плотность грунта, кг/м³; E – модуль Юнга, Па; ν – коэффициент Пуассона. Скорость распространения волны составляет ~ 0,9 от скорости поперечной волны.

Значения ρ , E , ν для некоторых грунтов приведены в табл. 2.1

Таблица 2.1

Значения плотности грунта, Модуля Юнга, коэффициента Пуассона.

Грунт	$E, Па$	ν	$\rho, кг/м^3$
Гранит	$(3.5...5) \cdot 10^{10}$	$0.1...0.15$	$(2.5...3) \cdot 10^3$
Известняк	$3.5 \cdot 10^{10}$	0.2	$2.3 \cdot 10^3$

Параметры движения грунта при землетрясении регистрируются на сейсмических станциях с помощью специальных приборов – сейсмографов и акселерографов.

Движение грунта в любой точке происходит в трех измерениях. Это означает, что точка движется в пространстве, а не просто в плоскости или по прямой. Чтобы зарегистрировать такое движение, сейсмограф должен иметь три сейсмометра, движущихся в трех взаимно перпендикулярных направлениях (двух горизонтальных и одном вертикальном) и позволяющих получить соответствующие сейсмограммы. Сейсмометр – это чувствительный элемент прибора, реагирующий на сейсмическое воздействие. Обычно это маятник или груз, закрепленный на пружине. Движение сейсмографа преобразуется в сейсмограмму одним из способов: перо чертит линию на бумаге, закрепленной на вращающемся барабане; световой луч оставляет след на движущейся фотопленке; электромагнитная система генерирует ток, который с помощью электронного устройства записывается на магнитной карте.

В качестве примера на рис. 2.3 приведена схема сейсмографа маятникового типа, применяемого для регистрации горизонтальных смещений (колебаний) грунта.

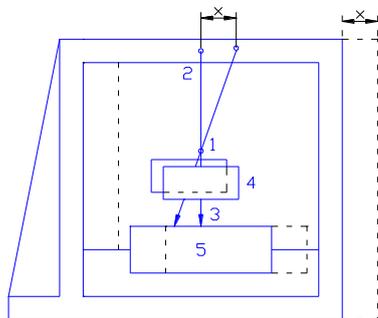


Рис.2.3. Схема сейсмографа

- 1 – груз маятника,
- 2 – точка подвеса маятника,
- 3 – перо,
- 4 – демпфер,

Принцип действия сейсмографа. При смещении земной поверхности, например, слева направо на величину x , на эту же величину вместе с корпусом прибора сместятся точка подвеса маятника (2) и барабан (5). Груз (1) в первой момент времени остается неподвижным. Это вызывает отклонение маятника относительно вертикали, и перо прочертит на барабане определенную линию.

Сейсмограф регистрирует смещение грунта. Для регистрации ускорения грунта используются другие приборы - акселерографы. Чувствительный элемент этих приборов называется акселерометром, полученная запись - акселерограммой..

Основные параметры сейсмических волн (скорость распространения волн, ускорение, скорость и величина смещения грунта, продолжительность действия) зависят от энергии землетрясения, глубины очага и удаления точки наблюдения от эпицентра, а также физико-механических свойств грунта: плотности, модуля Юнга, коэффициента Пуассона.

Способ определения энергии землетрясений, предложенный американским сейсмографом Рихтером, связан с измерением с помощью сейсмографа магнитуды землетрясений.

При сильных землетрясениях в очаге выделяется большое количество энергии. Энергию землетрясений обычно определяют через параметры сейсмических волн.

Для сравнительной оценки энергии землетрясений Рихтер предложил использовать специальную величину - Магнитуду. Магнитуда (от лат. *magnitudo* – величина и *magnus* – большой) – величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызываемых землетрясением, находится как десятичный логарифм от смещения грунта на определенном расстоянии ($L = 100$ км).

$$M = \lg \frac{A}{A_0}, \quad (2.7.),$$

где M – магнитуда землетрясения; A – смещение грунта при рассматриваемом землетрясении; A_0 – смещение грунта при очень слабом землетрясении, принятом за начало отсчета.

Энергия землетрясения связана с магнитудой соотношением

$$\lg Q = \alpha + \beta M, \quad (2.8),$$

где Q – энергия землетрясения, Дж; α, β – эмпирические коэффициенты.

При пользовании этим соотношением принимают значения коэффициентов $\alpha = 5,32$, $\beta = 1,42$, хотя отмечается, что в различных регионах они могут варьироваться в определенных пределах.

Соотношения (2.8) можно представить в виде

$$Q = 10^{5,32+1,42 M}, \text{ Дж} \quad (2.9),$$

Если энергию Q выражать в эргах ($1 \text{ Дж} = 10^7$ эрг), величину $k = \lg Q$ называют энергетическим классом землетрясения. По Рихтеру магнитуда тектонических землетрясений составляет $0 \leq M \leq 9$.

Измерение смещений грунта Рихтером производилось с помощью короткопериодных крутильных сейсмографов Вуда-Андерсона с увеличением до 2800 раз. В последнее время с появлением более чувствительных сейсмографов зарегистрированы еще более слабые землетрясения магнитудой до $M = -3$. Чтобы фиксировать такие землетрясения, приборы записывают движение грунта с увеличением до 80 000 раз.

Магнитуду землетрясения вычисляют на сейсмических станциях по величине максимальной амплитуды записи смещения грунта и на сейсмограмме с учетом расстояния от эпицентра до станции и глубины очага. Координаты эпицентра и глубину очага находят при известных значениях N_p, N_s по временам прихода волн к нескольким станциям. Зная магнитуду, по формуле (2.8) нетрудно вычислить энергию землетрясения.

На каждой сейсмической станции имеются специальные методики для определения магнитуды, доведенные до программ для ЭВМ и номограмм. Когда происходит землетрясение, обработав сейсмограмму и зная эпицентральное расстояние, обращаются к ЭВМ или номограммам.

Разрушение различных зданий, сооружений связано с воздействием сейсмических волн, параметры которых в свою очередь зависят от энергии землетрясения, глубины очага и удаления объекта от эпицентра, и степень ущерба в определенном месте характеризуется также интенсивностью землетрясения. Интенсивность, приписываемая

конкретному землетрясению без указания места наблюдений, – это обычно максимальная интенсивность, наблюдаемая при этом землетрясении. Интенсивность землетрясения оценивается в баллах (J балл).

В нашей стране интенсивность землетрясения оценивается по 12-ти бальной шкале согласно ГОСТ 6249 – 52. Используется также шкала института физики Земли (ИФЗ), положенная в основу СНиП 11-7-81 “Строительство в сейсмических районах”. ЮНЕСКО рекомендовало использовать в качестве международной шкалы – шкалу MSK-64, названную по фамилиям предложивших ее сейсмологов: Медведева С. из СССР, Шпонхойера В. из ГДР и Карника В. из ЧСР.[2], [14], [15].

В табл. 2.3 приводятся основные данные шкалы MSK-64, рекомендованной к использованию ЮНЕСКО.

Согласно этой таблице кинематические параметры грунта в практически важном диапазоне интенсивностей $6 \leq J \leq 10$ баллов возрастают по закону геометрической прогрессии с основанием, равным двум [15]

$$\ddot{W}_J = \ddot{W}_6 \cdot 2^{J-6}; \dot{W}_J = \dot{W}_6 \cdot 2^{J-6}; W_J = W_6 \cdot 2^{J-6}, \quad (2.10),$$

где \ddot{W} , \dot{W} , W – ускорение, скорость и смещение грунта соответственно.

Ускорение грунта в зависимости от интенсивности землетрясения оценивается по соотношению

$$\frac{\ddot{W}}{g} = \alpha \cdot 2^{J-6}, \quad (2.11),$$

где коэффициент $\alpha \approx 0,025 \dots 0,05$.

Согласно данным [11,16] периоды колебаний земной поверхности при сильных землетрясениях составляют 0,3...0,8 с и более.

Как отмечалось, интенсивность землетрясения в точках на поверхности земли зависит от выделенной в очаге энергии, глубины очага и удаления от эпицентра.

Максимальная интенсивность землетрясения имеет место в эпицентре [11], [14]

$$J_0 = C_1 \cdot M - C_2 \lg H + C_3, \quad (2.11)$$

где J_0 – интенсивность землетрясения в эпицентре, балл; M – магнитуда; H – глубина очага, км.

Среднее значение коэффициентов: $C_1 = 1,5$; $C_2 = 3,5$; $C_3 = 3,0$.

Очаги землетрясений возникают на различных глубинах. Большая их часть формируется в земной коре на глубинах порядка 20...30 км. В некоторых районах, особенно в зонах субдукции, они отмечались и в верхней мантии на глубинах 300...400 км и более.

При отсутствии данных о глубине очага в приближенных расчетах для оценки величины J_0 допускается использовать зависимость

$$J_0 = 1,5M - 1,5,$$

которую считают близкой к средней по всему земному шару для неглубоких землетрясений ($H \approx 20$ км).

Интенсивность землетрясения уменьшается с увеличением расстояния L от эпицентра. Рихтер и Гуттенберг предположили следующую формулу для определения интенсивности землетрясения на различных расстояниях $L > H$ [1,3,17,23].

$$J = J_0 - 6 \lg \frac{\sqrt{L^2 + H^2}}{H} + \Delta, \quad (2.11)$$

где J – интенсивность землетрясения на расстоянии L , км, от эпицентра, балл; Δ – поправка, учитывающая особенности местных геологических условий; величины J_0 , H имеют то же значение, что и в формуле (2.10).

Формула (2.11) была получена применительно к условиям скального грунта. Позднее введена поправка, учитывающая влияние местных геологических условий. Значения этой поправки принимаются равными: $\Delta = 0$ для скального грунта, $\Delta = 0 \div 1$ балла для песчаников и известняков, $\Delta = 1$ балл для умеренно прочных пород, $\Delta = 1 \div 2$ балла для песчаных грунтов и глинистых толщ, $\Delta = 2 \div 3$ балла для рыхлых насыпных грунтов.

Следует отметить, что в ряде стран для определения величины J используются зависимости, несколько отличные от зависимости (2.11), тем не менее, в расчетах, носящих оценочный характер, применение этой формулы допустимо.

Применительно к условиям нашей страны в приближенных расчетах допускается использовать соотношение [14], [15].

$$J = J_0 - 3,5 \lg \frac{\sqrt{L^2 + H^2}}{H}. \quad (2.12)$$

Здесь под величиной J подразумевается осредненное значение интенсивностей землетрясения по различным направлениям на одном и том же расстоянии L от эпицентра, а величины J_0 , L , H имеют тот же смысл, что и в формуле (2.10). При необходимости влияние местных геологических условий на величину J учитывается дополнительно.

Очаг поражения рассчитывается с помощью соотношения (2.11). Заменяя в левой части этого соотношения величину J на J^* и разрешая соотношение относительно L , нетрудно получить [17,23].

$$L_* = H \cdot \sqrt{10^{\frac{1}{3}(J_0 + \Delta - J^*)} - 1}, \quad (2.13)$$

где L^* – расстояние от эпицентра до изосейсты / Линии, в точках которых интенсивность землетрясения одинакова / J^* по заданному направлению, км, а величины J_0 , H , Δ имеют то же значение, что и в формуле (2.11). /справедливо при $L > H$ /.

. В случае использования для определения очага поражения соотношения (2.12) нетрудно получить

$$L_* = H \cdot \sqrt{10^{0,571(J_0 - J^*)} - 1} \quad (2.14)$$

Зная массу и частоту собственных колебаний здания, физико-механические свойства и параметры движения грунтового основания при распространении сейсмических волн можно оценить (в приближении одномерной модели движения) параметры движения здания – x , \dot{x} , \ddot{x} .

В нашей стране важные результаты по определению воздействия землетрясения на различные объекты получены группой ученых ИФЗ под руководством академика М.А. Садовского. Одновременно ими разработаны приближенные методы, позволяющие учесть особенности воздействия сейсмических волн различной продолжительности и дать достоверную оценку общего характера разрушения объекта [25].

Установлено, что при $T \gg T_0$, где T – период колебаний грунта при прохождении сейсмических волн, T_0 – период собственных колебаний сооружения, сооружение будет

колебаться с амплитудой, мало отличающейся от амплитуды колебаний грунтового основания.

Соотношение $T \gg T_0$ имеет место при сильных землетрясениях. Как отмечалось ранее, при землетрясениях величина T составляет 0,3...0,8 с и более [23,25]. Величина T увеличивается с возрастанием магнитуды землетрясения.

Период собственных колебаний зданий допустимо оценивать по соотношению

$$T_0 = \eta \cdot N, \quad (2.15)$$

где $\eta = (0,04...0,08)$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунтового основания; N – число этажей здания.

В приближенных расчетах для оценки воздействия землетрясения на различные объекты пользуются данным табл.2.2, полученными на базе теоретических исследований и анализа фактических материалов последствий землетрясений. Эти данные можно рассматривать как критерии поражения [17,23 – 25].

Если при $T < T_0$, то повреждения зданий, сооружений происходят лишь тогда, когда скорость колебаний грунта превосходит некоторую критическую величину. Например, для типовых жилых зданий величина критической скорости составляет $10 \div 14$ см/с. Колебания грунта со скоростью, большей этой величины, вызывают серьезные повреждения зданий. Таким образом, поражающее действие сейсмических волн относительно малой продолжительности определяется величиной скорости грунтовых колебаний.

Критерий $\dot{w} = 10 \div 14$ см/с близок к данным Горного бюро США. Согласно американским данным колебания грунта с максимальной скоростью ниже 5 см/с будут безопасными, при $5 \text{ см/с} < \dot{w} < 10 \text{ см/с}$ повреждения будут незначительными, а серьезные повреждения – при $\dot{w} > 19 \text{ см/с}$ [18].

Таблица 2.2

Зависимость степени разрушения зданий, сооружений от интенсивности землетрясения

Сооружение	Интенсивность землетрясения J, балл		
	Степень разрушения объектов		
	Слабое	Среднее	Сильное
Промышленное здание с тяжелым металлическим (или железобетонным) каркасом	7 – 8	8 – 9	9 – 10
Промышленное здание с легким металлическим каркасом и здание бескаркасной конструкции	6 – 7	7 – 8	8 – 9
Многоэтажное кирпичное здание (≥ 3)	6	6 – 7	7 – 8
Малозэтажное кирпичное здание (< 3)	6 – 7	7	7 – 8
Внутренние стены:			
Железобетонные (гипсобетонные)	6	7	7,5
Деревянные	5	6	7
Деревянный дом	5 – 6	6	6,5 – 7,5
Остекление:			
Из обычного стекла	3	4	5
Из стеклоблоков	5 – 6	6 – 7	7 – 7,5

Случай близких значений T и T_0 особый. Воздействие колебаний грунтового основания на здание, сооружение в этих условиях предлагается учитывать введением

коэффициента динамичности χ , который учитывает, во сколько раз может увеличиться интенсивность (амплитуда) колебаний.

$$\chi = \left[1 - \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 + \left(n \frac{T}{T_0} \right)^2 \right]^{-0,5}, \quad (2.16),$$

где n – коэффициент затухания колебаний сооружения.

Величина n редко бывает меньше 0,2. Следовательно, максимальное значение χ при $T = T_0$ может достигать 5.

Соотношение $T < T_0$ наиболее характерно для случаев воздействия на сооружения сейсмозрывных волн, образующихся при подземных взрывах зарядов обычных взрывчатых веществ.

2.1.2 Сейсмический эффект и местное действие взрыва В связи с широким применением взрывчатых веществ (ВВ) в военном деле и практике строительных работ самостоятельный интерес представляет оценка сейсмического эффекта и местного действия взрыва. Местное действие взрыва включает в себя воронку взрыва, зоны разрушений, больших пластических деформаций и навала грунта. Под сейсмическим эффектом взрыва подразумевают действие сейсмозрывных волн, распространяющихся в грунтовой среде [29-33].

Необходимо отметить, что при наземном и воздушном взрывах основным поражающим фактором, определяющим разрушение и повреждения зданий, является воздушная ударная волна. Вместе с тем при оценке воздействия взрыва на особо прочные наземные объекты следует учитывать дополнительное действие сейсмического эффекта и местного действия взрыва. Последнее непосредственно относится также к оценке действия взрыва на подземные сооружения.

Кроме того, сейсмический эффект является основным поражающим фактором при подземных взрывах.

При наземном взрыве обычных ВВ на грунтах типа суглинков, песок, глина размеры воронки: радиус r_B , м; глубина h_B , м; объём выброшенного грунта V , м³ - составляют [19].

$$\begin{aligned} r_B &\approx 0,36\sqrt[3]{G}, \\ h_B &\approx 0,16\sqrt[3]{G}, \\ V &\approx 2,6\sqrt[3]{G}. \end{aligned} \quad (2.17).$$

В формулах (2.15) величина G – масса тротилового заряда, кг. При взрыве заряда другого химического ВВ под G следует подразумевать величину его тротилового эквивалента, рассчитываемого по соотношению

$$G = G_0 \frac{Q_V}{Q_{vmp}}, \quad (2.18),$$

где G_0 – масса рассматриваемого заряда, кг; Q_V , Q_{vmp} – энергия взрыва данного ВВ и тротила соответственно, Дж/кг.

Значение Q таких распространенных ВВ, как аммотол, гексоген, нитроглицерин, октоген, тротил, тетрил, ТЭН составляют соответственно 2,65; 5,36; 6,70; 5,86; 4,52; 5,80 МДж/кг (1МДж = 10⁶ Дж).

Радиусы зон разрушения r_p , больших пластических деформаций $r_{п.д}$ и навала грунта $r_{н.г}$ составляют

$$\begin{aligned} r_p &\approx 1,5r_B, \\ r_{п.д} &\approx 2,5r_B, \\ r_{н.г} &\approx (2,5...4)r_B. \end{aligned} \quad (2.19).$$

В области воронки взрыва, зонах разрушения и больших пластических деформаций грунта обычно происходит полное разрушение высокопрочных объектов.

Значения r_B , r_p , $r_{п.д}$, $r_{н.г}$, V при ядерном взрыве приведены в [17,3-25].

Представляется целесообразным сопоставить действие воздушной ударной волны наземного ядерного взрыва на жилые и промышленные здания с действием землетрясения. Такое сопоставление выполнено в табл. 2.5 [17].

Рекомендации по расчету давления во фронте воздушной ударной волны в зависимости от мощности взрыва и удаления точки наблюдения приведены в справочных пособиях [1, 23].

Таблица 2.3

Степени разрушения зданий, сооружений в зависимости от величины избыточного давления во фронте воздушной ударной волны $\Delta P_{ф}$, кПа, и интенсивности землетрясения J , балл.

Поражающий фактор	Степени разрушения			
	Слабое разрушение	Среднее	Сильное	Полное
$\Delta P_{ф}$, кПа	10 ÷ 20	20 ÷ 30	30 ÷ 50	> 50
J , балл	5 ÷ 6	7 ÷ 8	9 ÷ 10	> 10

Сейсмозрывные волны являются основным поражающим фактором при подземных взрывах. Система сейсмозрывных волн включает в себя продольную, поперечную и поверхностные волны. В приближенных расчетах оценка действия этих волн на наземные объекты может быть проведена на основе рекомендаций предыдущего параграфа с учетом соотношения величин T и T_0 , где T – период колебаний грунта при прохождении волн, T_0 - период собственных колебаний сооружения. При взрывах ВВ обычно выполняется соотношение $T < T_0$.

Как отмечалось в предыдущем параграфе, при соотношении времен $T < T_0$ поражающее действие сейсмозрывных волн определяется величиной скорости грунтовых колебаний.

Следует отметить, что вследствие большого разнообразия физико-механических свойств грунтов, их послойного залегания оценка скорости колебаний грунта при распространении сейсмозрывных волн встречает определенные трудности. Кроме того, с изменением расстояния от центра взрыва максимальная скорость колебаний грунта может наблюдаться последовательно в различных волнах.

Ниже расчет максимальной скорости грунтовых колебаний проводится для определяющей по интенсивности волны.

На расстояниях $R/\sqrt[3]{G} \leq (10 \div 20) \text{ м} / \text{кг}^{1/3}$ от центра подземного взрыва преобладающей по интенсивности обычно является продольная волна. Расчет максимальной скорости колебаний грунта в этой волне проводится по формуле [22].

$$W_{\max} = A \cdot \left(\frac{G^{1/3}}{R} \right)^2, \text{ см/с}, \quad (2.20),$$

где G – масса тротилового заряда, кг; R – расстояние от центра взрыва, м; A – коэффициент, зависящий от типа грунта.

Коэффициент A имеет значения: 1100 – для глин; 700 – для гранита, известняка, водонасыщенного песка; $70 \div 130$ – для лёсса влажностью 2% и 5% соответственно. В случаях, когда тип грунта точно не установлен, приближенно принимают коэффициент $A=700$.

При взрыве в песчаном грунте расчет скорости \dot{W}_{\max} проводится по формуле

$$\dot{W}_{\max} = 340 \cdot \left(\frac{G^{1/3}}{R} \right)^{1.8}, \text{ см/с}, \quad (2.21),$$

где значения G , R имеют тот же смысл, что и в формуле (2.20).

На больших расстояниях наибольшую опасность представляет поверхностная волна.

При взрыве в грунте типа лёссовидный суглинок максимальная скорость колебания грунта, обусловленная этой волной, находится по формуле [22]

$$\dot{W}_{\max} = 40 \cdot \frac{G^{1/2}}{R^{1.21}}, \text{ см/с}, \quad (2.22).$$

При взрыве в скальном грунте

$$\dot{W}_{\max} = 40 \cdot \frac{G^{2/3}}{R^{1.52}}, \text{ см/с}, \quad (2.23).$$

Численные коэффициенты в последних двух формулах отвечают заглублиению заряда $0.7 \text{ м} / \text{кг}^{1/3} < H_3 / \sqrt[3]{G} < 2 \text{ м} / \text{кг}^{1/3}$.

Периоды продольной T_p , с, и поверхностной T_R , с, волн определяются по соотношениям [22]:

$$T_p = k_p \cdot \sqrt[6]{G} \quad (2.24),$$

$$T_R = k_R \cdot \sqrt[6]{G} \cdot \bar{R}^n, \quad (2.25),$$

где величина $\bar{R} = R / \sqrt[3]{G}$, м / кг^{1/3}, – расстояние от центра взрыва.

Значения коэффициентов K_p, K_R и показателя степени n в зависимости от типа грунта приведены в табл. 2.6.[29-33].

Таблица 2.4

Значения величин K_p, K_R, n

Грунт	K_p	K_R	N
Глина	0,04	0,08	0,11
Водонасыщенный песок	0,06	0,15	-
Гранит	0,0128	0,0058	0,44
Мраморизованный известняк	0,0128	0,035	0,20
Лёсс влажностью 5%	0,068	0,06	0,11
Лёсс влажностью 2%	0,068	0,06	0,11

2.1.3. Прогноз землетрясений. Сейсмостойкое строительство. Оценка обстановки в очаге поражения при землетрясении.

Известно, что число землетрясений, происходящих в определенный интервал времени в данном районе, снижается с увеличением их магнитуд [17].

$$\lg(N)=K_1-K_2 \cdot M \quad (2.26),$$

где N - число землетрясений магнитудой M ;

K_1 - коэффициент сейсмической активности района;

K_2 - тектоническая константа..

Подтверждением этого соотношения могут служить данные табл. 2.5, в которой проводится сопоставление числа землетрясений на нашей планете в зависимости от их магнитуд [23-25].

Таблица 2.5.

Число землетрясений в течение года и их магнитуды

Магнитуда землетрясения, M	Число землетрясений в год, N
8	1 – 2
7 – 8	15 – 20
6 – 7	100 – 150
5 – 6	750 – 1000
4 – 5	5000 – 7000

Установив коэффициенты K_1 и K_2 , можно оценить возможность сильного землетрясения в конкретном регионе по наблюдениям за слабыми землетрясениями в определенный период времени. Соотношение (1.77) справедливо при $M \leq M_{\max}$ для данного региона.

Коэффициент сейсмической активности K_1 учитывает местные геологические условия и определяется по результатам наблюдений землетрясений в рассматриваемом регионе. Для этого размеры района и интервал времени должны быть стандартизированы (например, 100 км² и 10 лет).

Тектоническая константа K_2 от времени не зависит. Имеется некоторое расхождение во мнениях является ли она универсальной константой или изменяется от региона к региону. В нашей стране данные по величине K_2 коррелируются по результатам сейсмических наблюдений на нескольких сейсмических станциях,

расположенных на территории относительно большого региона, сравнительно однородного в геологическом отношении. Примеры таких регионов – Крым, Кавказ, Прибайкалье, Камчатка и др.

Следует отметить, что в отдельных районах слабые землетрясения могут не наблюдаться. Это области или участки тектонического омоложения. В силу значительной прочности породы здесь способны накапливать большие напряжения. Такие сейсмогенные зоны характеризуются очень редкими, но сильными землетрясениями. Примеры – районы Газлийских, Чилийского и Тамдыбулакского землетрясений в Средней Азии [17,22-24].

На основании соотношения (2.26) разработаны методики по определению максимально возможной интенсивности землетрясений в различных районах, на базе которых составлены сейсмические карты.

На территории СНГ районы возможных 9-ти бальных землетрясений находятся в Средней Азии, Прибайкалье, Камчатке, Курильских островах; 8-ми бальных – на Кавказе, в Молдавии, в Южной Сибири. Русская равнина и Урал – почти вся территория относится к 5-ти бальной зоне; Среднерусская возвышенность – к 4-х бальной. В районе среднего течения р. Камы и среднего Урала, включая район г. Екатеринбурга, выделяется 6-ти бальная зона. Она продлевается по р. Мезень до северного побережья Кольского полуострова (землетрясения 1936 и 1937 г.г. интенсивностью 6...7 баллов в бассейне р. Мезень) [25].

Действующая нормативная карта утверждена в 1969 г. – СНиП П-А 12-69. На карте выделены районы 6,7,8,9 бальных землетрясений, а также районы, где возможны землетрясения более 9-ти баллов [25]. Определенное представление о размерах этих районов можно составить по данным табл. 8 [17,29-33].

Таблица 2.6.

Зоны различной интенсивности сейсмических воздействий.

Регион	Площадь (тыс. км ²) при интенсивности Землетрясения в баллах.			
	6	7	8	9
Алтай и Саяны	330	176	96	17
Восточная Сибирь	738	820	187	182
Якутия и район Магадана	903	233	124	
Чукотка	114	26		
Камчатка и Командорские острова	148	63	53	41
Курильские острова				16
Сахалин	30	46		
Приморье	155	9		
Крым	11	3	1	

Сейсмичность района г. Санкт-Петербурга. Согласно действующей нормативной сейсмической карте Русская равнина отнесена к 5-ти бальной зоне.

Территория г. Санкт-Петербурга находится в окраинной области Русской равнины в зоне сопряжения тектонических структур Восточно-Европейской платформы - Балтийского щита (БЩ) и Русской платформы (РП). Кристаллический фундамент, залегающий на глубине $H \geq 200 \dots 300$ м, разделен тектоническими нарушениями на целый ряд блоков. Тектонические процессы и связанные с ними вздымания и погружения отдельных блоков фундамента определили строение осадочного чехла. Многие разломы унаследованы речными долинами (в том числе и погребенные русла). Особенности геологического строения непосредственно влияют на сейсмическую обстановку на территории города [17].

Ряд тектонических структур, сохраняя свою активность до настоящего времени, вызывают сейсмические толчки с магнитудой $M=2 \dots 3$. Отмечены отдельные толчки магнитудой до 5-единиц. К активным зонам следует отнести прежде всего Ладожско-Ботническую и Таллинско-Петербургскую. С последней связано Осмуссарское землетрясение 1976 г. с эпицентром в Эстонии, вызвавшее в г. Санкт-Петербурге сотрясение интенсивностью $J=3$ балла. Подобное землетрясение с эпицентром в районе города могло бы вызвать значительные разрушения зданий и коммуникаций.

В условиях напряженного состояния отдельные блоки выдавливаются, смещаясь вертикально по линиям разломов без резких толчков. Геодезические наблюдения показывают подъем северного берега Финского залива со скоростью 1,5 мм/год и опускание южного берега со скоростью 0,9 мм/год. Зона инверсии здесь совпадает с зоной сопряжения БЩ и РП.

Наряду с сейсмической опасностью в этом районе проявляется опасность и затопления.

Деструктивное воздействие на состояние подземного пространства г. Санкт-Петербурга и устойчивость городской инфраструктуры оказывает антропогенное загрязнение геологической структуры на глубинах до 100 и более метров. Особую опасность представляет забор вод с глубоких горизонтов, что может стимулировать наведенные землетрясения.

Таким образом, в регионе наблюдается накопление негативных факторов, что может привести к заметному ухудшению сейсмической обстановки. Сейсмичность отдельных городских районов уже повысилась до 6 баллов. Чтобы избежать опасные землетрясения, необходимо проведение специальных организационных и инженерных мероприятий.

Несомненно, что важно спрогнозировать время возникновения, положение эпицентра и интенсивность землетрясения. Если землетрясение нельзя предотвратить, то по крайней мере необходимо вовремя предупредить население, чтобы люди покинули дома и вышли на открытое место (на удаление, равное или большее высоте здания, и вдали от линий электропередач), и тем самым снизить до минимума число возможных жертв.

Долгие годы в решении этой сложной задачи заметных успехов не было. Однако в последнее время разработаны методы, позволившие спрогнозировать ряд землетрясений. В качестве примера можно указать прогноз Хайченского землетрясения в Китае 4.02.1975 г. Оповещение о предстоящем сильном землетрясении было сделано

за 9 часов до того, как оно началось. Разразившееся землетрясение оказалось очень сильным – было разрушено 50% зданий в районе с населением более миллиона человек. Однако благодаря своевременно принятым мерам число жертв было сравнительно небольшим – погибло ~ 300 человек. Тем не менее было бы неправильным считать, что задача предсказаний землетрясений полностью решена. Прошло всего полтора года после упомянутого землетрясения и в Китае разразилось катастрофическое по числу жертв Таншаньское землетрясение 1976 года, когда погибло 243 тысячи человек [2].

На чем основывается возможность предсказания землетрясений?

Во-первых, следует отметить способ, который заключается в экстраполяции на будущее данных наблюдений за землетрясениями в прошлом. Способ лежит в основе долгосрочного прогноза. Обобщаются сведения о землетрясениях за несколько десятков и сотен лет, оценивается сейсмический риск. Сейсмический риск – это опасность повреждений сооружений от землетрясений в данном регионе. Он определяется как вероятность реализации не менее одного землетрясения, наносящего ущерб различным объектам. Места возможных землетрясений оцениваются по сейсмическим картам.

Эффективным средством краткосрочного прогноза является комплексная оценка предвестников землетрясения, к которым относятся: предварительные толчки – форшотки, изменения параметров геофизических полей, деформации земной поверхности в эпицентральной области, изменения состава подземных вод, изменения в поведении животных.

Не останавливаясь подробно на всех предвестниках, следует отметить, что перед началом землетрясения подземные породы находятся в сильно напряженном состоянии. Возникновение значительных механических напряжений заметно изменяет свойства пород, они становятся аномальными, то есть необычными. Наблюдаются аномалии разного рода – электрические, магнитные, упругие и т.д. Аномальные отклонения геофизических полей обнаруживают с помощью соответствующих приборов, установленных на сейсмических станциях. Высокоэффективными оказываются наблюдения за геофизическими аномалиями с помощью приборов, установленных на искусственных спутниках Земли.

Нарастание механических напряжений приводит также к увеличению концентраций в подземных водах радона, гелия, неона, аргона, криптона. Растут их концентрации и в газовых потоках, которые давление в недрах Земли «выжимает» к земной поверхности. Проводя химический анализ воды или газа в существующих и пробуренных скважинах, можно выявить назревающее землетрясение.

К необычному поведению животных перед землетрясением следует отнести беспокойство рыб в аквариумах, мелких домашних животных, птиц, пресмыкающихся в горах. Так успешное предсказание Хайченского землетрясения в 1975 году в немалой степени основывалось на сообщениях о необычном поведении домашних животных [2].

На территории нашей страны развернута сеть постоянно действующих сейсмических станций, входящих в единую систему сейсмических наблюдений (ЕССН). Данные наблюдений об угрозе землетрясений докладываются в центр срочных донесений в г. Обнинске. После обработки заключение выдается в систему оповещения Гражданской обороны и другим заинтересованным организациям.

Важным средством обеспечения безопасности населения в сейсмоопасных районах является сейсмостойкое строительство. Оно ведется согласно СНиП 11-7-81. Опасными для зданий считаются землетрясения, интенсивность которых достигает $J=7$ баллов и более. В районах, где прогнозируемая величина J не превышает 6 баллов, проведение антисейсмических мероприятий обычно не предусматривается. Строительство в районах, где прогнозируемая величина интенсивности землетрясения $J>9$ баллов, весьма неэкономично. Поэтому в нормах указания ограничены районами 7 ÷ 9 бальной сейсмичности.

Для большинства зданий и сооружений интенсивность воздействия землетрясений – расчетная сейсмичность принимается равной сейсмичности строительной площадки. Для особо ответственных сооружений расчетная сейсмичность повышается по сравнению с сейсмичностью строительной площадки (как правило, на 1 балл, что соответствует увеличению сейсмической нагрузки вдвое), а для временных сооружений (например, небольших складов), разрушение которых не связано с человеческими жертвами, - снижается.

Степень воздействия сейсмических волн на здания и сооружения зависит от геологических условий, см. соотношение (1.50). Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении считаются скальные грунты. Сильно выветренные или нарушенные геологическими процессами породы, просадочные грунты, районы осыпей, плавунцов, горных выработок не благоприятны, а иногда и не пригодны для строительства. В тех случаях, когда строительство все же осуществляется, прибегают к усилению оснований, что значительно удорожает строительные работы.

Сейсмостойкость зданий, сооружений обеспечивается как выбором благоприятной в сейсмическом отношении строительной площадки, так и разработкой конструктивных мероприятий, создающих возможность развития в ответственных элементах и узлах пластических деформаций, значительно увеличивающих сопротивляемость зданий, сооружений действию сейсмических сил. Большое значение имеет также высокое качество строительных материалов и работ [26].

Учитывая приближенный характер методов расчетной оценки сейсмостойкости сооружений, вводятся ограничения горизонтальных размеров зданий и их высоты, что обусловлено необходимостью исключения совпадения значений периодов собственных колебаний здания и колебаний грунтового основания при прохождении сейсмических волн. Для кирпичных стен определены минимальные размеры сечений простенков и расстояния между стенами. Требуется обязательное введение поэтажных железобетонных поясов и т.д. Высота зданий с кирпичными стенами, возводимых в районах с 7-ми бальной сейсмичностью, не должна превышать 4-х этажей, а в 9-ти бальной – 2-х этажей. Более полные сведения о сейсмостойком строительстве приведены в СНиП 11-7-81.

2.1.4. Оценка вероятности поражения объектов в зависимости от их сейсмичности и сейсмостойкости района.

Сейсмическая опасность для различных объектов предопределяется преимущественно плотностью потока землетрясений (количеством землетрясений в единицу времени), а также их сейсмостойкостью. Необходимым условием для поражения объекта является совпадение двух событий: первое событие – в регионе произошло землетрясение, второе – объект попал в зону поражения этого землетрясения[26-31].

Тогда вероятность поражения объекта P_n можно представить в виде [15,23]

$$P_n = P_1 \cdot P_2, \quad (2.27),$$

где P_1 - вероятность возникновения землетрясения в регионе за промежуток времени T ; P_2 - вероятность попадания объекта, расположенного в регионе, в зону поражения прошедшего землетрясения.

Поток землетрясений подчинен распределению Пуассона. В этом случае вероятность того, что за период времени T произойдет не менее одного землетрясения интенсивностью I_0 составит

$$P_1 = 1 - e^{-\mu_{I_0} T}, \quad (2.28),$$

где μ_{I_0} - плотность потока в регионе, создаваемого землетрясениями I_0 -ой интенсивности.

Плотность потока μ_{I_0} можно представить в виде

$$\mu_{I_0} = \frac{N_{I_0}}{T} = \frac{N_{I_0}}{N_*} \cdot \frac{N_*}{N_{I_0}} = P_{I_0} \cdot \mu_*,$$

где N_{I_0} - число землетрясений в регионе I_0 -ой интенсивности за период времени T ;

N_* - общее число землетрясений в этом регионе за тот же период времени;

P_{I_0} - вероятность реализации хотя бы одного землетрясения I_0 -ой интенсивности в данном регионе;

μ_* - суммарная плотность потока землетрясений в регионе.

Подставляя в соотношение (2.28) значение $\mu_{I_0} = P_{I_0} \cdot \mu_*$, нетрудно получить

$$P_1 = 1 - e^{-\mu_* P_{I_0} T} \quad (2.29),$$

Вероятность P_2 определяется отношением площади поражения (S_n), создаваемой прошедшим землетрясением, к площади региона (S).

$$P_2 = \begin{cases} \frac{S_n}{S} & \text{при } S > S_n \\ 1 & \text{при } S \leq S_n \end{cases} \quad (2.30),$$

Аппроксимируя площадь поражения S_n равновеликой площадью круга $S_n = \pi R_n^2$, можно получить зависимость его радиуса от интенсивности землетрясения

$$R_n = H \sqrt{10^{0,571(I_0 - I_n)} - 1} \quad (2.31),$$

Подставив величину R_n в соотношение (2.30), нетрудно получить

$$P_2 = \frac{\pi H^2}{S} \left[10^{0,571(I_0 - I_n)} - 1 \right], \quad (2.32),$$

где I_0 - интенсивность землетрясения в эпицентре; I_n - интенсивность землетрясения, при которой и больших ее значениях происходит поражение объекта.

Подстановка значений P_1, P_2 в соотношение (2.28) приводит его к виду

$$P_{nI_0} = \frac{\pi H^2}{S} \left[10^{0,571(I_0 - I_n)} - 1 \right] \cdot (1 - e^{-\mu_* P_{I_0} T}) \quad (2.33).$$

Выражение (2.33) определяет вероятность поражения объекта землетрясениями определенной интенсивности I_0 при условии, что $I_0 > I_n$. Опасными для рассматриваемого объекта являются все землетрясения, интенсивность которых превышает его сейсмичность, поэтому в формуле (2.33) следует принимать $I_n = I_c$, где I_c - сейсмостойкость объекта [23].

Вероятность поражения объекта с учетом землетрясений не одной интенсивности I_0 , но и других возможных землетрясений интенсивностью $I_n < I_0 \leq 12$ баллов, составит

$$P_n = 1 - \prod_{I_0=I_n}^{12} (1 - P_{nI_0}) = 1 - \prod_{I_0=I_n}^{12} \left[1 - \frac{\pi H^2}{S} (10^{0,571(I_0 - I_n)} - 1) \cdot (1 - e^{-\mu_* P_{I_0} T}) \right] \quad (2.34).$$

Необходимо отметить, что за время T возможно накопление деформаций зданий, сооружений от землетрясений интенсивностью $I_0 < I_c$, что может привести к снижению предела сейсмостойкости I_c . На величине I_c сказывается также процесс старения строительных конструкций за время T . При выводе формулы (2.34) изменение значения I_c от действия таких факторов не учитывалось.

При проведении расчетов по формуле (2.34) необходимо знать:

- суммарную плотность потока землетрясений μ_* в регионе;
- осредненное значение глубины очагов землетрясений в регионе;
- вероятность P_{I_0} землетрясений интенсивностью I_0 в данном регионе.

Согласно рекомендациям [23] величину P_{I_0} можно представить в виде

$$P_{I_0} = P_{(\leq I_0)} - P_{(\leq I_0 - 1)} = e^{-4,84[(I_0 - 1) / I_m - 0,59]^2} - e^{-4,84[I_0 / I_m - 0,59]^2}, \quad (2.35)$$

где $P_{(\leq I_0)} = 1 - e^{-4,84[I_0 / I_m - 0,59]^2}$

$$P_{(\leq I_0 - 1)} = 1 - e^{-4,84[(I_0 - 1) / I_m - 0,59]^2}$$

В формуле (2.35) величины $P_{(\leq I_0)}$, $P_{(\leq I_0 - 1)}$ - вероятности реализаций в регионе землетрясений не более I_0 и $(I_0 - 1)$ интенсивностей соответственно, I_m - математическое ожидание интенсивности землетрясения в регионе.

Значения μ_* , I_m для отдельных регионов нашей страны приведены в табл. 2.7. В этой таблице приведены также значения P_{I_0} , рассчитанные по формуле (2.35), и осредненные величины глубин очагов землетрясений H , км, [23,31-33].

Таблица 2.7.

Значения величин μ_* , I_m , P_{I_0} , H для регионов СНГ.

Ре Ги Он	I_m балл	μ_*	H , км	P_{I_0}								
				$I_0 = 4$ (балл)	5	6	7	8	9	10	11	12
1	8,1	0,74	20	0	0,01	0,10	0,20	0,23	0,20	0,13	0,08	0,03
2	7,8	1,32	50	0	0,02	0,13	0,22	0,23	0,18	0,12	0,06	0,02
3	6,7	1,73	20	0	0,11	0,25	0,27	0,18	0,13	0,04	0,02	0
4	6,3	0,41	30	0,01	0,17	0,29	0,26	0,16	0,07	0,03	0,01	0
5	6,3	0,81	20	0,01	0,17	0,29	0,26	0,16	0,07	0,03	0,01	0
6	6,2	2,15	100	0,02	0,19	0,30	0,25	0,25	0,06	0,02	0,01	0
7	6,3	5,61	20	0,01	0,16	0,29	0,26	0,16	0,07	0,03	0,01	0
8	6,1	1,13	20	0,02	0,20	0,30	0,25	0,14	0,06	0,02	0,01	0
9	5,8	0,91	20	0,05	0,25	0,31	0,23	0,11	0,04	0,01	0	0
10	5,6	11,4	20	0,07	0,29	0,32	0,20	0,09	0,03	0	0	0
11	5,4	0,43	30	0,10	0,32	0,31	0,18	0,07	0,02	0	0	0
12	5,0	0,34	20	0,20	0,36	0,28	0,12	0,03	0,01	0	0	0
13	5,0	1,28	40	0,20	0,36	0,28	0,12	0,03	0,01	0	0	0

Примечание: Номера регионов: 1 – Прибайкалье, 2 – Камчатка, 3 – Западная Туркмения, 4 – Якутия и Северо-восток, 5 – Алтай и Саяны, 6 – Курилы, 7 – Средняя Азия и Казахстан, 8 – Карпаты, 9 – Сахалин, 10 – Кавказ, 11 – Приамурье и Приморье, 12 – Европейская часть России, Урал, Западная Сибирь, 13 – Крым и Нижняя Кубань.

При известном значении вероятности поражения P_n вероятность его сохранности P_c за время T оценивается по соотношению

$$P_c = \prod_{I_0=I_c}^{12} (1 - P_{nI_0}) = \prod_{I_0=I_c}^{12} \left[1 - \frac{\pi H^2}{S} (10^{0,571(I_0-I_c)} - 1) \cdot (1 - e^{-\mu_* P_{I_0} T}) \right] \quad (2.36).$$

2.1.5 Прогноз землетрясений. Меры безопасности. Прогнозирование землетрясений и, в частности, вулканических извержений в значительной мере основано на наблюдениях за известными вулканами и на статистике землетрясений. Так, анализ повторяемости извержений некоторых вулканов показывает, что она может быть описана Пуассоновским распределением.

Тогда вероятность N извержений за период времени T может быть представлена в виде

$$P(N, T) = \frac{(\mu T)^N}{N!} \cdot \exp(-\mu T) \quad (2.37)$$

где μ – плотность извержений (среднее число извержений в единицу времени).

Риск вулканического извержения оценивается по соотношению

$$R = 1 - \exp(-\mu T) \quad (2.38).$$

По такой же формуле оценивается и сейсмический риск повреждений зданий и сооружений при различных интенсивностях землетрясений и сейсмостойкости сооружений [].

Для оперативного краткосрочного прогноза выявлены явления, могущие играть роль предвестников. К их числу относятся: усиление термальной деятельности, изменение химического состава выделяющихся газов, увеличение частоты подземных толчков, аномальные изменения магнитного и электрического полей, аномальное поведение животных. В результате удалось предсказать ряд извержений. Тем не менее, как и в случае землетрясений, было бы неправильно считать, что вопрос предсказания извержений вулканов полностью решен. Исследования в этом направлении продолжаются.

Землетрясения – грозные природные явления. Поэтому необходимо предусмотреть и обеспечить комплекс мероприятий, позволяющих уменьшить негативные последствия этих явлений. К их числу относятся:

разработка карт активной вулканической деятельности, зонирование территории по степени сейсмо-опасности;

разработка методов оперативного прогнозирования землетрясений;

обучение населения поведению при угрозе стихийных бедствий;

разработка мероприятий по срочной эвакуации населения из опасных районов.

К инженерным мероприятиям, уменьшающим ущерб от землетрясений, относят строительство защитных дамб, насыпей, позволяющих изменить направление лавового потока при извержениях, строительство сейсмоустойчивых зданий и сооружений в зонах сейсмического риска. Задача общего сейсмического районирования — изучение крупных сейсмогенерирующих структур, определяющих сейсмичность регионов. С помощью оценок сейсмической опасности можно прогнозировать повреждения объектов массовой застройки / существенный ущерб от повреждения объектов такого типа вызывается землетрясениями с магнитудами $M \geq 6,1$. Уроки последних сильных землетрясений в России и за рубежом (Шикотанское, 1994 г.; Нортриджское, 1994 г.; Кобэ, 1995 г.; Нефтегорское, 1995 г., Измитское, 1999 г.), в Иране в 2003 г. показали значительное влияние вторичных природных и техногенных процессов на общий уровень социальных и экономических потерь от землетрясений. Поэтому чрезвычайно важно использовать современные информационные технологии при комплексном прогнозировании стихийных бедствий и оценке возможного ущерба.

2.2. Гидрометеорологические катастрофы

Конец XX века и начало XXI века были сопряжены с увеличением числа гидрометеорологических проявлений природных катастроф на жизнедеятельность людей, что во многом связано с зарегистрированным потеплением на нашей планете. Число экстремальных явления выпадения интенсивных осадков, наводнений, засух и пожаров возросло за последние 50 лет на 2-4 %. В частоте и интенсивности тропических штормов доминируют междесятилетние-многодесятилетние колебания, особенно, в тропической зоне Северной Атлантики и западной части Северо-Тихоокеанского региона. Почти повсеместно уменьшаются площади горных ледников и массы льда, уменьшение площади и толщины морского льда в Арктике в весенний и летний периоды согласуется с повсеместным повышением приземной температуры. Увеличение концентрации парниковых газов, природных и антропогенных аэрозолей, количества облаков и осадков, усиление роли проявлений Эль-Ниньо обуславливают изменение глобального распределения энергии системы «Земля-атмосфера». Теплосодержание мирового океана увеличилось и повышается средний уровень моря со скоростью порядка 1-3 мм/год. Жертвами гидрометеорологических

катастроф ежегодно становятся десятки тысяч людей, а материальный ущерб достигает десятков тысяч долларов (с 1980 г. отмечается экспоненциальный рост ущерба со временем)[22,34-37].

2. 2.1 Виды наводнений.

Вода играет огромное значение для жизни на Земле. Ее нельзя ничем заменить. Она нужна всем и всегда. Но вода может быть и причиной больших бед. Из них особое место занимают наводнения. По данным ООН за последние 10 лет во всем мире от наводнений пострадало 150 млн. человек. Статистика свидетельствует: по площади распространения, суммарному среднему годовому ущербу и повторяемости в масштабах нашей страны наводнения занимают первое место в ряду других стихийных бедствий. Что же касается человеческих жертв и удельного материального ущерба, то - есть ущерба, приходящегося на единицу пораженной площади, то в этом отношении наводнения занимают второе место после землетрясений [32].

Наводнение - это значительное затопление местности, вызванное подъемом уровня воды в реке, озере, прибрежном районе моря. По причинам, вызывающим подъем уровня воды, различают следующие виды наводнений: половодье, паводок, подпорное, наводнение прорыва, нагонное, при действии подводного источника большой энергии.

Половодье и паводок связаны с прохождением большого для конкретной реки расхода воды.

Половодьем называют ежегодно повторяющееся в один и тот же сезон относительно длительное существенное увеличение водоносности реки. Причина половодья - возрастающий приток воды в речное русло, вызванный весенним таянием снега на равнинах, таянием снега и ледников в горах летом, продолжительными муссоновыми дождями. Уровень воды на малых и средних равнинных реках во время весеннего половодья поднимается на 2..5 метров, на крупных, например, на сибирских- на 10..20 метров. При этом реки могут разливаться в ширину до 10..30 км. и более. Наибольший из известных подъемов уровня воды до 60 метров наблюдался в 1876г. в Китае на реке Янцзы в районе Игана[32]. На малых равнинных реках весеннее половодье длится 15..20 дней, на крупных – до 2..3 месяцев.

Паводок – это сравнительно кратковременный (1..2 суток) подъем воды в реке, вызванный обильными ливневыми дождями или бурным таянием снежного покрова. Паводки могут повторяться по несколько раз в году. Иногда они проходят один за другим, волнами, в зависимости от количества сильных ливневых дождей.

Подпорное наводнение возникает в результате увеличения сопротивления стоку воды при заторах и зажорах льда в начале или конце зимы, при заторах на лесосплавных реках, при частичном или полном перекрытии русла вследствие обвалов при землетрясениях, оползнях.

Нагонные наводнения создаются ветровыми нагонами воды в заливах и бухтах на морском побережье и берегах крупных озер. Могут возникать в устьях крупных рек вследствие подпора стока нагонной ветровой волной. В нашей стране нагонные наводнения наблюдаются на Каспийском и Азовском морях, а также в устьях рек Невы, Западной Двины и Северной Двины. Так в городе Санкт – Петербурге такие наводнения происходят почти ежегодно, особо крупные были в 1824г. и в 1924г.

Наводнение прорыва относится к числу наиболее опасных. Оно возникает при разрушении или повреждении гидротехнических сооружений (плотин, дамб) и образовании волны прорыва. Разрушение или повреждение сооружения возможны из-

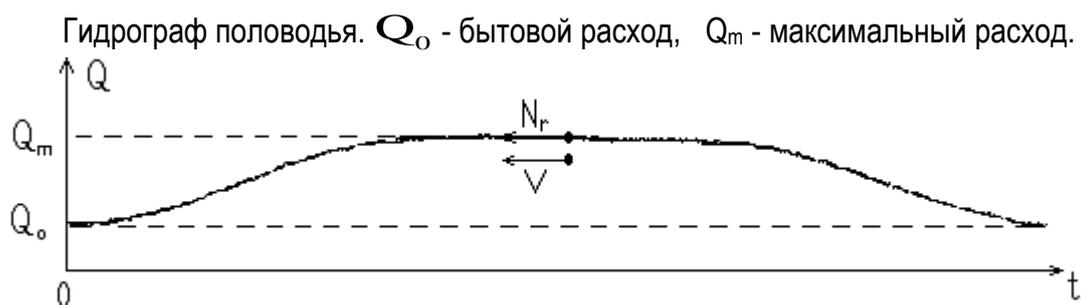
за некачественного строительства, в результате неправильной эксплуатации, при применении взрывных видов оружия, а также при землетрясении.

Наводнения, вызываемые действием мощных импульсных источников в водных бассейнах, также представляют серьезную опасность. Природными источниками являются подводные землетрясения и извержения вулканов, в результате этих явлений в море образуются волны цунами; техническими источниками – подводные ядерные взрывы, при которых формируются поверхностные гравитационные волны. При выходе на берег эти волны не только затапливают местность, но и трансформируются в мощный гидропоток, выбрасывающий на берег суда, разрушающий здания, мосты, дороги. Например, при нашествии и 1896г. цунами на северо-восточное побережье о.Хонсю (Япония) было смыто свыше 10 тыс. строений, погибло около 26 тыс. человек[34-37]. Наводнения, вызываемые действием мощных импульсных источников в водных бассейнах, также представляют серьезную опасность. Природными источниками являются подводные землетрясения и извержения вулканов, в результате этих явлений в море образуются волны цунами; техническими источниками – подводные ядерные взрывы, при которых формируются поверхностные гравитационные волны. При выходе на берег эти волны не только затапливают местность, но и трансформируются в мощный гидропоток, выбрасывающий на берег суда, разрушающий здания, мосты, дороги. Например, при нашествии и 1896г. цунами на северо-восточное побережье о.Хонсю (Япония) было смыто свыше 10 тыс. строений, погибло около 26 тыс. человек[34-37].

Ниже рассматриваются основные параметры половодья, паводка, наводнений прорыва, нагонного и цунами, даются рекомендации по оценке последствий и защите от наводнений.

2.2. Половодье. Одной из основных характеристик течения рек является расход-объем воды, проходящий через поперечное сечение русла в единицу времени. Изменение расхода во времени в период половодья (гидрограф) представлено на рис. 2.3

Рис. 2.3.



При половодье имеет место плавное, относительно медленное изменение параметров потока (квазистационарное течение). На рис. 2.3 величина N_r - это скорость распространения расхода Q_m по руслу реки, величина V - скорость течения воды при прохождении расхода Q_m ; при половодье $N_r \approx V$.

Для определения параметров водного потока в речных руслах используются уравнения Сен-Венана[34]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{S} \right) + gS \frac{\partial h}{\partial x} = -B\lambda \frac{Q|Q|}{S^2} \quad \text{и} \quad B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x,t), \quad (2.39)$$

где $Q = VS$ - расход воды, V - средняя скорость потока в рассматриваемом

поперечном сечении, S – площадь этого сечения, B – ширина свободной поверхности водного потока, λ – коэффициент сопротивления русла, $q(x, t)$ – боковой сток и приток воды (таяние снега, грунтовые воды, притоки). Для пояснения обозначений на рис. 2.4 приведена схема русла реки.

На рис. 2.4 ось x расположена горизонтально вдоль русла и в направлении течения реки.

Проанализируем вначале первое уравнение системы (2.39). Это уравнение

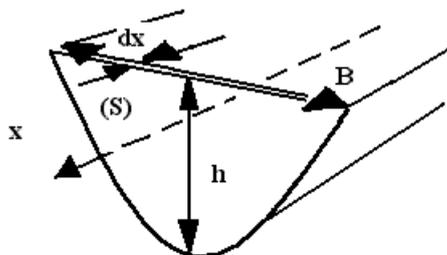


Рис.2.4. Схема русла реки.

движения. Первые два члена в уравнении выражают инерцию элементарного объема жидкости, третий член – разность давлений на основаниях этого объема (сила горизонтального градиента давления или, что-то же самое, составляющая силы тяжести по оси движения потока, проинтегрированная по площади S). В правой части уравнения стоит выражение для интегральной силы сопротивления.

Второе уравнение системы – уравнение неразрывности. Здесь первый член – скорость изменения площади сечения, второй – горизонтальная неравномерность потока. Член в правой части уравнения определен выше.

Для получения представления о параметрах движения потока при половодье рассмотрим случай $q(x, t)=0$. Он может наблюдаться, например, в разгар половодья, когда дополнительное поступление воды за счет таяния снега практически прекращается, а также при отсутствии боковых речных притоков.

Как отмечалось, при половодье имеет место относительно медленное изменение параметров потока (квазистационарное течение). Следовательно, производными по времени в уравнениях (2.39) можно пренебречь.

При $B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$, $q(x, t) = 0$ уравнение неразрывности приводится к виду:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \quad (2.40).$$

Его решение имеет вид: $Q = \text{const}$. (2.41).

Решение (2.41) позволяет приближенно рассматривать квазистационарное течение при половодье как установившееся.

Установлено также, что при квазистационарном течении жидкости второй член в уравнении движения играет меньшую роль, чем третий. С учетом данного обстоятельства уравнение движения может быть упрощено дополнительно:

$$qS \frac{\partial h}{\partial x} = -B\lambda \frac{Q|Q|}{S^2}. \quad (2.42).$$

Проанализируем это уравнение. Так как $\frac{Q}{S} = V$, $\frac{\partial h}{\partial x} = -i$, где i – уклон, и принимая

для широких русел $S \approx hB$, можно получить:

$$gi = \lambda \frac{v^2}{h} \quad (2.43).$$

В гидравлике коэффициент сопротивления русла $\lambda = gC^{-2}$, где C – коэффициент Шези; в свою очередь $C = n^{-1}h^{1/6}$, где n – коэффициент шероховатости русла[36]. Подставляя данные соотношения в уравнение (2.43), находим:

$$V = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2.44). \quad \text{Выражение (2.44) аналог формулы Шези [36]:}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2.45), \text{ где } R = \frac{S}{\psi}, \text{ - гидравлический радиус; } \psi \text{ - смоченный}$$

периметр.

Для прямоугольного русла шириной “ b ” при глубине потока “ h ” величины S, ψ, R имеют значения $S = hb, \psi = b + 2h, R = bh/(b + 2h)$. Следовательно, для широкого прямоугольного русла при $b \gg h$ величина $R \approx h$. Приблизительно соотношение $R \approx h$ принимают и для других широких русел, когда $b > h$. С учетом сделанных пояснений расход при половодье может быть представлен в виде:

$$Q = V \cdot S = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot S \approx \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot S \quad (2.46).$$

Средние уклоны дна: $i = (5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-4})$ – для равнинных рек; $i = (5 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-3})$ – для предгорных рек; $i > 5 \cdot 10^{-3}$ – для горных рек. Значения коэффициента шероховатости приведены в табл.2.8

Таблица 2.8.

Значения коэффициента шероховатости для естественных русел

№	Характеристика русла	N
1	Русла в весьма благоприятных условиях (чистые, прямые в плане)	0,025
2	Русла больших и средних рек равнинного типа в благоприятных условиях состояния ложа	0,033
3	Сравнительно чистые русла равнинных водотоков в обычных условиях (извилистые с некоторыми неправильностями в направлениях струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна)	0,040
4	Русла больших и средних рек, значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые, с непокойным течением	0,050
5	Порожистые участки равнинных рек. Значительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы (промоины, кустарники, деревья) с наличием заводей.	0,067
6	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода)	0,133

Принято естественные русла аппроксимировать зависимостью вида [37]

$$S = A \cdot h^m, \quad (2.47),$$

где S - площадь поперечного сечения русла; h - высота от дна русла; A, m - параметры параболы. Такие русла называются обобщенными параболическими.

Ширина русла находится по отношению

$$b = m \cdot A \cdot h^{m-1}, \quad (2.48).$$

Параметры A, m имеют значения

$$A = S/h^m, \quad m = b \cdot h/S \quad (2.49).$$

Параметры A, m для реальных русел определяют следующим образом. По данным топографических карт в заданном створе строят поперечное сечение русла до заданной высоты h . По результатам построения находят значения S и h . Используя соотношения (2.11), вычисляют величины A и m . Рекомендуется параметры A и m находить как средние значения по результатам аналогичных построений в нескольких створах.

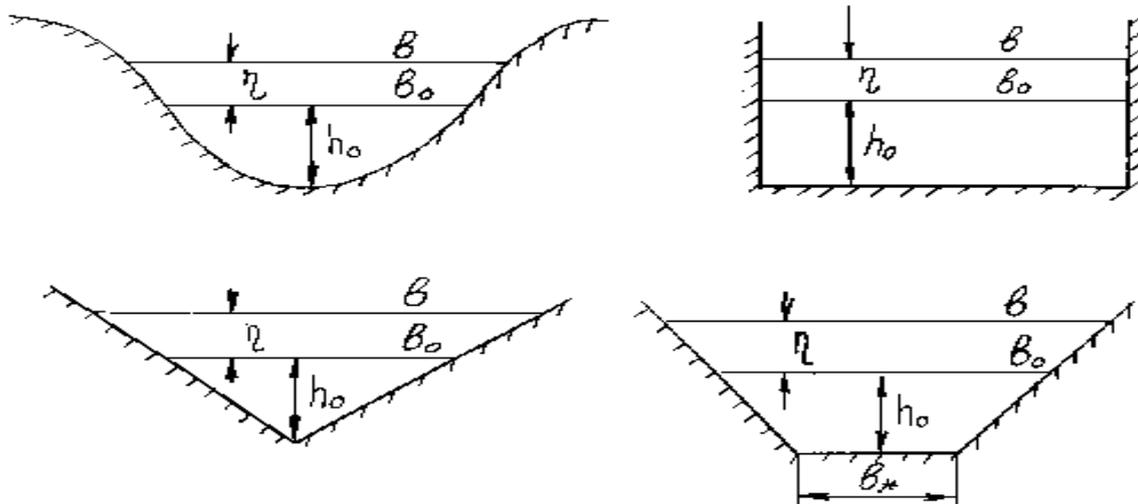
В частных случаях прямоугольного, треугольного и трапецидального русла значения A и m могут быть представлены в виде:

$$\left. \begin{aligned} A &= S_0 / h_0^m - \text{для всех перечисленных русел;} \\ m &= b_0 \cdot h_0 / b_0 \cdot h_0 = 1 - \text{для прямоугольного русла} \\ m &= b_0 \cdot h_0 / \frac{1}{2} \cdot b_0 \cdot h_0 = 2 - \text{для треугольного русла;} \\ m &= b_0 \cdot h_0 / \frac{1}{2} \cdot (b_0 + b_*) \cdot h_0 = 2 \cdot b_0 / (b_0 + b_*) - \text{для} \\ &\quad \text{трапецидального русла.} \end{aligned} \right\} (2.50).$$

В этих соотношениях S_0 - площадь поперечного сечения бытового потока; величины b_0, b^*, h_0 , связанные с параметрами русла и бытового потока, показаны на рис. 2.5

Рис. 2.5.

Формы русел: а - параболическое, б - прямоугольное, в - треугольное, г - трапецидальное



Согласно соотношениям (2.6), (2.7) скорость бытового потока составляет

$$V_0 = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} = \frac{1}{n} \cdot h_0^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2.51).$$

Тогда скорость потока при половодье можно представить в виде

$$V = \frac{1}{n} \cdot h^{2/3} \cdot i^{1/2} = V_0 \cdot \left(\frac{h_0 + \eta}{h_0} \right)^{2/3} \quad (2.52).$$

Максимальный расход при половодье

$$\begin{aligned} Q_m &= S \cdot V = A \cdot S (h_0 + \eta)^m \cdot V_0 \cdot \left(\frac{h_0 + \eta}{h_0} \right)^{2/3} = \\ &= A \cdot V_0 \cdot h_0^m \cdot \left(\frac{h_0 + \eta}{h_0} \right)^{m+2/3} = Q_0 \cdot \left(\frac{h_0 + \eta}{h_0} \right)^{m+2/3} \end{aligned} \quad (2.53).$$

Максимальный подъём уровня воды

$$\eta = h_0 \left[\left(\frac{Q_m}{Q_0} \right)^{\frac{3}{3m+2}} - 1 \right] \quad (2.54)$$

Величина Q_m , определяющая значение η , зависит от ряда факторов: запасов снежной массы в бассейне реки, температуры воздуха, выпадения осадков, ускоряющих сход снежного покрова. Учёт этих факторов (вместе с данными многолетних наблюдений) непосредственно влияет на достоверность прогноза о масштабах затопления при половодье.

Размеры зоны затопления определяются по отметкам на топографической карте, соответствующим высоте подъема уровня воды “ η ”.

Для предварительных оценок могут быть использованы данные табл. 2.9 и 2.10 [34-37].

Таблица 2.9

Максимальные расходы воды в периоды половодья рек.

Площадь водосбора, км ²	500	1000	10 000
Расход Q_m , м ³ /с	100 ... 400	400... 1500	1500... 4500

Таблица 2.10

Возможные размеры зон затопления в зависимости от уровня подъема воды.

Высота подъема воды η , м	1,5...2	2...4	4...6	6..14
Зона затопления, км ²	10	10...100	100...1000	1000

2.2.3 Паводок Опасность паводкового наводнения состоит в том, что оно может быть неожиданным, например, при прохождении ливневых дождей в ночное время. При паводке имеет место сравнительно кратковременный подъем воды, вызываемый ливневыми дождями или бурным таянием снега. На рис. 2.6 приведен гидрограф расхода ливневого паводка. Он состоит из восходящего участка, начинающегося в точке А, гребня В и затем нисходящего участка, оканчивающегося в точке С; точку А называют фронтом паводковой волны

На этом рисунке: T_d - продолжительность выпадения осадков, T - продолжительность паводка, Q_m - максимальный расход, Q_0 - бытовой расход. Паводок относится к нестационарным течениям. При определении параметров водного потока при паводке пользуются системой уравнений Сен-Венана (2.1) (без упрощающих допущений,

принимаемых для описания течения жидкости при половодье). Решение системы (2.1) выполняется численно с помощью ЭВМ.

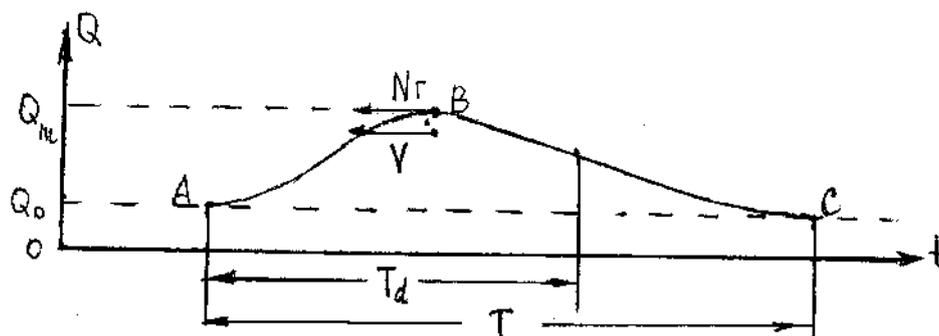


Рис. 2.6 Гидрограф ливневого паводка

Паводок – это волновое движение. Скорость фронта паводка вычисляется по формуле

$$N_{\phi} = V_0 + \alpha \cdot \sqrt{q \cdot h_0}, \quad (2.55)$$

где V_0, h_0 - скорость и глубина основного потока соответственно; α - коэффициент, зависящий от формы русла (для реальных русел приближенно принимают $\alpha \approx 0,8$).

Скорость гребня паводка

$$N_{\Gamma} = \frac{3}{2} \cdot V = \frac{3}{2} \cdot V_0 \cdot \left(\frac{h_0 + \eta}{h_0} \right)^{2/3}, \quad (2.56)$$

где η - подъем уровня воды при прохождении паводка.

Для определения величины η используется формула (2.54), где в данном случае максимальный расход находят по соотношению [34-37]

$$Q_m = \frac{k \cdot J \cdot F}{3,6} + Q_0 \quad (2.57),$$

где Q_m - максимальный расход, м³/с; Q_0 - расход до выпадения осадков, м³/с; J - интенсивность осадков, мм/час; F - площадь района выпадения осадков в бассейне реки, км²; k - коэффициент, учитывающий долю стока осадков в реку (обычно $0 < k \leq 1$, в приближенных расчетах для оценки максимально возможного паводка допускается принимать $k \approx 1$).

Высота паводка на расстоянии X от наблюдаемого створа оценивается по соотношению [37]

$$\eta = \frac{C_1}{\sqrt{C_2 + X}}, \quad (2.58)$$

где C_1, C_2 - константы, определяемые по наблюдениям высоты паводка в двух створах.

2.2.4 Волна прорыва при разрушении плотин гидроузлов. Оценка состояния зданий, сооружений в зоне затопления волной прорыва.

При авариях, сопровождающихся разрушением плотины, запасенная потенциальная энергия водохранилища высвобождается в виде волны прорыва (типа мощного паводка), образующейся при изливе воды через проран (брешь) в теле плотины. Волна прорыва распространяется по речной долине на сотни километров и более.

Оценим величину запасенной энергии водохранилища на следующем примере. Пусть глубина воды у плотины в верхнем бьефе $H_0 = 55$ м, в нижнем бьефе $h_0 = 5$ м, длина плотины $B = 5000$ м, длина водохранилища $L = 40.000$ м, рис. 2.7.

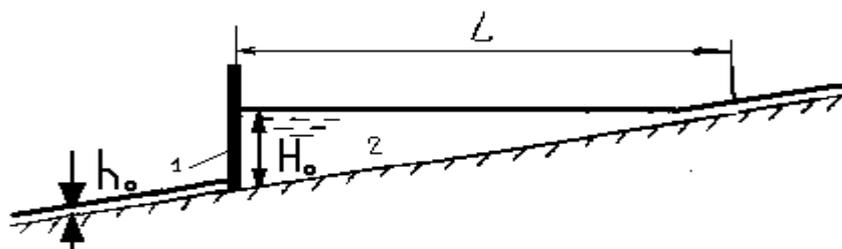


Рис. 2.7. Схема водохранилища. 1 – плотина, 2 – водохранилище.

Потенциальная энергия водохранилища может быть найдена по соотношению

$$\Pi = \frac{1}{3}(H_0 - h_0)^2 \cdot L \cdot B \cdot \rho \cdot g = \frac{1}{3} \cdot (55 - 5)^2 \cdot 40 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 1,7 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$$

Здесь ρ – плотность воды, кг/м^3 , $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Для сравнения энергия ядерного взрыва мощностью $q = 10^6$ т (в тротиловом эквиваленте) составляет $4,2 \cdot 10^{15}$ Дж.

Основными параметрами волны прорыва являются: высота гребня η_r , наибольшая скорость течения V_m , время прихода фронта t_ϕ , гребня t_r , хвоста t_x . На рис. 35 показано продольное сечение волны прорыва.

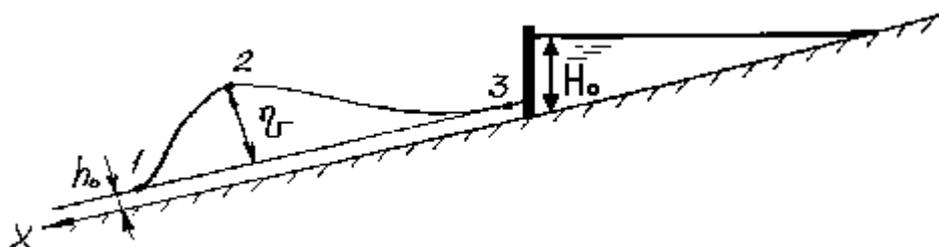


Рис. 2.8. Волна прорыва.

1 – фронт волны, 2 – гребень, 3 – хвост, H_0 – глубина водохранилища, h_0 – уровень воды в реке, η_r – высота гребня волны.

Для определения параметров волны прорыва решается полная система уравнений Сен-Венана (2.39) и некоторые результаты полученного решения приведены, например, в [22,34-37].

В качестве примера в табл. 2.11 и 2.12 приведены данные по величинам η_r, V_m, t_ϕ, t_r при распространении волны прорыва по схематизированному прямоугольному руслу для трех характерных гидроузлов равнинного и предгорного типов при ширине прорана $B_{пр} \approx 0.5 B$, где B – длина плотины. Это случай, близкий к

полному разрушению плотины. Более полные данные по параметрам волны прорыва при различных значениях, $V_{пр}$, i изложены в литературе [37,].

Таблица 2.11

Параметры волны прорыва.

H_0 , м	i	X , км	$\eta_{Г}^0$, м	V_m^0 , м/с	t_{ϕ}^0 , час	$t_{Г}^0$, час
20	10^{-4}	10	7.5	1.8	1.3	4.8
		50	7.0	1.2	12	24
		100	6.5	0.9	27	48
		250	5.5	0.55	84	120
40	10^{-4}	10	16.5	3.1	0.7	3.4
		50	14.8	1.8	6.4	18
		100	13.4	1.4	15	36
		250	11.5	0.9	45	83
100	10^{-3}	10	34	9.0	0.25	0.6
		50	29	6.6	1.7	3.4
		100	25	5.6	3.8	6.0
		250	20	4.5	11	15

В приближенных расчетах, носящих оценочный характер, влияние формы и коэффициента трения русла на величины $\eta_{Г}$, V_m , t_{ϕ} , $t_{Г}$ учитываются с помощью соотношений:

$$\left. \begin{aligned}
 \eta_{Г} &= \eta_{Г}^0 \cdot [1 + 0,3 \cdot (M - 1)] \\
 V_m &= V_m^0 \cdot \left(\frac{\eta_{Г} + h_0}{\eta_{Г}^0 + h_0} \right)^{2/3} \\
 t_{\phi} &= \frac{0,067}{n} \cdot t_{\phi}^0 \\
 t_{Г} &= \frac{0,067}{n} \cdot t_{Г}^0
 \end{aligned} \right\} (2.59)$$

где $\eta_{Г}$, V_m , t_{ϕ} , $t_{Г}$ - высота гребня, максимальная скорость течения воды, время прихода фронта, время прихода гребня волны прорыва, распространяющейся по руслу произвольной формы; $\eta_{Г}^0$, V_m^0 , t_{ϕ}^0 , $t_{Г}^0$ - аналогичные параметры волны прорыва, распространяющейся по схематизированному прямоугольному руслу (данные табл.2.12.).

В этих соотношениях M – параметр, учитывающий форму русла, определяемый по формулам (2.50); n – коэффициент трения русла, см. табл. 2.8

Следует отметить, что строгий расчет параметров волны прорыва достаточно сложен. Например, для определения высоты гребня волны необходимо учитывать несколько коэффициентов, определяющих размеры прорыва, соотношение между напором воды на плотину H_0 и глубиной основного потока h_0 , между уклонами дна в

нижнем и верхнем бьефах (ниже и выше плотины), резкие сужения и расширения русла, повороты русла[22,37].

Распространение волны прорыва приводит к затоплению речной долины ниже плотины по течению реки как это было на реках Северного Кавказ в 2002 г.. Кроме того, волна прорыва обладает мощным поражающим действием.

Критическими параметрами, определяющими поражающее действие волны прорыва, являются глубина потока η_r и скорость течения V_m (табл. 2.12). Допускается некоторое отклонение значений η_r, V_m от данных, приведенных в этой таблице, при сохранении условия $\eta_r \cdot V_m^2 = Const$.

Таблица 2.12

Поражающее действие волны прорыва.

Сооружение	Степень поражения					
	Сильное разрушение		Среднее разрушение		Слабое Разрушение	
	$\eta_r, \text{ м}$	$V_m, \text{ м/с}$	$\eta_r, \text{ м}$	$V_m, \text{ м/с}$	$\eta_r, \text{ м}$	$V_m, \text{ м/с}$
Промышленные здания с тяжёлым металлическим каркасом.	7 – 8	3 – 4	6	3	3	1,5
Промышленные здания с легким металлическим каркасом.	5 – 6	2,5–3	3,5	2	2–2,5	1,5
Кирпичные здания (4 этажа и более)	5 – 6	3	4	2,5	2,5	1,5
Кирпичные здания (1-3 этажа)	4	2,5	3	2	2	1
Деревянные дома (1-2 этажа)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Сборные деревянные дома.	3	2	2,5	1,5	1	1

Необходимо отметить, что в табл.2.12 критерии безусловного поражения (полного разрушения) и безопасности зданий отсутствуют. В приближенных расчетах при отсутствии указанных данных за значение параметра определяющего нижнюю границу безусловного поражения сооружения, допустимо принять (с определенными оговорками) верхнее значение $\eta_r \cdot V_m^2$, при котором имеют место сильные разрушения. Одновременно за значение параметра, определяющего границу безопасности, допустимо принять нижнее значение $\eta_r \cdot V_m^2$, при котором имеют место слабые разрушения. Последующий расчет вероятности поражения сооружения проводится по формулам (1.15) – (1.19).

2.2.5. Нагонные наводнения.

Нагонные наводнения, как правило, наблюдаются при прохождении мощных циклонов.

Циклон - это гигантский атмосферный вихрь, рис. 2.9

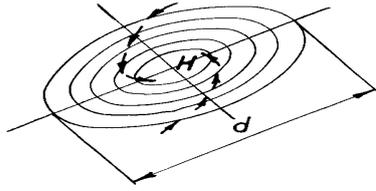


Рис. 2.9. Схема циклона.

Н-центр циклона, круговые линии-изобары, стрелки – направление ветра, d - диаметр циклона.

Диаметр циклона $d = 1000 - 2000$ км, высота 2 -10 км, давление в центре 950 - 960 мбар (атмосферное давление на уровне моря 1012 мбар), скорость перемещения до 30 - 45 км/час. Воздушные массы в циклоне движутся по спирали, закручивающейся к его центру против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном. Скорость ветра в циклоне может быть до 20 м/с, иногда до 30 м/с. Кинетическая энергия движущихся воздушных масс может достигать величины $4 \cdot 10^{17}$ Дж [11], что соответствует энергии взрыва примерно 100 ядерных зарядов мегатонного класса.

Разновидность циклона – тайфун. В переводе с китайского тайфун – очень сильный ветер; в Америке его называют ураганом. Он представляет собой атмосферный вихрь диаметром несколько сотен километров. Давление в центре тайфуна может достигать ~900 мбар. Сильное снижение давления в центре и относительно небольшие размеры приводят к образованию значительного градиента давления в радиальном направлении. Ветер в тайфуне достигает $30 \div 50$ м/с, иногда и более 50 м/с. Тангенциально дующие ветры обычно окружают спокойный участок, называемый глазом тайфуна. Он имеет диаметр $15 \div 25$ км, иногда до $\sim 50 \div 60$ км. По его границе образуется облачная стена, напоминающая стену вертикального кругового колодца. С тайфунами связаны особенно высокие нагонные наводнения [22,34].

При прохождении циклона по морю уровень воды в его центральной части повышается. Высота подъема, называемого барическим, составляет

$$\eta = \frac{P_0 - P}{\rho \cdot g}, \quad (2.60)$$

где P_0 - атмосферное давление на уровне мирового океана, Па;

P - давление в центре цикла, Па; ρ - плотность воды, кг/м^3 ; g - ускорение свободного падения.

В качестве примера определим барический подъем воды, если давление в центре циклона $P = 950$ мбар ($0,95 \cdot 10^5$ Па), давление за пределами циклона $P=1012$ мбар ($1,012 \cdot 10^5$ Па).

По формуле (2.60) вычисляем

$$\eta = \frac{1,012 \cdot 10^5 - 0,95 \cdot 10^5}{1000 \cdot 9,81} = 0,63 \text{ м}.$$

Как будто немного, но барический подъем уровня воды происходит на большой площади, измеряемой сотнями и тысячами квадратных километров. При смещении циклона этот подъем воды оседает, растекаясь во все стороны в виде так называемой длинной волны, длина которой в отдельных случаях достигает ~800 км. Будучи незаметной в открытом море, эта волна может стать опасной, когда центр циклона приближается к побережью и волна входит в заливы, бухты. При движении длинной

волны по сужающимся заливам и бухтам происходит повышение уровня воды, в несколько раз превышающее начальный барический подъем.

В заливах, бухтах аналогично, как в сосудах, жидкая среда имеет определенные величины периодов собственных колебаний. Обладающий большой энергией циклон и порожденная им длинная волна могут возбудить собственные колебания воды (сейши). При этом возможно наложение сейшевых колебаний на длинную волну, приводящее к увеличению (или уменьшению) подъема уровня воды.

В частном случае прямоугольного в плане водоема длиной a , шириной b , глубиной H_0 период сейшевых колебаний определяется по формуле Мериана (при $a > b \gg H_0$) [34-37]

$$T_n = \frac{2 \cdot a}{n \cdot \sqrt{g \cdot H_0}},$$

или

$$T_1 = \frac{2 \cdot a}{\sqrt{g \cdot H_0}}; T_2 = \frac{a}{\sqrt{g \cdot H_0}}; T_3 = \frac{2 \cdot a}{3 \cdot \sqrt{g \cdot H_0}};$$

(2.61)

где T_1, T_2, T_3 - периоды основного тона и двух обертонов, $c; n$ - номера главных форм колебаний; a - длина водохранилища, м.

Сейшевые колебания – это стоячие волны, рис 2.10

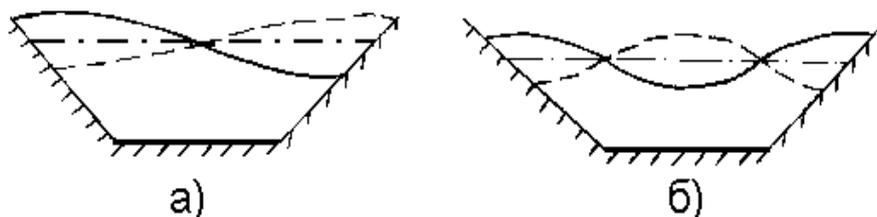


Рис 2.10 . Сейшевые колебания. а – одноузловые, б - двухузловые

Например, в Финском заливе наблюдались одно, двух, трёх и четырёхузловые сейши. Амплитуда сейшевых колебаний зависит от энергии возмущающего источника и размеров водоёма. Так в Азовском море наблюдались сейши с амплитудой 10-25 см и периодом около 23 часов, в Женевском озере – амплитудой до двух метров и периодом более одного часа.

Третье обстоятельство, влияющее на величину подъема уровня воды в заливах, бухтах, связано с ветровым нагоном воды.

Когда все перечисленные факторы действуют одновременно, уровень воды поднимается особенно высоко. На рис. 2.11 в качестве примера показано изменение

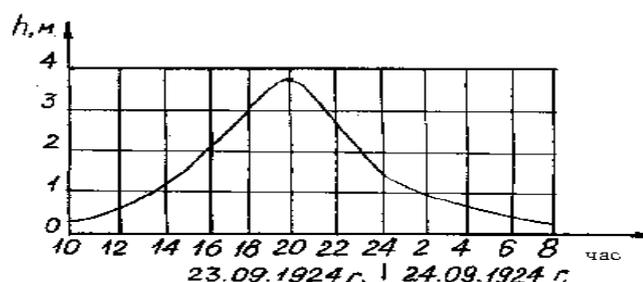


Рис. 2.11. Изменение уровня воды в р.Неве

уровня воды в р. Неве при наводнении 23.09.1924 г. [41]. Подъем уровня воды начался в 10 часов утра. Максимальный подъем уровня (3,8 м) наблюдался в 20 часов, после чего начался спад воды.

На рис. 2.12 показано положение поверхности Финского залива в это время.

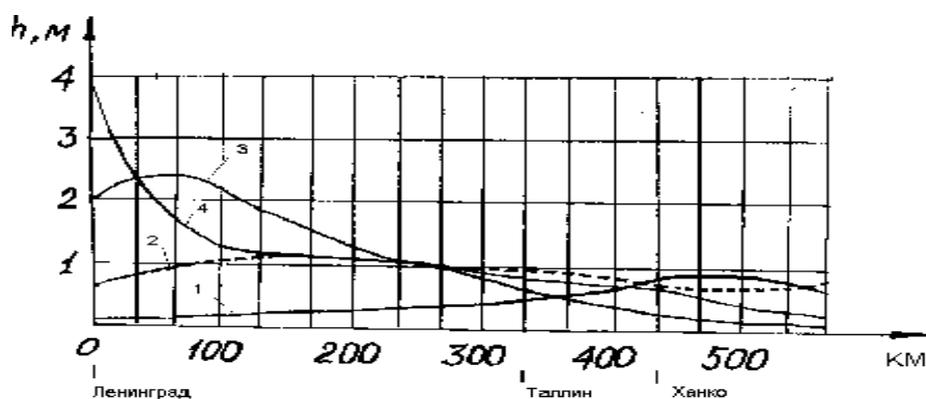


Рис. 2.12 Профили свободной поверхности Финского залива

На этом рисунке кривая 1 отвечает положению свободной поверхности на время 10 часов, кривая 2-на 13 часов, кривая 3-на 17 часов, кривая 4 -на 20 часов. Видно как по заливу движется длинная волна и как повышается уровень воды в восточной части залива. Волна сгенерирована мощным циклоном, проходящим через Балтийское море.

На основании многолетних наблюдений для оценки подъема воды в Санкт-Петербурге при нагонном наводнении установлена зависимость [41]

$$h_{л} = 2,5\eta_{т} + \Delta h, \quad (2.62)$$

где $h_{л}$ - высота подъема воды в Ленинграде; $\eta_{т}$ - высота волны в районе Таллинна; Δh - дополнительный подъем уровня воды, связанный с ветровым нагоном воды.

Значения Δh зависят от скорости ветра вдоль оси залива

$$V = 2 \cdot V_{T+3} - V_T, \quad (2.63)$$

где V_T - проекция скорости ветра на ось залива в момент максимального уровня воды в Таллинне; V_{T+3} - то же, спустя 3 часа, в районе островов Мощный и Гогланд (расстояние до Ленинграда ~140 км). Связь величин V и Δh показана в табл.2.13 [34]

Таблица 2.13

Значения ветрового нагона воды в р. Неве в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра V , м/с	0	10	15	20	25
Ветровая надбавка Δh , см	0	27	51	83	134

Формулами (2.62), (2.63) пользуются всякий раз, когда Санкт-Петербургу угрожает наводнение. По синоптическим картам, составляемым через каждые 3 часа, и регулярным измерениям уровня воды на берегах Балтийского моря и Финского залива СПб бюро погоды следит за движением циклона, стадиями его развития и продвижением длинной волны. Так как Таллинн расположен западнее С.Петербурга на

расстоянии ~330 км, уточненный прогноз о высоте наводнения выдается примерно за 5 - 6 часов до максимального подъема воды. В С.Петербурге при подъеме воды выше ординара на 2 м затопливается 20,4 км²; 3м - 122 км²; 4 м-167 км² [37].

2.2.6. Цунами и сели. На морском побережье наводнение может возникнуть в результате затопления прибрежной полосы цунами, а также поверхностными гравитационными волнами подводного ядерного взрыва.

Цунами образуются при извержениях подводных вулканов в океане и землетрясениях, когда происходит сдвиг вверх или вниз протяженных участков дна. Они наиболее характерны для бассейна Тихого океана. Считается, что места возникновения цунами находятся в районах известных впадин, таких как Алеутская, Курило - Камчатская, Тускарора (у Японии), Филиппинская, Атакама (у берегов Чили и Перу) и др. Цунами представляют собой волну (или серию волн) очень большой длины, достигающей порядка нескольких десятков километров, иногда до 100 - 200 км, и сравнительно небольшой высоты от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Отмечались цунами и большей высоты. Так при извержении в 1883 году вулкана Кракатау образовались волны цунами высотой более 30 м. Профиль цунами приведен на рис. 2.14.

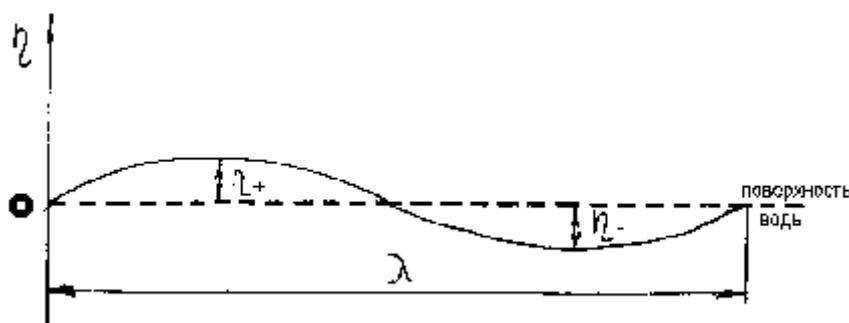


Рис. 2.14. Профиль цунами.

На этом рисунке обозначено: $\eta = \eta_+ + \eta_-$ высота волны, η_+ - высота гребня, η_- - глубина впадины, λ - длина волны.

Цунами распространяются на большие расстояния порядка нескольких тысяч километров. Волна в океане пологая.

Скорость распространения цунами определяется по формуле

$$N = \sqrt{g \cdot H_0}, \quad (2.64)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения, H_0 – глубина акватории, м, и может достигать до 300 м/с, то есть до $\approx 1000 \text{ км/час}$ (при $H_0 \approx 10000 \text{ м}$).

Цунами опасны у побережья. При уменьшении глубины акватории скорость распространения волны уменьшается; как следствие, уменьшается её длина и возрастает высота. При определении параметров волны на акватории переменной глубины (рис.2.15) все величины, рассчитываемые для точки с глубиной H^* , обозначаются индексом (*), а соответствующие величины на глубоководной акватории глубиной H_0 - индексом (0).

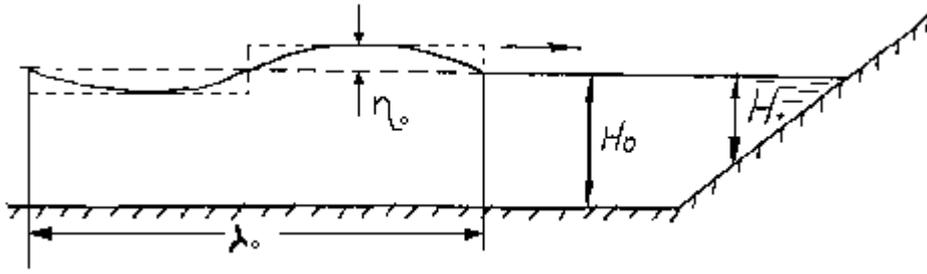


Рис. 2.15. Выход волны на мелководье.

Для определения высоты волны при ее выходе на мелководье, рассмотрим по аналогии с [12] потенциальную энергию массы воды в гребне высотой $h_0 = \eta_+$ единичной толщины. Если бы гребень имел прямоугольную форму, изображенную на рис 41 пунктиром, то искомая энергия составляла бы значение

$$E = mg \frac{h_0}{2} = \left(\rho h_0 \frac{\lambda_0}{2} \right) g \frac{h_0}{2} = \frac{1}{4} \rho g h_0^2 \lambda_0, \quad (2.65),$$

где m – масса воды, ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения. В реальных условиях гребень волны имеет форму, близкую к синусоидальной. Поэтому вместо соотношения (2.27) следует записать

$$E = \frac{1}{4} \alpha \rho g h_0^2 \lambda_0, \quad (2.66),$$

где величина $0 < \alpha < 1$. При перемещении волны с относительно глубокого места (где параметры гребня h_0 и $\lambda_0/2$) на более мелкое, высота и длина гребня изменятся и составят h_* и $\lambda_*/2$. Если при таком перемещении волны значение энергии E не изменится, то имеет место соотношение

$$h_0^2 \lambda_0 = h_*^2 \lambda_*. \quad (2.67).$$

Учитывая, что величина $\lambda = cT = \sqrt{gH} \cdot T$, где c – скорость распространения волны, T – ее период, H – глубина акватории, можно получить

$$h_* = h_0 \sqrt[4]{\frac{H_0}{H_*}} \quad (2.68).$$

Это соотношение известно как формула Эри- Грина [4].

Длина волны на мелководье

$$\lambda_* = \lambda_0 \sqrt{\frac{H_*}{H_0}} \quad (2.69).$$

С дальнейшим уменьшением глубины акватории, когда высота гребня волны $\eta_+ = (0,5 \div 0,6)\eta$ становится примерно равной глубине H_* , происходит ее обрушение,

то есть преобразование волны в стремительно движущийся поток высотой h_{Π} с крутым фронтом. Данную глубину обозначают $H_{кр}$, при этом $h_{\Pi} = H_{кр}$. Если расстояние от этой точки до берега меньше $\frac{1}{4} \times \lambda_{кр}$, где $\lambda_{кр}$ - длина волны при $H_{кр}$, что нередко бывает в реальных условиях, то образовавшийся гидропоток движется к берегу, практически не меняя своей высоты. Вся эта бушующая масса воды врывается на берег и продвигается по нему, пока не достигнет высоты, которую имел поток при подходе к берегу, а нередко по инерции заплескивает и дальше [34].

Скорость потока V_{Π} м/с, при подходе к берегу оценивается по соотношению

$$V_{\Pi} = \alpha \sqrt{gh_{\Pi}}, \quad (2.70),$$

где коэффициент $\alpha = 1.7 \div 1.8$.

Высота h , m , и массовая скорость воды V , м/с, при движении по берегу пропорциональны

$$h \propto h_{\Pi} \left(1 - \frac{l}{L}\right); \quad V \propto V_{\Pi} \sqrt{\left(1 - \frac{l}{L}\right)} \quad (2.71),$$

где l - расстояние от уреза воды, L - наибольшая дальность выкатывания потока.

Например, при высоте потока $h=10$ м и уклоне берега $i=0,001$ дальность выкатывания потока $L=9$ км, при $i=0,005$ значение $L=1,9$ км, при $i=0,01$ значение $L=1$ км.

Опасность цунами увеличивается при входе волны в бухты, сужающиеся заливы. Высота цунами при этом дополнительно увеличивается [3].

$$h_* = h_0 \times \sqrt[4]{\frac{H_0}{H_*}} \times \sqrt{\frac{B_0}{B_*}}, \quad (2.72),$$

где B_0 - ширина бухты, залива на входе, B_* - аналогичная ширина в заданном створе, а величины η_* , η_0 , H_* , H_0 имеют тот же смысл, что и в формуле (2.30). И если у побережья высота цунами достигает нередко 10 м, то в неблагоприятных по рельефу участках (клинообразных сужениях бухт с крутыми берегами) до 30 м [34,37].

К катастрофическим цунами XX века следует отнести цунами в районе о. Хонсю от подводного землетрясения 1933 г. Первые волны подошли к побережью примерно через полчаса после землетрясения. Периоды волн составляли в среднем 10 – 20 минут. На побережье волны достигали высоты 10 - 22 м. В одном из ущелий, по которому протекала река, высота подъёма уровня составила 28,7 м. Цунами распространились по акватории Тихого океана. Отразившись от берегов Америки, они вернулись обратно, при этом за 47 часов дважды пересекли океан.

Волны цунами, возникшие при землетрясении в Чили 21 и 22 мая 1960 г, достигали высоты 20 м и произвели опустошительные разрушения на побережье Чили и на многих островах у побережья. На некоторых островах в живых не осталось ни одного человека [35].

В нашей стране действию цунами подвержено Дальневосточное побережье и особенно Камчатка и Курильские острова.

Сели. Сель (от арабского “сайль” – бурный поток) – грязевые или грязекаменные потоки, внезапно возникающие в руслах горных рек при больших уклонах дна в результате интенсивных и продолжительных ливней, бурного таяния ледников и снежного покрова, а также при обрушении в русло больших количеств рыхлообломочных материалов. По составу селевой массы различают сели: грязевые, грязекаменные, водокаменные, а по физическим свойствам – несвязные и связные. В несвязных селях транспортирующая среда для твердых включений – это вода, а в связных – водогрунтовая смесь, в которой основная масса воды связана тонкодисперсными частицами. Содержание твердого материала (продуктов разрушения горных пород) в селевом потоке может составлять от 10% до 75% [1-6].

В отличие от обычных водных потоков сели движутся, как правило, не непрерывно, а отдельными валами(волнами), что обусловлено их механизмом формирования и заторным характером движения – образованием в сужениях и на поворотах русла скоплений твердого материала с последующим их прорывом. Сели движутся со скоростью до 10 м/с и более. Мощность (высота) селевого потока может достигать до 30 м. Объем выносов составляет сотни тысяч, иногда миллионы м³, а крупность переносимых обломков до 3..4 м в поперечнике при массе до 100..200 тонн.

Обладая большой массой и скоростью движения, сели разрушают промышленные и жилые здания, инженерные сооружения, дороги, линии электропередач и связи.

Для оценки последствий воздействия селевого потока на конкретное здание, сооружение необходимо знать величину давления P на их стены. Давление P определяется гидростатическим давлением, скоростным напором потока и геометрией объекта.

При действии селевого потока на поверхность объекта, перпендикулярную направлению потока, давление P , Па, в точке на глубине h определяется по формуле [34]

$$P = P_c + P_d \quad (2.73),$$

где $P_c = \rho gh$ - гидростатическое давление; $P_d = \frac{1}{2} C \rho V^2$ - динамическое давление (скоростной напор).

В этих соотношениях: ρ - плотность селевого потока, кг/м³; h – глубина точки наблюдения, м; $g=9.81$ м/с² - ускорение свободного падения; C - коэффициент взаимодействия. Для случая действия селевого потока по нормали к поверхности объекта допускается принимать $C \approx 1$; если поверхность расположена под углом α к направлению движения потока, коэффициент $C = \sin^2 \alpha$.

Нагрузка на поверхность от давления селевого потока находится по соотношению

$$\bar{P} = S(P_{cp} + P_d) = \frac{1}{2} S \rho (gH + CV^2), \quad (2.74),$$

где S – нагружаемая площадь поверхности объекта, м²; H - глубина потока, м; $P_{cp} = \frac{1}{2} \rho gH$ - среднее гидростатическое давление по нагружаемой поверхности объекта, Па.

2.2.7. Защитные мероприятия от наводнений. В результате подъема воды при наводнениях происходит затопление территорий с расположенными на них населенными пунктами, объектами промышленности, энергетики, транспорта, связи, сельского хозяйства, другими элементами инфраструктуры. Кроме того, происходит подтопление различных сооружений по различного рода каналам (канализация, ливневые стоки, канавы, траншеи), а также из-за увеличения подпора грунтовых вод. Затопление и подтопление наносят большой ущерб экономике. При наводнении повреждаются или разрушаются здания, сооружения, различные коммуникации, мосты, дамбы, дороги, утрачиваются материальные и культурные ценности и личное имущество граждан, гибнет урожай, смываются почвы и т. д. Наконец, наводнение часто сопровождается гибелью людей и животных.

Затопление и длительное стояние воды может вызвать различные вторичные последствия: замыкание электрических сетей и возгорание объектов, вымывание и перенос из поврежденных хранилищ радиоактивных и вредных химических веществ и заражение ими обширных территорий.

Материальный ущерб при наводнении может быть существенно уменьшен, а человеческие потери предотвращены или уменьшены путем проведения специальных инженерных мероприятий, а также созданием системы оповещения и защиты, подготовкой сил и средств для ведения работ по локализации наводнения, экстренной эвакуации, поиску и спасению людей, животных, материальных и культурных ценностей.

Важное значение для проведения предупредительных мер и подготовки условий для организации и проведения всех видов спасательных и других работ при наводнении имеет своевременный гидрометеорологический прогноз. Существующая в нашей стране система прогнозов включает: долгосрочные - более трех месяцев до наводнения, среднесрочные - от 10 - 12 суток до 2 - 3 месяцев, краткосрочные - до 10 - 12 суток.

В настоящее время накоплен большой фактический материал, разработан целый ряд методик по прогнозированию наводнений различных типов. Работы в этом направлении продолжаются.

Основой для организации превентивных и оперативных мероприятий по защите от наводнений являются карты затопления различных территорий и объектов, на которые нанесены контуры площадей, затапливаемых при нескольких возможных уровнях воды, превышающих критический уровень. Эффективным способом защиты от наводнений является строительство гидротехнических сооружений: плотин, дамб, водохранилищ и прудов, обводных каналов, укрепление берегов.

В селеопасных районах для защиты от селей строятся противоселевые плотины, проводится профилактический спуск угрожающих прорывом водоемов, особое внимание обращается на закрепление и развитие растительного покрова на горных склонах.

Наиболее опасны наводнения прорыва при разрушении плотин водохранилищ на реках и наводнения в прибрежной полосе, которые создаются цунами.

Для оповещения о наводнении прорыва создается система автоматической сигнализации, включающая специальные датчики, устанавливаемые как на плотине, так и в нижнем бьефе на некотором удалении от плотины; каналы связи, по которым данные о катастрофе передаются в систему оповещения Гражданской обороны и другим заинтересованным организациям.

Служба оповещения о цунами в нашей стране создана в 1956 году. Она включает в себя три станции: Петропавловск-Камчатский, Курильск, Южно-Сахалинск. Станции ведут сейсмонаблюдения, анализируют и прогнозируют цунами. Станции могут предсказать факт возникновения цунами, примерное время подхода волны и оповестить население об опасности. Служба предупреждения о цунами входит в Международную службу с центром в Гонолулу (Гавайские острова). Для повышения эффективности прогнозов и оповещения создается Единая автоматизированная система в составе Гос. Гидромета по наблюдению за цунами и передаче информации в систему оповещения МЧС и Гражданской обороны. Наиболее эффективный способ защиты - своевременная эвакуация людей за пределы затопляемой территории, выход судов в открытое море, заблаговременное проведение защитных инженерных мероприятий.

2.2.8. Опасные атмосферные явления. Катастрофические явления в атмосфере вызываемыми сильными ветрами, значительными перепадами давления и большими количествами осадков являются причинами разрушений и гибели людей. Так, от ураганных ветров небывалой силы и гигантских волн, обрушившихся в ноябре 1970 г. на прибрежные районы Бангладеш, пострадало в общей сложности около 10 млн. человек, в том числе примерно от 0,27 до 0,5 млн. человек погибли или пропали без вести. Материальный ущерб от урагана «Эндрю» во Флориде/США/ в 1992 г. составил 26 млрд. долларов. Для сравнения «Великий ураган» пронёсшийся в ноябре 1780 г. над островами Мартиника и Барбадос унёс 22000 жизней. То есть в местах плотного заселения людей и сильно развитой инфраструктуры число жертв и материальный ущерб при таких метеорологических катастрофах может быть особенно велик[22,38-46].

Большинство опасных атмосферных явлений представлено разными формами вихрей: торнадо (смерчи), тайфуны, циклоны. Порядок величины кинетической энергии, заключенной в таких атмосферных явлениях, приведен в табл. 2.14

Таблица 2.14

Энергия атмосферных вихрей

Атмосферное явление	Кинетическая энергия, Дж
Циклон	$4 \cdot 10^{17}$
Тайфун (тропический циклон)	$4 \cdot 10^{16}$
Торнадо	$4 \cdot 10^{10}$

Из таблицы видно, что энергия тайфунов и циклонов примерно в 10 и 100 раз соответственно превышает энергию $E=4,2 \cdot 10^{15}$ Дж, выделяющуюся при ядерном взрыве мощностью $q=10^6$ тонн тротила.

К опасным атмосферным явлениям относятся также пыльные и песчаные бури, возникающие при сильных ветрах в засушливое время в степных, полупустынных и пустынных районах/в Сахаре, на Аравийском полуострове/, а также гроззовые электрические разряды – молнии.

Например, во время песчаной бури на юге Украины в апреле 1928 г., названной “черной” бурей, облака пыли охватили пространство более 1 млн. км². Сельскому хозяйству региона был нанесен значительный ущерб.

Ущерб, наносимый молниями, связан с сильными электрическими разрядами. При этом могут быть поражены люди, могут возникнуть пожары в зданиях, других сооружениях, в лесу.

Наконец, в связи с интенсивным выбросом в последнее время в атмосферу промышленных газов связывают такие явления, как парниковый эффект атмосферы, возможное потепление климата и, как следствие, возможность глобальной экологической катастрофы..

Формирование опасных атмосферных явлений связано со слоем воздушной оболочки Земли, прилегающим к ее поверхности (тропосферой). Общая циркуляция атмосферы/ОЦА/ создается под влиянием неодинакового радиационного баланса/связанного с солнечной инсоляцией/ над разными широтными зонами суши и моря. Усложнение механизма ОЦА является результатом действия сил трения, вращения Земли и, в частности, силы Кориолиса .

$$\dot{W}_k = 2(\omega \times \dot{W}_r) = 2\omega \dot{W}_r \cdot \sin \varphi -$$

Кориолисово ускорение, обусловленное совместным действием двух движений (вращением шара и движением точки по дуге окружности АВ). Сила Кориолиса, обусловленная вращением Земли вокруг своей оси, проявляется в северном полушарии в отклонении к востоку от меридионального направления южного ветра.

При движении точки по меридиану вращающегося шара Кориолисова сила максимальна на его полюсах и равна нулю в точках на экваторе.

Действием силы Кориолиса, возникающей вследствие вращения Земли вокруг своей оси, объясняется так называемый закон Бэра, то - есть размывание правых берегов рек в северном полушарии и, наоборот, левых берегов рек в южном полушарии, текущих в направлении меридиана [46].

При движении точки по параллели, то – есть по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной к оси вращения Земли, сила Кориолиса направлена по радиусу этой окружности к ее центру, если точка движения в западном направлении, и по радиусу от центра окружности, если точка движения в восточном направлении. При этом точка будет прижиматься к земной поверхности, если движется на запад, и, наоборот, отдаляться от нее, если движется на восток [46].

Специфические атмосферные явления связаны с образованием центров низкого и высокого давления вследствие нагревания земной (водной) поверхности. Перепады давления в горизонтальном направлении совместно с действием силы Кориолиса приводят к образованию сложных воздушных течений. Так, например, образование центра низкого давления приводит к формированию сходящегося к этому центру движения воздуха. Сила Кориолиса, действующая одновременно на обе противоположно направленные (сходящие) меридиональные составляющие течения воздуха приводит к возникновению вращающего момента относительно рассматриваемого центра давления.

При качественном описании этих течений можно пренебречь вертикальными ускорениями (в том числе и обусловленными движением воздушных потоков по параллели) и силами трениями – такие течения называются геострофическими [46].

Сила Кориолиса, действующая на единичный объем воздуха и направленная по нормали к вектору скорости ветра V , определяется по соотношению

$$F_1 = 2\rho\omega V \sin \varphi, \quad (2.75),$$

где φ - широта места; ω - угловая скорость вращения Земли; ρ - плотность воздуха.

Вторая сила F_2 , влияющая на геострофическое течение, связана с горизонтальным градиентом давления, действует нормально к изобарам. Обозначив этот градиент через $\partial p / \partial n$, можно получить

$$F_2 = \frac{\partial p}{\partial n}. \quad (2.76)$$

В стационарном геострофическом потоке F_1 равно F_2 . Поэтому геострофический ветер направлен вдоль изобар со скоростью

$$V = \frac{1}{2\rho\omega \sin \varphi} \cdot \frac{\partial p}{\partial n}. \quad (2.77)$$

Таким образом, при наличии центров низкого и высокого давления с окружающими их замкнутыми изобарами, вокруг этих центров образуются круговые потоки. Они представлены вихрями различных размеров. Трение, имеющее место в реальном потоке, снижает скорость ветра, вследствие чего уменьшается и сила Кориолиса. В связи с этим в вихре, вращающемся вокруг центра низкого давления, воздух смещается к центру, при этом скорость ветра увеличивается вследствие постоянного углового момента.

Кроме того, из соотношения (2.77) следует, что скорость ветра в вихре прямо пропорциональна величине градиента давления $\partial p / \partial n$ и обратно пропорциональна широте места, то – есть при движении вихря из зоны низких широт в зону высоких широт он постепенно ослабевает и расстраивается.

Рассмотрим особенности крупных атмосферных вихрей. Самый крупный атмосферный вихрь – это циклон. Диаметр циклона 1000÷2000 км, высота 2÷10 км, давление в центре 950÷960 мбар, иногда 930 мбар (атмосферное давление на уровне моря 1012 мбар), средняя скорость его перемещения 30÷45 км/час. Воздушные массы в циклоне движутся по спирали, закручивающейся к его центру (против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном), где они поднимаются вверх, порождая сильную облачность. Поэтому с приходом циклона, как правило, связывают выпадение осадков. Скорость ветра в циклоне обычно не превышает 20 м/с (иногда 30 м/с).

Тайфун – это разновидность циклона, так называемый тропический циклон. В переводе с китайского тайфун – очень сильный ветер; в Америке его называют ураганом. Тайфуны обычно зарождаются в низких широтах субтропических областей и перемещаются в направлении от низких к более высоким широтам. Они представляют собой атмосферные вихри диаметром несколько сот километров. Давление в центре может составлять ~900 мбар, иногда еще меньше. Сильное снижение давления в центре и небольшие размеры по сравнению с обычным циклоном приводят к образованию значительного градиента давления в радиальном направлении. Поэтому ветер в тайфуне достигает 30÷50 м/с; максимальная скорость 64 м/с была зафиксирована в сентябре 1928 г. в городе Сан - Хуане, (Пуэрто-Рико) [1-6]. Тангенциально дующие ветры обычно окружают спокойную зону, называемую глазом тайфуна. Она имеет в среднем 25 км в диаметре, иногда 50÷60 км. По ее границе образуются облачная стена, напоминающая стену вертикального кругового колодца [44-46].

При прохождении тайфуна по морю уровень воды в зоне глаза тайфуна (и за ее пределами) поднимается. Согласно соотношению (5.22) высота подъема при $p \sim 900$ мбар может превышать один метр. Это уже существенно. Ведь барический подъем воды происходит сразу на большой площади, измеряемой сотнями и тысячами квадратных километров. Подъем воды становится особо опасным, когда глаз тайфуна выходит на мелководное побережье (особенно в сужающиеся, бухты) и формируется штормовой прилив и крупные штормовые волны. Их высота может достигать 20÷25 м. Волны существенно увеличивают силу штормового прилива. В результате этот прилив оказывается для жителей побережья не менее грозным явлением природы, чем цунами [12]. Сильные дожди, сопровождающие тайфуны, могут вызвать на суше катастрофический паводок. Выпадение 500 мм приблизительно за полдня не является редким исключением. В результате сильного ливня во время урагана Агнесса в июне 1972 г. на горе Митчелл (штат Северная Каролина, США) выпало 2530 мм осадков менее чем за 48 часов.

Известна легенда о Всемирном потопе. Согласно одной из гипотез описание потопы в Библии является пересказом шумеро-вавилонского предания об исключительно сильном наводнении, случившемся в давние времена в нижнем течении реки Евфрат и затопившем почти всю Месопотамскую низменность. Причиной его предполагается небывало мощный тайфун в Персидском заливе, который вызвал обильные дожди и нагнал огромные массы воды в устье и долину реки Евфрат [12]. Таким образом, тайфуны – это всегда ураганные ветры, наводнения, разрушения и человеческие жертвы.

Торнадо (или смерч) – вихревое движение воздуха, возникающее в грозовом облаке, имеющее вид опрокинутой воронки, и затем распространяющееся по направлению к поверхности земли (воды) в виде хобота, разреженного внутри [11]. Торнадо по своим масштабам относится к небольшим явлениям. Они редко превышают 1,5 км в диаметре; многие имеют диаметр менее 100 м. Средняя скорость их перемещения ~ 70 км/час, иногда ~ 100 км/час. Хобот приближенно можно представить в виде вихревой трубки. Скорость воздуха в стенке трубки достигает 100÷150 м/с (и даже больше). Отмечалась разность в давлении до 80 мбар внутри и вне хобота. Разрушения при прохождении торнадо вызываются большой скоростью ветра и резким перепадом давления, так как толщина стенки хобота невелика. Торнадо вырывает с корнями деревья, опрокидывает автомобили, поезда, корабли, поднимает в воздух или опрокидывает дома, сбрасывает с них крыши или полностью разрушает. Переносит в сторону, иногда на несколько километров, различные предметы, животных. По пути движения он всасывает в себя воду небольших озер, водоемов вместе с населяющими их флорой, фауной, которая переносится затем на большие расстояния и выпадает на землю вместе с дождем.

2.2.9. Интенсивность ветров. Оценка воздействия ветра на различные объекты. Градация скорости ветра, показывающая условия его перехода в грозное стихийное явление, до 1946 г. давалась по 12-ти бальной шкале, предложенной в 1806 г. английским адмиралом Бофортом. Позднее она была расширена. Для последнего 12 балла (ураган) введено шесть утоняющих подразделений, табл. 2.15 [1-6].

С учетом данных табл. 2.15 также дополнительных материалов в литературе [1-6, 22, 42-45] даются следующие оценки по воздействию ветра на различные сооружения, табл. 2.16

Таблица 2.15

Градация ветров в зависимости от скорости воздушного потока

Балл	Ветер	Скорость V, м/с	Действие ветра
1	2	3	4
0	Штиль	0	Полное отсутствие ветра. Дым из труб поднимается вертикально.
1	Тихий	0,9	Дым слегка отклоняется.
2	Легкий	2,4	Движение ветра ощущается лицом. Шелест листьев
3	Слабый	4,4	Колеблются тонкие ветки. Развеваются флаги. Начинается легкий перенос снега по поверхности снежного покрова.
4	Умеренный	6,7	Поднимается пыль. Колеблются небольшие сучья. Снегопад переходит в метель.
5	Свежий	9,3	Колеблются средней толщины сучья. Дым срывается при выходе из труб. На воде появляются волны.
6	Сильный	12,3	Качаются большие сучья, раскачиваются тонкие стволы деревьев. Гудят провода. Шум ветра слышен в домах. На море удлиненные волны, белые барашки.
7	Крепкий	15,5	Качаются стволы деревьев. Идти против ветра трудно. На море поднимаются пенящиеся волны.
8	Очень крепкий	18,9	Ломаются ветви деревьев. Идти против ветра очень трудно. Волны на море высокие и длинные. Взлетают брызги.
9	Шторм (буря)	22,6	Немного разрушаются здания. Деревья изгибаются, ломаются ветви. Срывается черепица с крыш. Волны на море высокие. Гребни волн опрокидываются и рассыпаются.
10	Сильный шторм	26,4	Значительно разрушаются здания. Деревья ломаются и вырываются с корнем. Волны очень высокие и покрыты белой пеной. Плохая видимость.
11	Жестокий шторм	30,5	Здания сильно разрушаются. Срываются крыши. Волны на море столь высоки, что скрывают суда среднего размера; края волн сдуваются в пену.
12	Ураган	34,8	Опустошительные разрушения. Разрушаются деревянные здания. На море очень высокие волны. Море покрыто полосами пены. Видимость плохая.
13	Сильный -	39,2	Опустошительные разрушения
14	То же	43,8	Разрушаются каменные сооружения и металлические мосты.
15	То же	48,6	То же
16	То же	53,5	То же
17	То же	58,6	То же

Воздействие ветра на сооружения

Степень разрушения сооружения	Скорость ветра, м/с
Повреждение	20,8...28,5
Слабое разрушение	32,7...39,2
Среднее разрушение	43,8...48,6
Сильное разрушение	53,5...58,6
Полное разрушение	65...330

К недостаткам этой таблицы следует отнести отсутствие дифференциации данных по типам зданий, сооружений. Тем не менее, используя данные таблицы и принимая в качестве критериев поражения сооружений давление скоростного напора ветра, определяемое по формуле (6.5), по формулам (2,15) - (2,19) можно оценить вероятность поражения того или иного сооружения.

Важное значение для проведения эффективных предупредительных мер имеет своевременный и достоверный метеорологический прогноз. Существующая система прогнозов, как и при прогнозах наводнений, включает в себя краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный прогнозы.

Краткосрочный и среднесрочный прогнозы основываются на наблюдениях за погодой, которые проводятся с помощью широкой сети стационарных метеостанций, самолетов, кораблей, а также искусственных спутников Земли. На основании полученных данных составляются синоптические карты. Прогноз погоды широко оповещается в средствах массовой информации: печати, радио, телевидении.

Долгосрочный прогноз основывается на многолетних наблюдениях за погодой в определенном районе с учетом данных наблюдений в других районах, а также на результатах численного моделирования погоды и климата. На базе полученных данных выясняются закономерности погодных и климатических изменений, закономерности движения атмосферных вихрей, оцениваются риск ураганных ветров. В соответствии с долгосрочным прогнозом территория нашей страны по расчетным нормативным скоростным напорам ветра, (см. табл. 30) делится на семь районов (СНИП 11-А-6-74) : районы I и II – центральная область, север и северо-восток Европейской части страны, западная и центральная части Сибири; район III – побережье Рижского и Финского заливов, Карпаты и Прикарпатье, юг Европейской части страны, Закавказье, Казахстан, район г. Норильска, Биробиджан; район IV – побережье Балтийского моря, восточное побережье Каспийского моря, район г. Караганды, Северный Урал, район Обской губы, побережье нижнего течения р. Лены; район V – северное побережье Кольского полуострова, побережье вблизи г. Новосибирска, Махачкалы, Дербента, Баку, Прикавказье (г. Ставрополь), полуостров Ямал, район г. Кокчетавы, побережье Охотского моря, Приморский край; район VI – полуостров Таймыр, устье р. Лены, побережье Карского моря; район VII – Земля Франца Иосифа, остров Новая Земля, побережье залива Шелихова (Охотское море) и Берингова моря, восточный берег и юг Камчатки, юг и север острова Сахалин, северо-западное побережье Японского моря.

Таблица 2.17.

Нормативный скоростной напор ветра для разных географических районов

Скорость ветра. Скоростной напор.	Географические районы						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
V $V, \text{ м/с}$	21	24	27	30	34	37	40
$P = \frac{1}{2} \rho V^2, \text{ Па}$	270	350	450	550	700	850	1000

Нормативный скоростной напор необходимо учитывать в гражданском и промышленном строительстве. Здания должны быть рассчитаны и построены так, чтобы они были устойчивыми по отношению к возможным ветрам.

Защита населения от ураганных ветров включает в себя укрытие в существующих защитных сооружениях: убежищах, подвальных помещениях, погребах, подпольях. При тайфунах в связи с возможностью штормовых приливов, крупных штормовых волн и наводнений основным способом защиты населения часто является его эвакуация из прибрежных районов.

2.2.10. Пыльные бури. Снежные метели. Парниковый эффект Пыльная буря – сильный продолжительный ветер, несущий в виде аэрозолей взвеси большого количество пыли, песка. Пыльные бури возникают обычно в теплое время года (весной, летом, осенью) в пустынях, полупустынях и распаханных степях при пересыхании почвы, в условиях слабого развития растительности или ее отсутствия. При пересыхании и иссушении почвы происходит ее растрескивание с образованием большого числа мелких и мельчайших частиц пыли размером $10^{-1} \dots 10^{-4}$ мм. Могут быть и более крупные частицы. Перенос пыли начинается уже при скорости ветра 4...5 м/с и усиливается с возрастанием скорости воздушного потока. Перенос пыли, песка происходит преимущественно в нижних слоях атмосферы, хотя мельчайшие пылинки могут подниматься до высоты 5...7 км. Пыльная буря развивается при скорости ветра ~20 м/с. Такой ветер в условиях засушливой погоды может снести поверхностный культурный слой почвы (нередко вместе с посевами) на значительной территории, перенести миллионы тонн пыли на расстояние до нескольких сотен и тысяч километров. Пыльные бури наносят огромные убытки сельскому хозяйству, уничтожая плодородный поверхностный слой почвы в одних районах и засыпая посевы в других, вызывая песчаные заносы на железнодорожных путях, образуя песчаные и пылевые отложения на шоссейных дорогах, улицах городов и поселков.

При скорости ветра 20...30 м/с и влажности воздуха 10%...15% наблюдаются “черные бури”, несущие еще большее количество пыли, в связи с чем прозрачность воздуха резко уменьшается. При этом дальность видимости составляет менее 50...100 м, а дневная освещенность ослабевает настолько, что приходится зажигать свет. Как отмечалось в выше черная буря на юге Украины в 1928 г. захватила территорию свыше 1 млн. км². Ветер поднял в воздух более 15 млн. тонн чернозема; высота пыльных облаков достигала 700...800 м. Эта масса пыли была перенесена на запад и осела в Прикарпатье и Румынии, а толщина черноземного слоя в пострадавших районах Украины уменьшилась примерно на 10 см [44].

Возникновению пыльных бурь способствует отсутствие растительности на больших площадях/пустни Сахары, Гоби, Аравийского полуострова/, бесструктурность и рыхлость почв, нерациональная распашка земель. Пыльные бури наблюдаются в США, Китае, Египте, СНГ (на юге Украины, в равнинных районах Казахстана и Средней Азии) и некоторых других странах.

Борьба с пыльными бурями проводится с помощью лесонасаждений и лесозащитных полос, закрепления песков растительностью, снего- и водозадержания и агротехнических мероприятий.

Вместе с зимой приходят снежные метели. Они оставляют после себя засыпанные снегом дороги, перегороженные сугробами улицы, поваленные столбы. Сильные ветры могут полностью снести снежный покров с полей, тем самым, обрекая их на вымерзание.

Характер и развитие метели зависят от скорости ветра, структуры снежного покрова [44].

При скорости ветра 6...8 м/с над поверхностью снега появляются тонкие непрерывно меняющиеся снежные струйки. Их высота до 20...30 см. Это поземок – самая слабая метель.

При скорости ветра 10..15 м/с снег поднимается до высоты в несколько метров – начинается так называемая низовая метель. При скорости ветра ~20 м/с и более снежные массы поднимаются до высот, измеряемых десятками метров. Следует отметить, что низовая метель развивается в отсутствие снегопада. Можно указать несколько районов на территории нашей страны, где низовые метели наблюдаются, довольно часто и достигают большой силы – степи Поволжья, Западная и Восточная Сибирь, север Казахстана. Особенно сильные низовые метели свирепствуют (и притом почти круглый год) в Антарктиде, где скорость ветра достигает 60 м/с и более.

Кроме скорости ветра на формирование низовой метели определенное влияние оказывает состояние снежного покрова. Нужно, чтобы поверхностный слой был относительно сухим и не слишком уплотненным (ветру трудно поднимать в воздух мокрый снег, разрушать плотную поверхностную корку). Эти условия чаще всего и выполняются в названных районах с их относительно сухим континентальным климатом, с холодными зимами, с редкими зимними оттепелями.

Особенно сильные снежные заносы образуются во время общей метели, когда одновременно имеют место и сильный ветер и сильный снегопад. В этом случае в приземных слоях воздуха перемещается снег, падающий сверху, и снег поднятый ветром с поверхности земли. Сильные снегопады, как правило, происходят при повышенной влажности воздуха. Общие метели характерны для приморских районов. Они наблюдаются на побережьях США, Канады, с ними знакомы жители нашего Дальнего Востока, Сахалина, Камчатки. Большие массы выпадающего при таких метелях снега представляют опасность для транспорта, систем связи и даже зданий (могут не выдержать крыши).

Парниковый эффект и потепление климата.. Парниковый эффект – связан с свойством атмосферы поглощать солнечную радиацию и задерживать тепловое излучение Земли[38-46].

Лучистый перенос тепла в атмосфере осуществляется видимым и инфракрасным излучением. Молекулы основных газов, образующих постоянную составную часть атмосферы (азота, кислорода, аргона) практически не поглощают этих видов излучения. Поглощательные свойства атмосферы определяются ее переменной частью: водяным

паром, углекислым газом, озоном, а также взвешенными в воздухе каплями воды и кристаллами льда. Молекулы газов, образующих переменную часть атмосферы, слабо поглощают коротковолновое солнечное излучение, которое затем почти полностью поглощается земной поверхностью, так как альбедо, то есть отражающая способность этой поверхности, в общем мало. Нагреваясь за счет поглощения солнечной радиации, земная поверхность становится источником земного, в основном, длинноволнового излучения, которое поглощается и одновременно излучается переменной частью атмосферы. Часть излучения, направленная к Земле, создает противоизлучение атмосферы. Оно является основной причиной обогревающего действия атмосферы. Даже в ясные ночи противоизлучение атмосферы составляет более 70% величины излучения земной поверхности, а в пасмурные ночи оно достигает 100%. Дневное противоизлучение подобно ночному. Противоизлучение уменьшает потери лучистого тепла Земли в среднем до 80%, в результате потери составляют не более 20% излучения Земли. Установлено, что если бы наша планета была лишена атмосферы, то при прочих равных условиях средняя температура ее поверхности составляла бы минус 3°. В действительности температура $t_{cp} \approx +15^\circ$. Таким образом парниковый эффект повышает температуру на Земле [38,46].

В последние десятилетия индустриальная деятельность человека привела к возрастанию содержащегося в воздушной среде углекислого газа, промышленных газов и аэрозольных примесей. Это влияет на поглощение радиации в атмосфере и тем самым на температуру воздуха. Изменения температуры уже заметны в больших городах. В масштабе планеты они еще незначительны, хотя отдельные нарушения климатических процессов уже наблюдаются: экстремальные осадки в Западной Европе и ураганные ветры, теплые и влажные аномалии на Дальнем Востоке и др. В ближайшем будущем можно ожидать их значительное возрастание. По выводам М.И. Будыко даже небольшое повышение средней температуры земной поверхности и атмосферы может привести к уменьшению полярных оледенений, а проистекающее отсюда изменение отражающей способности Земли - к дальнейшему потеплению и сокращению льдов до их полного исчезновения. Одновременно произойдет подъем уровня воды Мирового океана, что приведет к затоплению значительных территорий [46].

Оценить подъем уровня океана, если в результате потепления климата растают льды Гренландии и Антарктиды можно из следующих данных: площадь Мирового океана $361,4 \cdot 10^6$ км², объем льда Гренландии $2,6 \cdot 10^6$ км³, Антарктиды - $24 \cdot 10^6$ км³.

То вычисляя подъем уровня Мирового океана (без учета затопления части суши)

$$\Delta H = V:S = 26,6 \cdot 10^6 : 361,4 \cdot 10^6 = 0,073 \text{ км} = 73 \text{ м}$$

С учетом затопления части суши подъем уровня воды будет меньше и может составить ~60 м. Это может произойти, если годовая средняя температура Земли повысится не менее, чем 8°C. Известны и другие оценки.

Согласно данным [46], несмотря на отмеченное повышение температуры воздуха, глобальное потепление климата вследствие антропогенного воздействия на атмосферу, способное полностью растопить льды Гренландии и Антарктиды, более чем проблематично. Антропогенное воздействие на атмосферу оценивается величиной $\sim 240 \cdot 10^6$ т. CO₂, что почти на четыре порядка меньше содержания природного CO₂ в атмосфере ($\sim 700 \cdot 10^9$ т.). Выбросы значительных количеств CO₂, CO, SO₂, NO₂, паров воды в атмосферу наблюдались и прежде, например, при извержении вулканов

Томборо в 1815 г. и Кракатау в 1883 г., однако таяния льдов не происходило. В истории Земли периоды ледниковых эпох (например, эпохи четверичного периода) чередовались с периодами глобальных потеплений. Ледниковые эпохи характеризовались распространением в северном полушарии ледового покрова, достигающего до 50° северной широты.

В период глобальных потеплений (например, в начале кембрия) Мировой океан наступал на сушу и почти затопил территорию северного полушария. В меловой период, 65 млн. лет назад, из-за высокой температуры планета потеряла практически весь свой ледовый покров, который восстановился 15-20 млн. лет назад. Такие глобальные изменения могут быть обусловлены изменениями параметров земной орбиты и колебаниями положения ее оси вращения и соответствующему изменению солнечной инсоляции Земли [42-45]. Тем не менее, опасность климатических изменений в XXI веке существует. На основе данных из разных источников и согласно докладов МГЭИК [46], о временной изменчивости концентраций H_2O , N_2O , CO_2 , CH_4 , тропосферного O_3 , галоидуглеродов и кислорода, аэрозолей /сажа и минеральная пыль/ и перистых облаков можно оценить их влияние на температуру земной поверхности и приземного воздуха, на возможный подъем уровня моря, исчезновение уникальных сред обитания и некоторых живых организмов, воздействие на здоровье, урожайность с.-х. производства, круговорот и качество воды, уровень моря [46].

Согласно экспертным оценкам МГЭИК [47] в течении XXI века ожидается подъем Мирового океана в среднем на 0,49 м. [46]. Последствия таких изменений парниковых газов в 21 веке могут привести по разным оценкам к подъёму уровня моря в пределах 0.11-0.7 м, к изменению основных компонент экосистемы таких как водные ресурсы, лесное и сельское хозяйство, опустынивание, изменение состава воздуха и снижение биоразнообразия.. Конец XX века и начало XXI века были сопряжены с увеличением числа гидрометеорологических проявлений природных катастроф на жизнедеятельность людей, что во многом связано с зарегистрированным потеплением на нашей планете. Число экстремальных явления выпадения интенсивных осадков, наводнений, засух и пожаров возросло за последние 50 лет на 2-4 %. В частоте и интенсивности тропических штормов доминируют междесятилетние-многодесятилетние колебания, особенно, в тропической зоне Северной Атлантики и западной части Северо-Тихоокеанского региона [47].

Почти повсеместно уменьшаются площади горных ледников и массы льда, уменьшение площади и толщины морского льда в Арктике в весенний и летний периоды согласуется с повсеместным повышением приземной температуры. Увеличение концентрации парниковых газов, природных и антропогенных аэрозолей, количества облаков и осадков, усиление роли проявлений Эль-Ниньо обуславливают изменение глобального распределения энергии системы «Земля-атмосфера». Теплосодержание мирового океана увеличилось и повышается средний уровень моря со скоростью порядка 1-3 мм/год. Жертвами гидрометеорологических катастроф ежегодно становятся десятки тысяч людей, а материальный ущерб достигает десятков миллиардов долларов (с 1980 гг. отмечается экспоненциальный рост ущерба со временем). Подъем уровня воды на несколько метров – настоящая катастрофа для ряда островных государств, таких как Бангладеш, Индонезия, Япония, Англия. Но не только для них. Под угрозой окажутся прибрежные районы северо-западной Европы, Канады, Китая и др. А здесь проживает значительная часть населения Земли. Таким

образом, отмеченное потепление может привести к тяжелым последствиям. Как отмечалось, указанное потепление атмосферы связано с выбросами CO_2 в воздушную среду в результате использования значительных количеств углеводородного топлива в автомобильном транспорте, энергетике, промышленности. Следовательно, нужна научно-обоснованная программа постепенного перехода на альтернативные виды топлива и энергосберегающие технологии. Нужно объединить усилия всех людей, чтобы возможной катастрофы не произошло.

2.3. Грозы, пожары и падение космических тел в контексте атмосферных явлений.

Гроза – наиболее распространенное опасное атмосферное явление. При грозе выпадает большое количество осадков, однако, наибольшую опасность представляют электрические разряды – молнии. Удары молний нередко вызывают пожары, разрушают здания, портят линии электропередачи, нарушают движение электропоездов, могут поразить людей и животных. Молния – гигантский электрический разряд длиной до нескольких километров и продолжительностью в десятки доли секунды, сопровождаемый яркой вспышкой света и громом. Электрическая природа молний была раскрыта американским физиком В. Франклином.

Когда образуется мощное кучево-дождевое облако с крупными водяными каплями, сильные турбулентные восходящие потоки воздуха начинают дробить эти капли. Отделившиеся наружные частички капель несут в себе отрицательный заряд, а оставшиеся ядра капель оказываются заряженными положительно. Средняя продолжительность одного грозового цикла составляет примерно 30 минут, а электрический заряд каждой вспышки молнии соответствует 5...20 Кл. и может образовываться на участке грозового облака радиусом до двух километров.

Для оценки последствий от удара молнии важным является разряд между грозовым облаком и землей. На равнинной местности направление движения молнии обычно от облака к земле. Предельное напряжение пробоя, вызывающее образование ионизированного канала, составляет около $3 \cdot 10^5$ В/м. Лавинный заряд движется вниз ступенями по 50...100 м, пока не достигает земли (ступенчатый лидер). Когда до земной поверхности остается примерно 100 м, молния “нацеливается” на какой-либо предмет. Разряды могут достигать 80 Кл. и иметь силу тока от нескольких единиц до 200 кА. Обычно сила тока быстро нарастает за первые 10..20 мс, в следующие 200 мс происходит медленное ее снижение до 20% от максимальной величины [1-8,22].

Температура в ионизированном канале может достигать 20000К. Внезапный нагрев воздуха в этом канале приводит к его мгновенному расширению и затем сжатию от охлаждения – происходит своего рода взрыв, сопровождаемый раскатами грома.

Обычно, ступенчатый лидер переносит отрицательный заряд. Иногда он переносит положительный заряд; при этом время нарастания, а затем уменьшения тока более продолжительно, а максимальные значения заряда и силы тока достигают 200 Кл. и силы тока 218 кА соответственно [7,8].

Следует отметить, что в горах ступенчатые лидеры могут зарождаться на вершинах гор и двигаться от вершины вверх.

Поражение, наносимое молниями, обусловлено высоким напряжением, большой силой тока в канале молнии и высокой температурой. Сильный ток, прошедший через тело человека от удара молнии, вызывает остановку сердца (сопротивление тела человека от головы до ног составляет ~500 Ом).

Оценка опасности воздействия молний основана на статистике частоты гроз с опасными молниями в данном конкретном районе. Повторяемость опасных молний относят к единице площади, что дает возможность получить величину риска по соотношению, аналогичному (2.40.)

Молнии играют и положительную роль. Установлено, что ежегодно в результате грозových разрядов в атмосфере образуется около 100 млн. тонн связанных соединений азота, которые вместе с дождями поступают в почву, что существенно улучшает плодородие земли [1-6].

Остановимся отдельно на время от времени наблюдаемом загадочном природном явлении, связанном с атмосферным электричеством – шаровой молнии. Природа такого явления до конца не установлена. Это круглое светящееся образование. Диаметр шаровых молний находится в диапазоне от долей сантиметра до нескольких метров. Яркость света молнии сравнивают с яркостью света 100-ватной лампочки. Чаще всего, примерно в 60% случаев, она имеет желтый, оранжевый или красноватый цвет; в 20% случаев – это белый шар; в 20% случаев – синий или голубой. Наличие четкой границы говорит о том, что вещество молнии находится в особом фазовом состоянии. В отдельных случаях на поверхности пляшут язычки пламени, из нее выбрасываются снопы искр. Обычно шаровая молния движется бесшумно; но может издавать шипение или жужжание – особенно, когда она искрит. Шаровая молния реагирует на электрическое поле вблизи поверхности земли. Так, например, она стремится переместиться в те области пространства, где напряженность поля меньше; этим можно объяснить частое ее появление внутри помещений.

Шаровая молния обычно обходит груды металла, огибает наблюдателя, копирует в своем движении рельеф местности – во всех этих случаях она движется вдоль эквипотенциальной поверхности. Во время грозы земля и объекты на ней заряжаются положительно. Значит, шаровая молния тоже заряжена положительно. С течением времени заряд молнии может измениться, и тогда меняется и характер ее движения.

Шаровая молния способна проникать в помещения сквозь щели и отверстия, размеры которых много меньше размеров самой молнии. Так, молния диаметром 40 см. может пройти сквозь отверстие диаметром всего в несколько мм.

Живет шаровая молния от 10 с до 1 мин. Наиболее долго живут молнии диаметром 10...40 см. Известны три способа прекращения ее существования. Чаще всего, в 55% случаев, молния взрывается; в 30% случаев спокойно угасает (из-за нехватки запасенной в ней энергии); в 15% случаев внутри молнии развиваются неустойчивости и она распадается на части, которые быстро угасают («сгорают»).

Согласно одной из гипотез шаровая молния возникает под воздействием разряда обычной линейной молнии, когда в воздушной среде происходят ионизация* и диссоциация** некоторого объема воздуха. Оба эти процесса сопровождаются поглощением энергии. Сгусток заряженного электрической энергией воздуха постепенно отдает запасенную энергию свободным электронам окружающего слоя воздуха. Если шар свою энергию отдает на свечение, то он просто исчезает – превращается снова в обыкновенный воздух. Когда же он на своем пути встречает какие-либо вещества, действующие как возбудители, то взрывается. Такими возбудителями могут быть окиси азота и углерода в виде испарений, пыли, сажи и т.д. Несомненно, исследования по объяснению природы шаровой молнии должны быть продолжены.

Энергия шаровой молнии в зависимости от ее размеров составляет от нескольких килоджоулей до нескольких сот килоджоулей, а плотность энергии примерно $1 \dots 10 \text{ Дж/см}^3$ [7,8]. Известны отдельные случаи гибели людей от шаровых молний, хотя чаще всего она обходит человека стороной. Страх перед такой молнией основан на невозможности предвидеть, как она поведет себя через секунду, две, три.

Защита от молний Как показывает практика, более опасна обыкновенная линейная молния. Защита зданий и сооружений от молний состоит в безопасном заземлении электрических импульсов, то есть в применении громоотводов. Считают, что громоотвод притягивает приближающегося ступенчатого лидера, образуя защитный конус с углом 90° ниже вершины громоотвода. С целью большей наглядности, ударное расстояние h для ударов молнии от головной части лидера к точке заземления представляют как функцию от высоты грозового облака H и величины заряда Q . Удар происходит, если напряженность поля между головой лидера и заземленной точкой превысит пробивное напряжение поля, равное в воздухе $\sim 3 \text{ кВ/см}$.

Практический интерес представляет зависимость h от максимальной силы тока J . При средней продолжительности разряда молнии $0,1 \text{ с}$ величину J оценивают по соотношению [7,8,22]

$$J = 2 \cdot 10^4 Q, \quad (2.78),$$

где J - сила тока, А; Q - заряд, Кл.

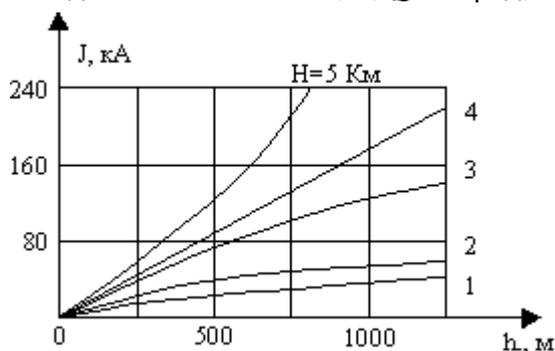


Рис. 2.16. Ударное расстояние для молнии.

Значения ударного расстояния h для молний представлены на рис. 2.16..

Данные этого рисунка могут быть использованы при проектировании защиты от молний, позволяя установить зону, в которой молния с определенной величиной разряда будет притянута.

Для защиты человека от молний на открытом месте нельзя становиться под высокими деревьями, особенно одиноко стоящими, так как молния часто ударяет в них. Очень опасен в этом отношении дуб, потому что его корни глубоко уходят в грунт. Такое дерево действует как громоотвод, и существует опасность возникновения короткого замыкания между деревом и человеком, так как сопротивление у дерева больше, чем у человека. Никогда не нужно укрываться в стогах сена и кладках снопов (скирдах). В поле, особенно на возвышенных местах, при сильной грозе идущий человек подвергается большой опасности поражения молнией. В таких случаях рекомендуется сесть на землю и переждать грозу.

Грозу лучше всего переждать в защищенном помещении. Перед началом грозы необходимо уничтожить сквозняки в помещении и закрыть все дымоходы.

Если случится несчастье – кто-либо будет контужен молнией, необходимо немедленно оказать пострадавшему первую медицинскую помощь (искусственное дыхание). Следует отметить, кое-где существует предрассудок, что пораженному молнией можно помочь, закопав его тело в землю. Этого ни в коем случае нельзя делать: человек, пострадавший от молнии, особенно нуждается в усиленном притоке воздуха к телу.

Пожары и человеческий фактор. Пожары. - это лесные, торфяные, степные, полевые (созревшие хлеба) пожары. Пожары представляют собой опасное стихийное бедствие, т.к. в огне пожаров уничтожаются большие материальные ценности: лес, хлеб, торф, сгорают постройки, гибнут животные, птицы. Пожары обладают серьезными поражающими факторами, основные из которых - высокая температура, вызывающая возгорание всего, что окажется в зоне горения; тепловое излучение из этой зоны способное привести к поражению людей и возрастанию горючих материалов за ее пределами; задымление больших районов, оказывающее раздражающее и отрицательное психологическое воздействие на людей, а в некоторых случаях и отравление их окисью углерода; ограничение видимости.

Лесные и торфяные пожары - наиболее частые ландшафтные пожары[47]. Ежегодно в летнее время в отдельных лесных районах страны создаются условия, способствующие возникновению и распространению таких пожаров. Количество пожаров и поражаемая ими площадь изменяются в широких пределах. Так, в 1915г в Западной Сибири пожарами была охвачена площадь лесов $\sim 14 \cdot 10^6$ га. Дымовое облако над Сибирью простиралось над территорией, равной по площади всей Западной Европе. На территории нашей страны ежегодно возникают 10...30 тысяч лесных пожаров, охватывающих общую площадь от $0.5 \cdot 10^6$ га до $2 \cdot 10^6$ га.

Крупные пожары были в 1972г. и в 1984г., 2002г. Пожары наносят огромный ущерб народному хозяйству и представляют угрозу для людей, населенных пунктов, промышленных и других объектов, расположенных в лесу. Например: в 1989г.-1992г.г. за три года огонь прошел более $4.8 \cdot 10^6$ га лесов, что нанесло ущерб более $40 \cdot 10^9$ руб. (в ценах 1992г.).

Основные причины пожаров в лесах нашей страны (по данным[47-51]):

от молний	8.1%
по вине местного населения	60%
по вине организаций и экспедиций	19.7%
по вине лесозаготовителей	3.5%
от сельскохозяйственных палов	6.7%
по другим причинам	2%

Таким образом, в большом количестве случаев($\sim 90\%$) пожары в лесу происходят вследствие неосторожного обращения человека с огнем.

Пожар-это неконтролируемый процесс горения. Принято считать, что горение - химическая реакция, сопровождающаяся выделением тепла и света [50] . С этой точки зрения вещества могут "гореть " не только в кислороде. Например, некоторые металлы "горят" в хлоре, окислы натрия и бария "горят" в углекислом газе. Тем не менее, в общепринятом понимании горение- это быстро протекающая реакция соединения горючего вещества с кислородом воздуха, сопровождающаяся выделением тепла и излучением света. Таким образом, горение есть не что иное, как окислительная реакция, сопровождающаяся образованием новых веществ и выделением избыточной теплоты, накопленной в молекулах горючего вещества.

Следует отметить, что горение различных горючих материалов может начаться либо в результате воспламенения от внешнего источника тепла, либо при самовоспламенении.

Температура самовоспламенения для различных веществ различна. Например, для торфа она составляет $\sim 420^0$. Причиной самовоспламенения торфа являются

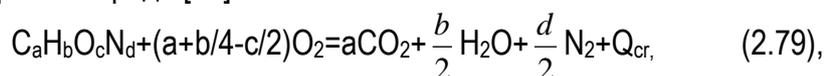
биологические и химические процессы, возникающие при определенной влажности и относительно низкой температуре. Способностью к самовозгоранию на открытом воздухе обладают также сено, опилки, подстилка, листья, собранные в большие кучи и имеющие определенную влажность.

Однако лесные пожары, как отмечалось выше, чаще возникают при неосторожном обращении с огнем. Воспламенение (зажигание) отличается от самовоспламенения тем, что при воспламенении часть горючего вещества нагревается тепловым источником, принесенным извне, тогда как при самовоспламенении повышение температуры происходит за счет внутренней энергии самого горючего вещества. Эти понятия важны при понимании причин возникновения лесных пожаров[49].

Как отмечалось, при горении выделяется большое количество тепла.

Теплотой сгорания вещества называется количество теплоты, которое выделяется при сгорании единицы массы (1 кг.) вещества в атмосфере кислорода.

Пусть, например, требуется определить теплоту сгорания горючего вещества $C_aH_bO_cN_d$, где индексы a, b, c, d обозначают количество атомов углерода, водорода, кислорода, азота в молекуле этого вещества, по известной формуле его сгорания в атмосфере кислорода [52].



где $C_aH_bO_cN_d$ – горючее вещество; O_2 – окислитель; CO_2 , H_2O , N_2 – продукты сгорания; Q_{cr} – теплота сгорания.

Для определения теплоты сгорания Q_{cr} необходимо знать энергию образования веществ $C_aH_bO_cN_d$, O_2 , CO_2 , H_2O , N_2 . Теплотой (энергией) образования называется тепловой эффект, получающийся при образовании одного грамм-моля данного вещества из свободных элементов в стандартных условиях, то есть при температуре 25^0 и давлении 1 атм. Существует несколько способов расчета теплоты образования. Один из наиболее распространенных способов основывается на использовании принципа аддитивности энергий связи в молекулах. Каждой связи отвечает определенная энергия, а сумма энергий связи приближенно равна энергии образования моля вещества из атомов. Теплоту образования определяют по термохимическим таблицам. Следует отметить, что теплота образования простых веществ (O_2, H_2, N_2 , C и др.) принимается равной нулю. Данные по теплоте образования некоторых веществ приведены в табл.2.18

Таблица 2.18.

Теплота образования некоторых веществ.

Вещество	Хим. формула	Теплота образования, ккал/(грамм-моль)
Углекислый газ	CO_2	94,03
Окись углерода	CO	26,4
Вода (жидкость)	H_2O	68,32
Вода (газ)	H_2O	57,8
Метан	CH_4	17,89
Метиловый спирт	CH_3OH	48,08
Этиловый спирт	C_2H_5OH	56,24
Простые вещества	O_2, H_2, N_2, C	0

По закону Гесса Г.Н. теплота сгорания $Q_{сг}$ в соотношении (7.1), определяется как разность между суммой теплот образования продуктов сгорания и теплотой образования исходного горючего вещества[22].

Основным горючим материалом в лесу является древесина. Она состоит из клетчатки ($C_6H_{10}O_5$) и лигнина - сложного органического вещества. В ее состав входят также различные смолы и эфирные масла. Теплоту сгорания древесины и других лесных горючих материалов определяют экспериментально с помощью калориферных установок. В лесу деревья, кустарник, мхи, как правило, содержат много влаги. При сгорании влажного топлива часть тепла затрачивается на испарение воды, содержащейся в нем, поэтому теплота сгорания будет меньше, чем при горении сухой древесины. Такую теплотворную способность топлива называют низшей. Высшая теплотворная способность больше низшей на величину теплоты испарения влаги. Значения высшей и низшей теплотворных способности лесных горючих материалов даны в табл. 32.

Таблица 2.19

Теплотворная способность некоторых лесных горючих материалов.

Лесной материал	Теплота сгорания Q , ккал/кг		
	Высшая	Низшая (в числителе) при влажности, %(в знаменателе)	
1	2	3	4
Сосна (хвоя молодая)	5190	3160/54	1330/200
Сосняк багульниковый: Древесина хвоя	4930 5530	2140/102 -	1460/168 -
Ель: древесина хвоя	4800 4930	2630/67 2610/67	1890/117 1630/150
Береза: древесина кора	4800 5480	2690/64 -	1070/223 -
Опад (в основном мертвая сосновая хвоя и кора)	5780	-	-
Мох	4760	4410/7	3230/ -
Торф	5030	3150/50	420/450

Древесина содержит около 42% собственного кислорода. Предварительное окисление делает углеводородную молекулу непрочной. Такая молекула может распадаться при относительно низких температурах подогрева. В процессе распада она выделяет летучие вещества, которые при смешивании с воздухом начинают гореть пламенем. Поэтому древесина относится к сравнительно легко загораемым материалам.

В зависимости от повышения температуры установлены следующие стадии горения: при $0^{\circ} < t < 100^{\circ}$ - процесс нагревания; при $100^{\circ} < t < 150^{\circ}$ - испарение влаги; при $150^{\circ} < t < 300^{\circ}$ - нарастающий процесс разложения древесины с выделением горючих газов; при $320^{\circ} < t < 500^{\circ}$ - постепенное замедление процесса разложения внутри обугленной частицы; при $500^{\circ} < t < 1000^{\circ}$ - горение углей с выделением CO и CO_2 .

По мере удаления из частиц летучих веществ светящееся пламя начинает спадать и наконец, исчезает совсем. Таким образом, древесина не горит с поверхности, а

разлагается с нее. Горит топливный газ. В конце процесса горения остаются углеродные частицы, окруженные полупрозрачным синеватым пламенем окиси углерода воздуха. В результате интенсивного окисления кислородом воздуха углеродные частицы быстро сгорают и превращаются в золу.

Важной характеристикой процесса горения различных веществ является расход воздуха, обеспечивающий горение.

Объем воздуха V_0 , м³, необходимый для сжигания 1 кг горючего вещества можно оценить следующим образом.

Если горючее вещество определяется формулой $C_aH_bO_cN_d$ количество кислорода, обеспечивающее сгорание 1 грамм-моля (или 1 килограмм-моля) вещества находится по уравнению (7.1), в данном случае это $(a+b/4-c/2)O_2$.

Разделив полученную величину на массу 1 моля горючего вещества, можно найти количество кислорода, требуемого для сгорания единицы массы рассматриваемого вещества

$$m_0 = \frac{(a + b/4 - c/2)O_2}{a \cdot 12 + b \cdot 1 + c \cdot 16 + d \cdot 14}, \quad (2.80),$$

где m_0 – масса кислорода в граммах, если сжигается 1 грамм горючего вещества, и в килограммах, если сжигается 1 килограмм вещества; значения a , b , c , d имеют тот же смысл, что и в формуле (2.79).

Известно, что воздух состоит из смеси газов, при этом кислород составляет 21% (по объему). Известно, также, что 1 грамм-моль и 1 килограмм-моль любого газа при нормальных условиях занимают объем 22,4 дм³ и 22,4 м³ соответственно.

Следовательно, газообразный кислород массой m_0 , кг, занимает объем V_* , м³

$$V_* = \frac{22,4 \cdot m_0}{O_2},$$

где O_2 – масса 1 килограмма – моля кислорода.

Объем воздуха, V_0 , м³, обеспечивающий сгорание 1 кг горючего вещества, определяется соотношением

$$V_0 = V_* \cdot \frac{100\%}{21\%},$$

Лесные и торфяные пожары. Различают пожары: низовой, верховой, подземный. По скорости распространения низовой и верховой подразделяются на устойчивый и беглый [49].

Низовой пожар. При устойчивом низовом пожаре происходит горение почвенного покрова, пней, валежа. В огне сгорают подрост и подлесок; повреждаются нижние части стволов и корни, выступающие на поверхность земли. Такие пожары типичны для второй половины лета и наблюдаются в основном в черничниках и долгомошниках.

Беглый низовой пожар характеризуется быстрым продвижением кромки огня, когда сгорают сухая трава, лишайники, опад. Он наблюдается весной преимущественно в травянистых лесах.

Следует отметить, что почти любой пожар в лесу вначале своего развития имеет вид низового и при соответствующих условиях может перейти в верховой или подземный.

Верховой пожар – это когда горят кроны деревьев. При устойчивом верховом пожаре верхние и нижние ярусы леса горят одновременно. Огонь движется сплошной стеной. Является наиболее разрушительным видом пожара. Наблюдается при

безветренной погоде после засухи во второй половине лета. Характерен для средневозрастных сосновых и лиственных лесов.

При беглом верховом пожаре пламя по пологу леса распространяется уступами, вытянутыми по направлению ветра. За 8..10 сек. пламя проходит расстояние 100...120 м, затем его движение замедляется и несколько минут горит верхний ярус (полог), а затем загорается и нижний ярус (напочвенный покров). Горение нижнего яруса усиливается за счет падающих горящих веточек и хвои. Через некоторое время кромка низового пожара опережает кромку верхового. Низовой пожар при этом подогревает очередной участок полога насаждений. При порыве ветра пламя верхового пожара вновь скачком продвигается вперед. Такие пожары характерны летом в чистых сосновых лесах с куртинами хвойного подроста.

Устойчивые верховые пожары наблюдаются при скорости ветра $V < 5 \text{ м/с}$, беглые – при $V > 5 \text{ м/с}$.

Для подземных пожаров характерным является уничтожение органической части почвы. Они наблюдаются на торфянистых почвах после продолжительного засушливого периода, поэтому их часто называют **торфяными пожарами**. При загорании верхнего напочвенного покрова огонь заглубляется в торфянистый горизонт почвы, выжигая ямы в виде воронок, а затем начинает распространяться в горизонтальном направлении.

Поскольку при таком пожаре сгорает корнеобитаемый слой почв, деревья, лишённые опоры корней, падают (обычно вершиной на выгоревшую площадь). Особую опасность представляет в ряде случаев скрытый характер такого пожара, если торфянистый слой покрыт другим (несгораемым) слоем почвы. Очаг пожара становится невидимым. Могут быть неожиданные провалы почвы.

Пожарная опасность в лесу. Тушение пожаров. Возникновение и развитие лесных пожаров существенно зависят от состояния погоды. Показатель горимости лесных материалов в зависимости от величины осадков определяется по соотношению [1-8].

$$\Gamma_n = k[\Gamma_{n-1} + T(T - T_0)], \quad (2.81)$$

где Γ_n - показатель горимости лесных материалов текущего дня;

Γ_{n-1} - показатель горимости лесных материалов предшествующего дня;

T - температура воздуха в 7 часов утра, °C;

T_0 - температура точки росы на это же время;

k - коэффициент, зависящий от величины суммы осадков, и мереных на метеостанции в 19 часов предшествующего дня и в 7 часов текущего дня

Таблица 2.20.

Значения коэффициента "к".

Осадки, мм	0,1..0,9	1..2	3..5	6..14	14..19	20
К	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0

В зависимости от величины показателя горимости лесных материалов установлены следующие классы пожарной опасности по условиям погоды:

1-опасность пожара отсутствует ($\Gamma_n = 300 \dots 1000$);

2-средняя пожарная опасность ($\Gamma_n = 1001 \dots 4000$);

3-высокая пожарная опасность ($\Gamma_n = 4001 \dots 10000 \div 12000$);

4-чрезвычайно высокая пожарная опасность ($\Gamma_n > 10000 \div 12000$).

Скорость распространения основных элементов пожара (фронта, фланга и тыла) в зависимости от скорости ветра и характера горючих материалов определяется по формулам [22]:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{фронтальной кромки} \\
 V_{\text{фр}} = (V_0 + AV_B) [1 + V_B / (V_B^2 + B^2)^{0,5}]^2 \\
 \text{тыловой кромки} \\
 V_{\text{т}} = (V_0 + AV_B) [1 - V_B / (V_B^2 + B^2)^{0,5}]^2 \\
 \text{фланговой кромки} \\
 V_{\text{фл}} = V_0 + AV_B
 \end{array} \right\} (2.82)$$

где $V_{\text{фр}}$, $V_{\text{т}}$, $V_{\text{фл}}$ – скорости распространения основных элементов пожара, м/мин;
 V_0 – скорость распространения пожара в безветренную погоду, м/мин;
 V_B – скорость ветра, м/с;
 A , B – численные коэффициенты.

В приближенных расчетах принимают скорость $V_0 = 0,4..0,6$ м/мин при влажности топлива до 30% и $V_0 = 0,2..0,4$ м/мин при влажности более 30%. Значения коэффициентов A , B приведены в табл.2.21.

Таблица 2.21.

Значения коэффициентов A , B .

Горючий материал	Коэф-ты	При влажности гор. материалов, %		
		до 30	30..50	>50
Сухая трава, лишайники, о хвои и листьев	A	0,45	0,27	0,16
	B	3,5	3,3	3
Зеленые мхи	A	0,2	0,1	0,05
	B	2,4	2,2	1,8

Обобщенные данные по скорости распространения лесного пожара в зависимости от класса горимости леса и класса пожарной опасности по условиям погоды приведены в табл. 2.22.

Наиболее опасными участками леса в отношении быстрого распространения огня являются леса первого класса горимости и особенно молодые хвойные насаждения.

Борьба с лесными пожарами. Применяются следующие способы борьбы с лесными пожарами [49]:

Захлестывание кромки низового пожара зелеными ветками, метлами, мешковиной и другими предметами, в процессе, которого горящие частицы смещаются в сторону пожара.

Таблица 2.22.

Скорость распространения лесных пожаров.

Класс горимости леса	Класс пожарной опасности погоды	Вид пожара	Скорость распространения пожара, м/час
Первый	2	Низовой	10...140
	3-4	-----//-----	20...200
	3-4	Верховой устойчивый	80...150
	3-4	Верховой беглый	3000...6000
	3-4	Подземный (торфяной)	0,1
Второй	2-4	Низовой (весенний и осенний периоды)	120...1200
	3-4	Подземный (торфяной)	0,1

Примечания: 1.К лесам первого класса горимости относятся чистые с примесью лиственных пород хвойные насаждения.

2.К лесам второго класса горимости относят чистые с примесью хвойных пород лиственные насаждения.

Засыпка кромки низового пожара грунтом с помощью лопат и грунтометов, в процессе которой механически сбивается пламя, охлаждаются горючие материалы и ограничивается доступ к ним воздуха.

Прокладка заградительных минерализованных полос и канав, чтобы остановить движение кромки пожара, с помощью фрезерных или грунтометательных машин, канавокопателей, бульдозеров или лопатами. Полосы и канавы очищают от надпочвенного покрова и подстилки до минерального грунта.

Тушение пожаров с помощью взрывчатых веществ. Взрывным способом устраивают заградительные траншеи и рвы (канавы), чтобы ограничить распространение пожара. Применяют также захлестывание огня выброшенным грунтом и ударной волной направленного взрыва. Взрывчатые вещества закладывают в скважины, пробуренные специальными бурами, или в траншеи, в которые укладываются шнуровые заряды. После подрыва образуются заградительные рвы и канавы заданного размера. В экстренных случаях шнуровые заряды устанавливают накладным способом.

Тушение пожаров пуском встречного низового огня (отжига). Перед надвигающимся фронтом пожара от существующих или специально созданных опорных рубежей выжигают надпочвенный покров, создавая тем самым заградительную полосу, лишенную горючего материала. В результате пожар дальше распространяться не может.

Встречный низовой огонь может быть применен против устойчивых и беглых верховых и низовых пожаров, которые сопровождают верховые. При подходе фронта пожара к отжигаемой полосе появляется ветер, направленный в сторону пожара (встречная тяга). Этот эффект приводит к столкновению двух встречных восходящих потоков, приводящему к прекращению распространения пожара.

Чтобы выжигание не превратилось в дополнительный пожар, отжиг начинают от существующих опорных рубежей (лесных дорог, просек, канав, широких ручьев) или специально устроенных минерализованных полос или полос, обработанных огнетушащими химикатами. Опорные полосы должны опираться на непроходимые для огня препятствия (реки, озера, широкие дороги, поля, луга, ранее горевшие площади).

Тушение пожаров водой с помощью пожарных машин, мотопомп, пожарных рукавов для подачи воды от ближайших водоемов, а также сброса воды с пожарных самолетов и вертолетов. Поданная в очаг горения вода охлаждает сферу горения, а также снижает содержание кислорода в воздухе в результате воздействия пара, образующегося при испарении воды. Все это способствует прекращению горения.

Тушение пожаров химикатами для остановки кромки пожара и создания опорных заградительных полос. Огнетушащее действие химикатов основано на охлаждении горючих материалов, прекращении доступа кислорода, замедлении окислительного процесса при горении. К числу веществ охлаждающего действия относятся водные растворы хлористого кальция, хлористого калия, хлористого натрия и другие. Для прекращения доступа воздуха к горящим материалам используют пену из пенных огнетушителей или готовят пену из эмульсий, выбрасывая ее через пожарные стволы пожарных автоцистерн.

Тушение пожаров искусственным вызыванием осадков путем обстрела облачного фронта зенитной артиллерией, применяющей снаряды, снаряженные

специальными химическими веществами - йодистым серебром и другими, ракетами с ракетных зенитных установок, а также с самолетов.

Опасность падения космических тел.

Как известно, наша планета входит в состав Солнечной системы, которая в свою очередь входит в состав галактики Млечный путь. Галактика Млечный путь – огромное звездное образование, включающее в себя примерно 10 миллиардов звезд и звездных систем. Но и она лишь небольшая часть Мироздания. По современным представлениям доступная для наблюдений с помощью технических средств, имеющихся на начало третьего тысячелетия Новой эры, область Вселенной насчитывает примерно 10^{10} галактик. Таким образом, космос – это огромный и сложный мир [53].

В этом мире Земля движется вокруг Солнца со скоростью примерно 30 км/с и вместе с Солнцем участвует в еще более сложном движении вокруг центра галактики. Траектория движения Земли может пересекаться с траекториями движения других космических тел, при этом возможно падение таких тел на нашу планету. Падение космических тел на поверхность Земли может привести к очень тяжелым последствиям. Падение крупных метеоритов, как и столкновение с астероидом или кометой, обычно сопровождается взрывом с выделением огромной энергии, одновременно происходит исключительное по силе землетрясение.

Известно, что самая большая наблюдаемая группа астероидов образовалась в период формирования Солнечной системы из протопланетного облака более 4,5 миллиардов лет тому назад. Расчеты траекторий группы крупных (более 1 км) астероидов, пересекающих орбиту Земли, показали, что они движутся по эллиптическим орбитам с эксцентриситетами 0,2...0,85, большими полуосями до 4 а.е. (1 а.е. = 149,5 млн.км – среднее расстояние между Солнцем и Землей) и наклонами орбит до 60° . В процессе движения они пересекают орбиты и других планет Солнечной системы, иногда сближаясь с ними. Поэтому орбиты астероидов этой популяции быстро эволюционируют по сравнению с орбитами астероидов основного пояса или орбитами планет, их чрезвычайно сложно просчитать на длительный промежуток времени (более нескольких сотен лет).

Повторяемость событий: астероиды размером ≤ 1 м. можно наблюдать с помощью телескопов в ближайшей окрестности Земли практически еженедельно, астероиды величиной 3...5 м. Появляются примерно 1 раз в 10 лет. По мнению астрономов в ближайшие 10 лет следует ожидать падение астероида размером около 10 м, астероиды размером 50...100 м. Падают на нашу планету примерно 1 раз в 200...300 лет, размером в 1 км – 1 раз в 500000 лет. В далеком будущем возможно падение и более крупных тел [22].

Принято считать, что скорость сближения астероидов с Землей может составлять примерно 30 км/с, а плотность их вещества варьируется в пределах от $2 \cdot 10^3$ кг/м³ до $8 \cdot 10^3$ кг/м³. Как известно, при соударении твердых тел со скоростями, превышающими 3...5 км/с, кристаллическая структура астероида или метеорита и определенного объема среды, с которой они соударяются, разрушается и происходит либо переход вещества в другое фазовое состояние (плавление или испарение), либо механическое дробление вещества с последующим разлетом, то есть происходят процессы, обладающие всеми существенными свойствами взрыва. При скоростях удара $V \geq 10$ км/с происходит процесс полного превращения в газ ударявшего тела и части среды, с которой произошло соударение.

При взрыве, обусловленном падением крупного космического тела, на поверхности планеты образуется воронка – кратер (астроблема), размеры которой зависят от глубины проникания тела в грунт и мощности взрыва, сейсмозврывные волны большой интенсивности и мощная воздушная ударная волна. Энергия взрыва при падении такого тела может быть столь велика, что образуется астроблема огромных размеров, при этом значительные массы грунта выбрасываются в верхние слои атмосферы. Выброс грунта сопровождается сильным запылением и помутнением атмосферы, образованием окислов азота (NO , NO_2), катализирующих разрушение озонового слоя, проникновением жесткой радиации, выпадением кислотных дождей. Запыленность атмосферы при мощных взрывах может способствовать изменению климата и даже возникновению “астероидной” зимы. Определенное представление о размерах астроблем можно получить по табл. 2.23.

Таблица 2.23.

Взрывные кратеры, образованные при падении космических тел.

Астроблема	Местонахождение	Диаметр, км	Возраст, млн. лет
Маникуаганская	Канада	65	-
Клируотерская	Канада	35	-
Ришатская	Мавритания	50	-
Янисъярвская	Эстония	15	700
Калужская	Район г. Калуги	15	400
Болтышевская	Кировоградская обл.	25	70
Ротмистровская	Кировоградская обл.	2	70
Попигайская	Бассейн р. Попигай в Сибири	100	28

Самый большой кратер на поверхности Земли обнаружен в Антарктиде, его диаметр составляет примерно 200 км.

Ранее отмечалось, что энерговыделение при падении на земную поверхность космического тела размером 100 м. составляет $10^{17} \dots 10^{18}$ Дж, размером 1 км - $10^{20} \dots 10^{21}$ Дж, размером 10 км - $10^{23} \dots 10^{24}$ Дж. Для сравнения, энергия ядерного взрыва мощностью $q = 10^6$ т, где q – тротиловый эквивалент взрыва, составляет $4,52 \cdot 10^{15}$ Дж. Согласно данным [1.6,22,53,54] при падении космического тела размером 1 км. В густо населенном районе Земли может погибнуть значительная часть населения планеты (с учетом вторичных эффектов разрушения – поражение АЭС, ГЭС, ХОО и др.). При падении более крупных тел последствия могут быть еще более тяжелыми и привести к гибели человеческой цивилизации.

Установлено, что за последние 600 млн. лет в истории Земли состоялось примерно 5 катастроф, в результате которых за сравнительно короткий период времени произошли значительные изменения в химическом составе океана и атмосферы, повлекшие за собой коренные изменения видового состава флоры и фауны. Вполне допустимо, что границы геологических эпох связаны с падением на нашу планету крупных космических тел [54].

Энерговыделение при падении космических тел может превышать энерговыделение при вулканических извержениях и тектонических землетрясениях на несколько порядков. На этом рисунке указаны также временные интервалы таких событий.

Следует отметить, по временным интервалам различных природных явлений могут быть использованы для оценки вероятности падения крупных космических тел на нашу планету и оценки риска таких событий.

Для оценки энерговыделения при падении космического тела можно воспользоваться соотношением [53,54]

$$Q = \frac{n \cdot m \cdot V^2}{2}, \quad (2.83.),$$

где Q – энергия взрыва, Дж; n – коэффициент полезного использования энергии; m – масса тела, кг; V – скорость движения, м/с.

Обычно коэффициент $n < 1$. В приближенных расчетах, носящих оценочный характер, допустимо значение $n \approx 1$.

Нетрудно показать, что энерговыделение при падении на земную поверхность космических тел сферической формы диаметром 100 м и 1 км, плотностью вещества $\rho = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³, движущихся с аналогичной скоростью $V = 30$ км/с, составляет $5,9 \cdot 10^{17}$ Дж и $5,9 \cdot 10^{20}$ соответственно.

Самостоятельный интерес представляет оценка на энергетическом уровне масштабов катастроф, имевших место при падении космических тел в прошлом.

В работе [22] приведена зависимость между энерговыделением при падении таких тел на земную поверхность и размерами астроблем

$$r_B = k \cdot Q^{\frac{1}{3,4}}, \quad (2.84.),$$

где Q – энерговыделение при падении космического тела, Дж; k – эмпирический коэффициент; r_B – радиус воронки, м.

Разрешая соотношение (2.84.) относительно величины Q , несложно получить

$$Q = k^{-3,4} \cdot r_B^{3,4}, \quad (2.85.),$$

где величины Q , r , k имеют тоже значение, что и в соотношении (2.84.).

Как отмечалось ранее, при взрыве, сопровождающем падение космического тела на земную поверхность, формируется мощная воздушная ударная волна, являющаяся основным поражающим фактором такого взрыва. Очаг поражения по ударной волне имеет круговую форму. Приблизительно радиус очага поражения по ударной волне можно определить по соотношению [22,54]

$$R_{O.П.} = 8,2 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (2.86.),$$

где $R_{O.П.}$ – радиус очага поражения, км; Q – энерговыделение при падении космического тела, Дж.

На границе очага поражения давление во фронте ударной волны составляет $\Delta P_0 = 10$ кПа. Очаг поражения подразделяют на зоны полного, сильного, среднего и слабого разрушений, на внешних границах которых давление составляет 50, 30, 20, 10 кПа соответственно.

В заключение параграфа следует отметить редкое природное явление, называемое “парадом планет”. Это особое расположение планет Солнечной системы, когда при своем движении вокруг Солнца они выстраиваются в линию (по радиусу Солнечной системы). Последний парад планет наблюдался в 1999 г. Были отмечены изменения в магнитном, электрическом и гравитационном полях Земли. Последствия данного события изучаются.

Падение крупных космических тел на Землю представляет особую опасность. Так как такое событие может представлять угрозу существования значительной части населения нашей планеты и даже всему человечеству, необходимо объединение усилий всех стран для предотвращения возможной катастрофы. Создание системы защиты Земли от опасных космических объектов (ОКО) – технически сложное и экономически дорогостоящее мероприятие. Прежде всего, необходимо создание глобальной сети телескопов для постоянного наблюдения за крупными астероидами и кометами, а также создание при обсерваториях вычислительных центров, оснащенных мощными ЭВМ для расчетов траекторий движения ОКО.

С целью изменения траектории ОКО представляются необходимыми встречные пуски ракет с ядерными зарядами, достижение ими заданных точек пространства в точно рассчитанное время и осуществление необходимого количества контактных на поверхности космического тела или заглубленных ядерных взрывов. Не исключены и другие способы воздействия на ОКО, например, использование лазерного оружия. В целом, это достаточно сложная задача. Но она должна быть решена.

Следует иметь в виду, что из космоса возможно появление объектов с такими свойствами, которые до сих пор не известны человечеству, и которые не могут быть заранее спрогнозированы [53,54]. Но чем больше люди будут изучать опасные космические объекты, тем меньше будет неопределенность в их свойствах, тем выше будет эффективность мер противодействия.

Глава3. ТЕХНОГЕННЫЕ АВАРИИ: ПОРАЖАЮЩИЕ СВОЙСТВА ВЗРЫВА

Аварии и катастрофы, связанные со взрывом, относятся к числу наиболее опасных и непредсказуемых. При таких авариях образуются обширные очаги поражения в пределах которых разрушаются здания, сооружения, гибнут и получают различные травмы люди.

К потенциально опасным объектам, связанным со взрывами относят прежде всего хранилища и склады взрывчатых веществ (ВВ), боеприпасов, ракетного топлива, горюче-смазочных материалов, нефтебазы. Взрывы происходят и на промышленных предприятиях. Взрываются пары бензина и других компонентов на нефтеперегонных заводах, продукция и полуфабрикаты на химических предприятиях, мучная пыль на мельничных комбинатах и элеваторах, древесная пыль и пары лаков и красок на мебельных фабриках, котлы в котельных, газовые конденсаты при утечке из газопроводов. Взрывы имеют место при перевозках взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся жидкостей и горючих газов железнодорожным, водным и автомобильным транспортом.

При анализе таких аварий полезно опираться на известные представления об общей физической картине взрыва. Для оценки поражающего действия различных взрывов и определения очагов поражения используется энергетический подход.

3.1 Определение взрыва. краткие сведения о природе взрывчатых превращений. Взрыв – это процесс быстрого превращения вещества, сопровождающийся выделением большого количества энергии. В результате взрыва вещество, заполнявшее определенный объем, превращается, как правило, в сильно нагретый и сжатый газ (продукты взрыва). Область, заполненная продуктами взрыва, стремительно расширяется, сжимая и приводя в движение окружающую среду. Порожденное взрывом движение внешней среды проявляется в виде специфического волнового процесса – ударной волны. Ударная волна распространяется со сверхзвуковой скоростью. По мере удаления от центра взрыва скорость ударной волны снижается и на больших расстояниях приближается к звуковой. Ударная волна является основным поражающим фактором взрыва.

Взрывы могут быть вызваны различными физическими или химическими явлениями.

В инженерной практике и военном деле широкое распространение получили ВВ. Они используются в народном хозяйстве при ведении строительных и горных работ: для пробивания шпуров и скважин, выброса грунта, создания каналов. В военном деле ВВ применяются в различного рода огнестрельном оружии, в боеприпасах, подрывных средствах.

Химические ВВ представляют собой относительно неустойчивые в термодинамическом смысле системы, способные под влиянием внешних ударных или тепловых воздействий к быстрым экзотермическим превращениям. Источник энергии таких взрывов заключается в энергии молекулярных связей. При взрыве происходит превращение относительно сложных нестойких молекул исходного вещества в молекулы более простых и стойких веществ.

На основании известных положений термохимии можно выяснить, способно или не способно вещество к взрыву. Для этого определяют тепловой эффект превращения вещества А в вещества В, С, D (в общем случае таких веществ может быть и больше).

При взрыве имеет место соотношение согласно [52,55,56]:

$$A = B + C + D + Q_v, \quad (3.1),$$

где Q_v – теплота (энергия), высвобождаемая при взрывчатом превращении.

Согласно закону Гесса Г.И. величина Q_v определяется как разность между суммой теплот образования продуктов взрыва (Q_B, Q_C, Q_D) и теплотой образования взрывчатого вещества (Q_A).

Теплотой образования называется тепловой эффект, получающийся при образовании одного грамм-моля вещества из свободных элементов в стандартных условиях. За стандартные условия принимают температуру 25° и давление 1 атм. всех веществ, участвующих в реакции. Теплота образования простых веществ (H_2, O_2, N_2, C и др.) принимается равной нулю.

Величина Q_v является критерием мощности взрыва.

Важной характеристикой взрыва является скорость распространения взрывчатого превращения. В зависимости от величины этой скорости различают дефлаграционное (дозвуковое) горение и детонацию.

При детонации процесс взрывчатого превращения идет с максимально возможной для данного вещества скоростью, превышающей скорость звука. Скорость детонации является определенной константой каждого ВВ. В условиях детонации достигается максимальное разрушительное действие взрыва.

Дефлаграционное горение подразделяется на ламинарное, характеризующееся постоянной относительно небольшой обычно от долей сантиметра до нескольких метров в секунду скоростью распространения пламени и турбулентное, когда эта скорость со временем прогрессивно возрастает. При увеличении скорости распространения пламени до величин порядка нескольких десятков и сотен метров в секунду, но не превышающих скорость звука в данной среде, имеет место взрывное горение, а само явление называется дефлаграционным взрывом.

Примерами взрывов, обусловленных физическими процессами могут служить взрывы паровых котлов и емкостей со сжатым газом; взрывы, возникающие при мощных искровых разрядах, например молниях.

При взрыве парового котла взрывной процесс связан с быстрым переходом перегретой воды в парообразное состояние; при взрыве емкости со сжатым газом - повышенным давлением газа. Взрыв происходит при разрушении стенок котла или оболочки емкости (резервуара, баллона).

При мощных искровых разрядах разность потенциалов выравнивается за промежутки времени $10^{-6} \dots 10^{-7}$ с, вследствие чего в зоне разряда достигаются большая плотность энергии и высокая температура $20000 \dots 40000^\circ$, что приводит к резкому подъему давления воздуха в месте разряда и распространению интенсивного возмущения в окружающей среде.

Можно привести и другие примеры взрывов, обусловленных физическими процессами, например взрывы, наблюдаемые при извержениях вулканов, падении космических тел на земную поверхность и др.

Экстремально высокие значения параметров взрывной реакции (температура и давление) имеют место при ядерных взрывах, обусловленных реакциями деления и синтеза атомов. Данному вопросу посвящена обширная литература [1-6, 55.56].

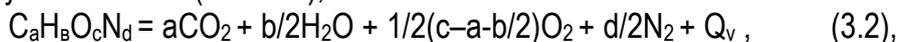
Ниже рассматриваются основные особенности взрывов конденсированных химическими ВВ, газо- и пылевоздушных смесей, емкостей, содержащих газ, пар под давлением; ядерные взрывы освещаются конспективно.

3.2. Взрыв конденсированных химических взрывчатых веществ. параметры ударной волны.

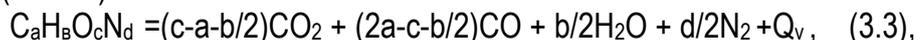
Конденсированные взрывчатые вещества – это в основном твердые ВВ с плотностью $\rho = (1,3...4,5) \cdot 10^3$ кг/м³, например, тротил $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$, гексоген $(CH_2NNO_2)_3$, тэн $C(CH_2ONO_2)_4$, гремучая ртуть $Hg(ONC)_2$ и др. Имеется некоторое количество жидких ВВ, например, нитроглицерин $C_3H_5(ONO_2)_3$.

Рассмотрим реакции взрывчатого превращения широко применяемых в инженерной практике и военном деле ВВ типа $C_aH_bO_cN_d$. Здесь индексы a, b, c, d отвечают количеству атомов углерода, водорода, кислорода, азота в молекуле взрывчатого вещества соответственно. В результате взрыва образуются устойчивые продукты, в основном CO_2 , CO , C , H_2O , N_2 , H_2 , O_2 , C_2N_2 и в небольших количествах CH_4 , NH_3 , C_2H_2 , CN_2 , HCN . В приближенных расчетах образующимися в небольших количествах CH_4 , NH_3 , C_2H_2 , CN_2 , HCN пренебрегают. С учетом отмеченного обстоятельства реакции взрывчатого превращения рассматриваемых ВВ можно представить в виде [52].

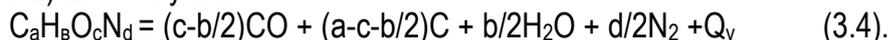
Если выполняется условие $c \geq (2a + b/2)$, то



при $(a+b/2) < c < (2a+b/2)$ имеет место



А при $(a+b/2) \geq c$ получим

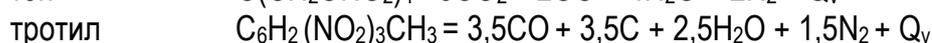
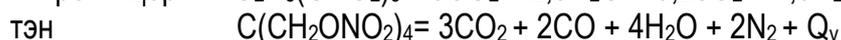


В качестве примера рассмотрим реакции взрывчатого превращения широко известных нитроглицерина, тэна, тротила.

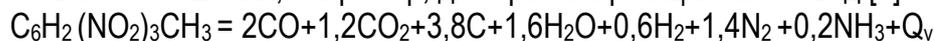
Для нитроглицерина $C_2H_5(ONO_2)_3$ значения величин $a=2$, $b=5$, $c=9$, $d=3$ и выполняется условие $c \geq (2a+b/2)$. Следовательно, реакция взрывчатого превращения рассчитывается по соотношению (3.2).

Нетрудно показать, что реакции взрывчатого превращения для тэна и тротила рассчитываются по соотношениям (3.3), (3.4) соответственно.

Рассматриваемые реакции имеют вид:



В строгих расчетах для реакций взрывчатого превращения используются более сложные соотношения, например, для тротила реакция имеет вид [5]



$$\left. \begin{aligned} P_g &= 2(\gamma - 1)\rho Q_v \\ N_g &= \sqrt{\frac{(\gamma + 1)P_g}{\rho}} \end{aligned} \right\} \quad (3.5).$$

Значения теплоты образования некоторых ВВ и продуктов взрыва приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1

Значения теплоты образования взрывчатых веществ и продуктов взрыва		
Вещество	Химическая формула	Теплота образования ккал/гмоль
Гексоген	$C_3H_6O_6N_6$	-20,9
Гремучая ртуть	$Hg(ONC)_2$	-65,4
Нитроглицерин	$C_2H_5(ONO_2)_3$	82,7
Тэн	$C(CH_2ONO_2)_4$	123
Тротил	$C_6H_2(NO_2)_3CH_3$	13,0
Двуокись углерода	CO_2	94,5
Окись углерода	CO	26,4
Вода (пар)	H_2O	57,7
Вода (жидкость)	H_2O	67,5
Закись азота	N_2O	-17,7
Окись азота	NO	-21,6
Двуокись азота	NO_2	-4,1
Аммиак	NH_3	10,5
Метан	CH_4	18,4
Простые вещества	H_2, O_2, N_2, C	0

Примечание. Знак (+) при значении теплоты образования соответствует тепловому эффекту с выделением тепла, знак (-) - с поглощением.

В качестве примера оценим теплоту взрыва тэна.

Теплота образования $3CO_2$ составляет $3 \cdot 94,5 = 283,5$ ккал

$2CO$ $2 \cdot 26,4 = 52,8$ ккал

$4H_2O$ $4 \cdot 57,7 = 230,8$ ккал

$2N_2$ $2 \cdot 0 = 0$

Всех продуктов $567,1$ ккал

Тэна 123 ккал

Теплота взрыва тэна $Q_v = 567,1 - 123 = 444$ ккал/гмоль =
 $(444,1/316) \cdot 1000$ ккал/кг $\approx 5,8$ МДж/кг

Значения Q_v ряда ВВ приведены в таблице 3.2

Взрывы большинства конденсированных ВВ протекают в режиме детонации. Давление во фронте детонационной волны P_g, P_a , и скорость распространения фронта $N_g, m/s$, определяются по соотношениям [52,55,56]:

Таблица 3.2.

Теплота (энергия) взрыва конденсированных взрывчатых веществ		
Взрывчатое вещество	Плотность ВВ, кг/м ³	Теплота взрыва Q_v , МДж/кг
Тринитротолуол (тротил) – ТНТ	1600	4,52
Аммотол 80/20 (80% нитрата аммония 20% ТНТ)	1600	2,65
Гексоген	1650	5,36
Гремучая ртуть	4430	1,79
Нитроглицерин	1590	6,70
Октоген	1900	5,68
Октан (70% октана + 30%ТНТ)	1800	4,50

Тетрил	1730	4,52
Тэн	1770	5,80
Тринотал (80% ТНТ + 20% алюминия)	1720	7,41
Торпекс (42%гексогена+40%ТНТ+18% алюминия)	1760	7,54
60%-ный нитроглицериновый динамит	1300	2,71
Пластит (90%нитроглицерина + 7,9% нитроцеллюлозы+ 0,9%щелочи +0,2 % H ₂ O)	1300	4,52

В этих формулах ρ – плотность ВВ, кг/м³, Q_v – теплота взрыва, Дж/кг, γ – показатель адиабаты продуктов взрыва ($\gamma = \frac{\sum n_j C_{pj}}{\sum n_j C_{vj}}$, где n_j – число молей j-го продукта в уравнении взрывчатого превращения ВВ; C_{pj} , C_{vj} – средние молярные теплоемкости j-го продукта взрыва при постоянном давлении и постоянном объеме в диапазоне изменения температур от начальной T_0 до температуры взрыва T).

В целом ряде случаев величину этого показателя принимают равной $\gamma \approx 3$.

Характер изменения давления во времени (эпюра волны) при прохождении воздушной ударной волны показан на рис.3.1

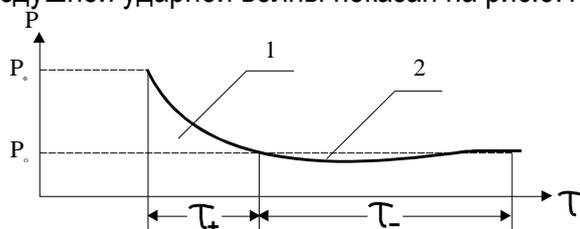


Рис.3.1 Эпюра ударной волны 1-фаза сжатия, 2- фаза разрежения

Передняя граница сжатой области называется фронтом ударной волны, а сама область – фазой сжатия. За фазой сжатия следует фаза разрежения, в которой давление воздуха ниже существовавшего до прихода волны. Разность $\Delta P_\phi = P_\phi - P_0$, где P_0 – атмосферное давление, называется избыточным давлением во фронте ударной волны, время λ_+ – длительность фазы сжатия, время λ_- – длительность фазы разрежения. Воздух в фазе сжатия движется в сторону распространения фронта, в фазе разрежения – в противоположном направлении.

Скорость фронта ударной волны N_ϕ , м/с, скорость воздуха V_ϕ , м/с плотность воздуха ρ_ϕ , кг/м³, за фронтом в зависимости от величины давления ΔP_ϕ , Па, определяется по формулам:

$$\begin{aligned}
 N_\phi &= C_0 \sqrt{1 + \frac{k+1}{2k} \cdot \frac{\Delta P_\phi}{P_0}} \\
 V_\phi &= \frac{C_0}{K} \cdot \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\sqrt{1 + \frac{k+1}{2k} \cdot \frac{\Delta P_\phi}{P_0}}} \\
 \rho_\phi &= \frac{\rho_0 \left(1 + \frac{k+1}{2k} \cdot \frac{\Delta P_\phi}{P_0}\right)}{1 - \frac{k-1}{2k} \cdot \frac{P_\phi}{P_0}}
 \end{aligned}
 \quad (3.7)$$

где C_0 - скорость звука, ρ_0 - плотность воздуха в невозмущенной атмосфере, $k=C_p/C_v=1,4$ - показатель адиабаты воздуха.

Поражающее действие ударной волны связано в основном с действием избыточного давления и скоростного напора воздуха в фазе сжатия.

Изменение давления во времени в фазе сжатия описывается соотношением вида

$$\Delta P_+(t) = \Delta P_\phi \left(1 - \frac{t}{\lambda_+}\right)^n, \quad (3.8.),$$

где $n = 0,19 \sqrt{\Delta P_\phi}$ при $\Delta P_\phi \geq 28$ кПа
 $1,0$ при $\Delta P_\phi < 28$ кПа

Максимальное давление скоростного напора воздуха за фронтом ударной волны $\Delta P_{ск}$, Па, находится по соотношению

$$\Delta P_{ск} = C_x \frac{\rho_\phi v_\phi^2}{2}, \quad (3.9),$$

где C_x - коэффициент лобового сопротивления тела.

Основные параметры ударной волны: давление во фронте ΔP_ϕ , длительность фазы сжатия λ_+ , импульс давления в фазе сжатия $J_+ = \int_0^{\lambda_+} \Delta P(t) dt$ зависят от мощности взрыва, удаления точки наблюдения от центра взрыва, а также вида взрыва. При авариях в промышленности и на транспорте, как правило, имеет место наземный взрыв. Ниже такой вид взрыва рассматривается как расчетный.

При наземном взрыве фронт воздушной ударной волны имеет форму полусферы.

Избыточное давление во фронте ударной волны при взрыве тротилового заряда определяется по формуле М.А.Садовского

$$\Delta P_\phi = 95 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 1300 \frac{G}{R^3}, \quad (3.10),$$

где ΔP_ϕ - избыточное давление, кПа; G - масса тротилового заряда, кг;

R - расстояние от центра взрыва, м.

Формула (4.10) справедлива в широком диапазоне изменения давления ΔP_ϕ от нескольких кПа до нескольких тысяч кПа.

Длительность фазы сжатия

$$\tau_+ = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[6]{G} \cdot \sqrt{R}, \quad (3.11),$$

где величины G , R имеют прежний смысл.

Максимальное давление разрежения в фазе разрежения (ΔP_-) по абсолютной величине существенно меньше максимального давления в фазе сжатия (ΔP_ϕ), длительность фазы разрежения $\lambda_- > \lambda_+$

Например, согласно рекомендациям [5] в случае наземного взрыва

$$\Delta P_- = 30 \sqrt[3]{G} / R, \text{ кПа}$$

$$\tau_- = 0,013 \sqrt[3]{G}, \text{ с.}$$

Импульс давления в фазе сжатия определяется по соотношению

$$J_+ = \int_0^{\lambda_+} \Delta P_\phi \left(1 - \frac{t}{\lambda_+}\right)^n dt = \frac{\Delta P_\phi \cdot \lambda_+}{n+1} \quad (3.12).$$

Для определения импульса давления используется также формула [5]

$$J_+ = A \frac{G^{2/3}}{R}, \quad (3.13),$$

где J_+ - импульс давления в фазе сжатия, кПа·с; G - тротильный эквивалент взрыва, кг; R - расстояние от центра взрыва, м; A - численный коэффициент ($A \approx 0,35$).

В приближенных расчетах по оценке воздействия взрыва на различные сооружения изменение давления в фазе сжатия часто принимают в виде:

$$\Delta P_+(t) = \Delta P_\Phi \left(1 - \frac{t}{\lambda_{\Phi\phi}}\right) \quad (3.14),$$

где величину $\lambda_{\Phi\phi}$ находят из условия равенства импульсов давления в фазе сжатия, определяемых по формулам (3.8) и (3.14).

$$J_+ = \frac{\Delta P_\Phi \cdot \lambda_+}{n+1} = \frac{\Delta P_\Phi \lambda_{\Phi\phi}}{2}$$

Отсюда
$$\lambda_{\Phi\phi} = \frac{2J_+}{\Delta P_\Phi} = \frac{2\lambda_+}{n+1} \quad (3.15).$$

Воздушный взрыв подразделяется на взрыв в однородной атмосфере и взрыв над отражающей поверхностью земли.

При взрыве в однородной атмосфере фронт волны имеет форму сферы. Избыточное давление во фронте рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_\Phi = 76 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 246 \frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 650 \frac{G}{R^3} \quad (3.16).$$

Длительность фазы сжатия: $\tau_+ = 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[6]{G} \cdot \sqrt{R} \quad (3.17).$

В формулах (3.16) и (3.17) величины G, R имеют то же значение, что и в формулах (3.10) и (3.11).

Следует отметить, что формулы (3.16) и (3.17) переходят в формулы (3.10) и (3.11) при замене величины G на $2G$. Это связано с тем обстоятельством, что при воздушном взрыве энергия взрыва распределяется во всем воздушном пространстве, при наземном – в полупространстве. При этом наземный взрыв оказывается как бы вдвое мощнее воздушного. Импульс давления в фазе сжатия ударной волны при воздушном взрыве определяется по формуле (3.12), в которой значения $\Delta P_\Phi, \lambda_+$ находятся по соотношениям (3.16) и (3.17).

При взрыве над поверхностью земли до встречи с этой поверхностью фронт волны также имеет форму сферы, рис. 3.2.

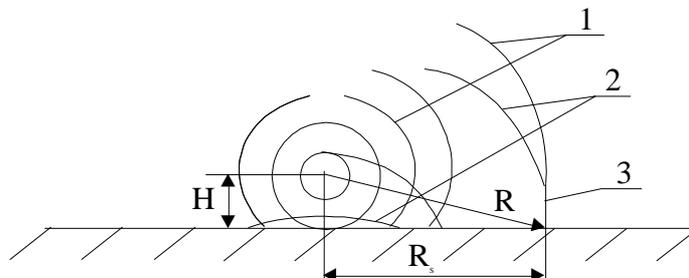


Рис.3.2 Схема воздушного взрыва

1- падающая волна, 2 – отраженная волна, 3- головная волна.

При встрече с поверхностью земли ударная волна отражается. У поверхности земли отраженная волна распространяется быстрее падающей – она движется по слою воздуха, сжатого падающей волной, поэтому на определенном расстоянии она догоняет падающую волну и сливается с ней, образуя головную волну. Область, где падающая и отраженные волны еще не сливаются (они имеют общую точку пересечения фронтов на поверхности земли), называется областью регулярного отражения. Радиус этой области примерно равен высоте взрыва. Область, где возникает головная волна, называется областью нерегулярного отражения.

Давление во фронте ударной волны у поверхности земли определяется по формулам:

- в области регулярного отражения ($R_3 \leq H$)

$$\Delta P_{отр} = 2\Delta P_{\Phi} + \frac{\frac{k+1}{k-1} + \Delta P_{\Phi}^2}{\Delta P_{\Phi} + \frac{2k}{k-1} \cdot P_0} = 2\Delta P_{\Phi} + \frac{6\Delta P_{\Phi}^2}{\Delta P_{\Phi} + 7P_0} \quad (3.18)$$

- в области нерегулярного отражения ($H < R_3 < 8H$)

$$\Delta P_{г.в.} = \Delta P_{\Phi} \left[1 + 7 \frac{(\Delta P_{\Phi} + P_0)(R + H)}{(\Delta P_{\Phi} + 7P_0) \cdot 2R} \right] \quad (3.19),$$

где $\Delta P_{отр}$ - давление отражения;

$\Delta P_{г.в.}$ - давление во фронте головной волны;

ΔP_{Φ} - давление во фронте падающей волны, рассчитываемое по формуле (3.18);

$R = \sqrt{R_3^2 + H^2}$ - расстояние от центра взрыва до точки наблюдения на поверхности земли $k = 1,4$ – показатель адиабаты воздуха.

При $R_3 > 8H$ давление во фронте головной волны определяется по формуле (3.10), как при наземном взрыве.

Учет энергии взрыва различных ВВ. При взрыве зарядов, различающихся по величине теплоты (энергии) взрыва Q_v , расчет давления во фронте воздушной ударной волны проводится по формулам (3.10) и (3.16), в которых под величиной G подразумевается величина

$$G = \frac{Q_v}{Q_{v.тр.}} G_0, \quad (3.20),$$

где G_0 – масса рассматриваемого заряда, кг;

Q_v – теплота взрыва 1 кг массы этого заряда, Дж/кг;

$Q_{v.тр.}$ – теплота взрыва 1 кг тротила, Дж/кг.

Величину G принято называть тротиловым эквивалентом взрыва исходного заряда. Значения Q_v некоторых ВВ приведены ранее в таблице 3.2.

Закон подобия при взрывах.

При воздушном взрыве в однородной атмосфере и наземном взрыве зарядов различной массы G_1 и G_2 (с одним и тем значением Q_v) одинаковые величины давления во фронте ударной волны будут иметь место на расстояниях, определяемых соотношением

$$\frac{R_2}{R_1} = \sqrt[3]{\frac{G_2}{G_1}} \quad (3.21).$$

Импульсы давления в фазах сжатия ударных волн взрывов этих зарядов и продолжительности фаз сжатия на расстояниях R_1 и R_2 , определяемых соотношением (4.21), соотносятся в виде

$$\frac{J_{+2}}{J_{+1}} = \sqrt[3]{\frac{G_2}{G_1}}, \quad \frac{\lambda_{+2}}{\lambda_{+1}} = \sqrt[3]{\frac{G_2}{G_1}} \quad (3.22).$$

В случае воздушного взрыва над поверхностью земли соотношению (3.21) удовлетворяют как эпицентрального расстояние $R_э$, так и высота взрыва H .

3.3. Взрыв газовой смеси в открытой атмосфере.

Целый ряд тяжелых катастроф произошло при взрывах газовой смеси в атмосфере.

При аварии, сопровождающейся разгерметизацией емкости содержащей сжатый и сжиженный горючий газ, или разрыве газопровода образуется облако газовой смеси (ГВС). Характер взрыва облака ГВС зависит от ряда факторов: его размеров, распределения и концентрации горючей примеси по облаку, величины энергии инициирования. Возможны режимы горения, взрывного горения, детонации, а также их комбинации. Воспламенение облака происходит при наличии источника зажигания. При этом возможен переход дефлаграционного дозвукового режима горения к детонационному сверхзвуковому. Детонационный режим может возникнуть и непосредственно, например, от взрыва детонатора или электрической искры, если размеры облака превышают некоторое критическое значение. При оценке параметров взрыва облако взрыва приближенно принимают в форме полусферы.

Взрыв в режиме детонации. Наиболее тяжелые последствия наблюдаются при детонации облака ГВС. Такой взрыв может иметь место при значениях радиуса облака R_0 , концентрации горючей примеси ρ_n , энергии зажигания, отвечающим условиям [1,55,56]:

$$\left. \begin{array}{l} R_0 > R_{кр} \\ E > E_{воспл.} \end{array} \right\} \quad НКП_{д} \leq \rho_n \leq ВКП_{д} \quad (3.23)$$

где $R_{кр}$ – характерный размер облака, м; $E_{воспл.}$ – энергия воспламенения, Дж;

$НКП_{д}$, $ВКП_{д}$ – нижний и верхний концентрационные пределы горючей смеси, определяющие область детонации ГВС, кг/м³.

Значения $R_{кр}$, $НКП_{д}$, $ВКП_{д}$, $E_{воспл.}$ для некоторых горючих газов приведены в табл 3.3. В этой таблице приведены также данные о концентрации горючей примеси ρ , кг/м³, при которой газоздушная смесь наиболее чувствительна к детонации, значения нижнего $НКП_{д}$, кг/м³, и верхнего $ВКП_{д}$, кг/м³, концентрационных пределов примеси, определяющих область воспламенения ГВС [5,6].

Таблица 3.3.

Концентрационные пределы воспламенения и детонации газозвушных смесей и минимальные размеры облака, способного детонировать.

Газ		НКП кг/м ³	ВКП кг/м ³	НКП _д , кг/м ³	ВКП _д , кг/м ³	ρ , кг/м	R _{кр} м	E _{воспл} мДж
Ацетилен	C ₂ H ₂	0,021	0,86			0,145	1,56	0,011
Бутан	C ₄ H ₁₀	0,045	0,22	0,065				0,25
Водород	H ₂	0,0033	0,002		0,135	0,026	54,8	0,017
Метан	CH ₄	0,033	0,10			0,088	199	0,28
Пропан	C ₃ H ₈	0,038	0,17	0,059		0,112	42,9	0,26
Пропилен	C ₃ H ₆	0,038	0,18	0,066	0,138	0,124	29,3	0,17
Этан	C ₂ H ₆	0,036	0,185	0,054	0,159	0,076	54,8	0,24
Этилен	C ₂ H ₄	0,034	0,37		0,123	0,119	15,6	0,12

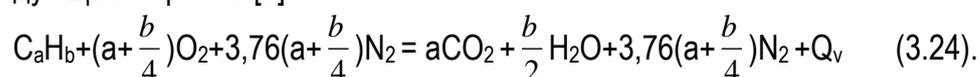
Согласно данным этой таблицы диапазон НКП – ВКП шире диапазона НКП_д-ВКП_д, что следует учитывать при оценке обстановки при авариях, сопровождающихся выбросом горючих газов в атмосферу. Режимы горения газозвушных смесей в диапазоне НКП – ВКП зависят от выполнения или невыполнения условий (3.23).

Вероятность взрыва в режиме детонации повышается при наличии на местности различных предметов, зданий, деревьев, способствующих турбулизации процесса распространения пламени по облаку.

При детонации ГВС параметры детонационной волны, распространяющейся по облаку газозвушной смеси, находятся по соотношениям (3.5), где принимается: ρ - плотность смеси, кг/м³, Q_v – теплота взрыва смеси, Дж/кг, γ - показатель адиабаты продуктов взрыва ГВС.

Следует отметить, что максимальные параметры взрыва имеют место при стехиометрическом составе смеси. Стехиометрической называется оптимальная по составу смесь, в которой количество всех компонентов полностью соответствует уравнению реакции взрывного превращения. При избытке горючего вещества смесь называется богатой, при избытке окислителя – бедной.

При нормальных условиях (температура 0°С, давление 1 атм.) взрывная реакция для газозвушных смесей с горючим веществом вида C_aH_b представляется следующим образом [1]



В этом уравнении учитывается, что при нормальных условиях в воздухе содержится 21% кислорода и 79% азота. Этому соотношению кислорода и азота в воздухе отвечает численный множитель 3,76 при N₂.

Теплота взрыва горючего газа определяется согласно закону Г.И.Гесса как разность между суммой теплот образования продуктов взрыва ($Q_{|aCO_2}$, $Q_{|bH_2O}$) и теплотой образования горючего вещества ($Q_{|aC_aH_b}$). Теплота образования молекул простых веществ N₂, O₂ равна нулю.

Значения теплоты образования некоторых горючих газов приводятся в таблице 3.4 [4]. Значения теплоты образования CO_2 и H_2O приведены ранее в таблице 3.1.

Таблица 3.4

Теплота образования горючих газов и жидкостей.

Горючее вещество	Хим. формула	Агрегатное состояние	Тепл.образ. Q, ккал/гмоль
Ацетилен	C_2H_2	Газ	-57,15
Бутан	C_4H_{10}	Газ	29,7
Метан	CH_4	Газ	17,89
Пропан	C_3H_8	Газ	24,8
Этан	C_2H_6	Газ	20,2
Этилен	C_2H_4	Газ	-12,56
Бензол	C_6H_6	Жидк.	-11,12
Метиловый спирт	CH_3OH	Жидк.	48,08
Этиловый спирт	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Жидк.	56,24

Теплоту взрыва горючих веществ определяют также экспериментально с помощью кислородных установок [1].

Стехиометрическая концентрация горючей примеси $\rho_{\text{п.стх}}$, кг/м^3 , применительно к смеси вида (3.24) вычисляется по соотношению

$$\rho_{\text{п.стх}} = \frac{m_1}{22,4[1 + 4,76(a + b/4)]}, \quad (3.25),$$

где m_1 – масса одного киломоля горючего вещества; a, b – число атомов углерода и водорода в молекуле горючего вещества.

Плотность смеси стехиометрического состава $\rho_{\text{п.стх}}$, кг/м^3 , находится по соотношению

$$\rho_{\text{стх}} = \frac{m_1 + (a + b/4)m_2 + 3,76(a + b/4)m_3}{22,4[1 + 4,76(a + b/4)]}, \quad (3.26),$$

где m_1, m_2, m_3 – масса одного киломоля горючего вещества, кислорода, азота соответственно; a, b – имеют то же значение, что и в формуле (3.25).

Если величины $\rho_{\text{п.стх}}$, $\rho_{\text{стх}}$ необходимо привести к иным начальным условиям, пользуются зависимостями

$$\rho_{\text{п.стх}}' = \rho_{\text{п.стх}} \frac{273 \cdot P}{101,3 \cdot 10^3 \cdot T}; \quad \rho_{\text{стх}}' = \rho_{\text{стх}} \frac{273 \cdot P}{101,3 \cdot 10^3 \cdot T}, \quad (3.27),$$

где T – заданная температура смеси, К; P – заданное давление, Па.

Теплота взрыва газовой смеси $Q_{\text{в.стх}}$, Дж/кг, и теплота взрыва горючей примеси $Q_{\text{в}}$, Дж/кг, применительно к смеси вида (3.24), связаны соотношением

$$\frac{Q_{\text{в.стх}}}{Q_{\text{в}}} = \frac{m_1}{m_1 + (a + b/4)m_2 + 3,76(a + b/4)m_3}, \quad (3.28)$$

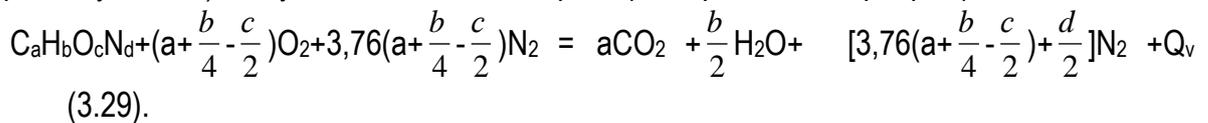
Значения $\rho_{\text{п.стх}}$, $\rho_{\text{стх}}$, $Q_{\text{в.стх}}$, $Q_{\text{в}}$ для некоторых газоздушных смесей приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Теплота взрыва и плотность газозвудушных смесей стехиометрического состава.

Горючее вещество	Хим.формула	$\rho_{\text{стх}}$, кг/м ³	$Q_{\text{в.стх}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{п.стх}}$, кг/м ³	$Q_{\text{в.}}$, кг/м ³
Аммиак	NH ₃	1,130	2,37	0,150	18,6
Ацетилен	C ₂ H ₂	1,278	3,39	0,090	48,3
Ацетон	C ₃ H ₆ O	1,210	3,11	0,129	28,6
Бутан	C ₄ H ₁₀	1,328	2,78	0,0815	45,8
Бутилен	C ₄ H ₈	1,329	2,89	0,0845	45,5
Бензол	C ₆ H ₆	1,350	2,94	0,099	40,6
Водород	H ₂	0,933	3,43	0,0264	120
Метан	CH ₄	1,232	2,76	0,068	50
Метилловый спирт	CH ₃ OH	1,305	2,82	0,176	20,9
Пропан	C ₃ H ₈	1,315	2,80	0,079	46,4
Пропилен	C ₃ H ₆	1,314	2,92	0,084	45,8
Этан	C ₂ H ₆	1,250	2,80	0,076	46,4
Этилен	C ₂ H ₄	1,285	3,01	0,082	47,4
Этиловый спирт	C ₂ H ₅ OH	1,340	3,38	0,134	33,8

Следует отметить, что данные по параметрам смесей, образующихся при испарении аммиака, ацетона, метилового и этилового спирта (такие смеси называются паровоздушными), получены на основании реакции взрывчатого превращения вида



Данное уравнение переходит в уравнение (3.24) при значениях величин $c = d = 0$.

В приближенных расчетах при определении давления во фронте детонационной волны часто поступают следующим образом. Принимается, что каждый компонент вносит вклад в теплоту взрыва пропорционально своему содержанию в смеси [1].

$$Q_v = \sum_i \delta_i Q_{vi}, \quad (3.30),$$

где $\delta_i Q_{vi}$ - массовая доля и теплота взрыва i -го компонента.

Тогда в первом соотношении (4.5) под величиной ρ можно подразумевать концентрацию горючей примеси в газозвушной смеси, под величиной Q_v – теплоту взрыва примеси.

1- При выходе детонационной волны на границу облака ГВС происходит образование воздушной ударной волны, аналогично рассмотренному ранее взрыву конденсированных ВВ.

Давление во фронте воздушной ударной волны ΔP_ϕ , Па, вне облака ГВС рассчитывается по формуле [1,7]

$$\Delta P_\phi = A \left(\frac{R_o}{R}\right)^3 + \frac{P_o}{2} \quad \text{при } R_o < R \leq 1,7R_o$$

$$\Delta P_{\Phi} = \frac{B}{\sqrt{1 + 0,41\left(\frac{R_o}{R}\right)^3 - 1}} \quad \text{при } R > 1,7R_o \quad (3.31),$$

$$\text{где } A = \frac{3}{2}(\gamma - 1)\rho Q_v; \quad B = 0,74\left(0,204A + \frac{P_o}{2}\right); \quad R_o = \sqrt[3]{\frac{3M}{2\pi\rho}}$$

В этих соотношениях: R_o - радиус облака ГВС, м; P_o - атмосферное давление, Па; γ - показатель адиабаты продуктов взрыва; M – масса газовой смеси в облаке, кг; ρ - плотность смеси, кг/м³; Q_v – теплота взрыва смеси, Дж/кг.

Согласно соотношению (3.30) под величинами M , ρ , Q_v в (3.31) можно подразумевать также массу горючего газа в облаке, плотность горючей примеси, теплоту взрыва примеси соответственно.

Величина $\gamma = \frac{\sum n_i C_{pi}}{\sum n_i C_{vi}}$ - где n_i – число молей i -го продукта взрыва в уравнении взрывчатого превращения ГВС; C_{pi} , C_{vi} - средние молярные теплоемкости i -го продукта взрыва при постоянном давлении и постоянном объеме в диапазоне температур от начальной T_o до температуры взрыва T . В приближенных расчетах допускается принимать при взрыве ГВС показатель $\gamma \approx 1,25$.

При взрыве в режиме детонации стехиометрической ГВС формулы (3.5), (3.31) могут быть приведены к виду

$$\left. \begin{aligned} P_g &= 1750, \text{ кПа, при } 0 < R \leq R_o \\ \Delta P_{\Phi} &= 1300\left(\frac{R_o}{R}\right)^3 + 50, \text{ кПа, при } R_o < R \leq 1,7R_o \\ \Delta P_{\Phi} &= \frac{230}{\sqrt{1 + 0,41\left(\frac{R_o}{R}\right)^3 - 1}}, \text{ кПа, при } R > 1,7R_o \end{aligned} \right\} \quad (3.32).$$

Как отмечалось ранее, под величиной ρ в значении радиуса облака $R_o = \sqrt[3]{\frac{3M}{2\pi\rho}}$ можно подразумевать концентрацию горючей смеси, при этом величина M – масса горючего газа в облаке.

Тогда для ГВС, содержащих широко используемые газы бутан, бутилен, бензол, метан, пропан, пропилен, этан, этилен допускается принимать

$$R_o = \sqrt[3]{\frac{3M}{2\pi\rho_{n,см}}} = 1,75\sqrt[3]{M} \quad (3.33),$$

где R_o – радиус облака ГВС, м; M – масса горючего газа в облаке, кг.

При определении M принимают $M = \omega M_o$, где M_o – исходная масса сжатого или сжиженного газа в емкости, а также выброшенного в атмосферу при аварии на газопроводе. Коэффициент ω определяют в зависимости от способа хранения или транспортировки горючего вещества: $\omega = 1$ для сжатых газов и газов при атмосферном давлении; $\omega = 0,5$ для газов, сжиженных под давлением; $\omega = 0,1$ для газов, сжиженных охлаждением; $\omega = 0,02 \div 0,07$ – при растекании легковоспламеняющихся жидкостей.

Расчет величин J_+ , τ_+ имеет определенные особенности, связанные со спецификой взрыва и относительно большими размерами источника взрыва – облака ГВС. В

приближенных расчетах их оценки поражающего действия взрыва полагают, что величина импульса давления в фазе сжатия ударной волны может быть представлена в виде [5]

$$\lg \bar{J} = 2,11 - 0,97 \lg \bar{R} + 0,44 (\lg \bar{R})^2 \quad (3.34),$$

где $\bar{J} = J / \sqrt[3]{2G}$ - приведенный импульс давления, Па·с/кг^{1/3};

$\bar{R} = R / \sqrt[3]{2G}$ - приведенное расстояние от центра взрыва, м/кг^{1/3};

$G = M \cdot Q_v / Q_{v,тр}$ - тротильный эквивалент взрыва облака ГВС, кг;

$Q_v, Q_{v,тр}$ - теплота взрыва горючего газа и тротила

соответственно, Дж/кг;

M - масса горючего газа в облаке.

Эффективное время действия фазы сжатия ударной волны λ_{ϕ} определяется по соотношению (3.15)

$$\tau_{эф} = \frac{2J_+}{\Delta P_{\phi}}.$$

Дефлаграционный взрыв облака ГВС. По данным [6] значительное количество взрывов, наблюдавшихся в различных промышленных и транспортных авариях, сопровождавшихся образованием облака ГВС, происходило в режиме, когда часть горючего вещества сгорает, а часть взрывается, сущность данного явления заключается в следующем.

При возгорании облака ГВС в зависимости от его размеров и концентрации горючей примеси возможно прогрессивное увеличение скорости распространения пламени вследствие прогрева тепловым излучением смеси перед фронтом и повышения давления продуктов сгорания за фронтом пламени. При достижении скорости распространения пламени значения нескольких десятков метров в секунду и более (но меньше скорости звука в данной среде) горение переходит в так называемое взрывное горение, само явление называется дефлаграционным взрывом. При этом в воздухе генерируется волна давления. Характерной особенностью этой волны является более плавное (по сравнению с ударной волной) нарастание давления до максимального значения.

Применительно к авариям, сопровождавшимся выбросом горючих газов в атмосферу и формированием облака ГВС, под дефлаграционным взрывом обычно подразумевают горение облака со скоростью 100 ÷ 300 м/с, при этом генерируется волна давления с максимальным давлением 20 ÷ 100 кПа.

Для оценки поражающего действия такого взрыва за пределами облака ГВС используется энергетический подход. По аналогии с (3.20) находится тротильный эквивалент взрыва

$$G = \frac{\alpha M Q_v}{Q_{v,тр}}, \quad (3.35),$$

где M - масса горючего газа в облаке, кг; Q_v - теплота взрыва этого газа, Дж/кг; $Q_{v,тр}$ - теплота взрыва тротила, Дж/кг; α - коэффициент, учитывающий долю горючего вещества.

Величина прореагировавшего при взрыве коэффициента $\alpha = 0,02 \div 0,1$; в приближенных расчетах допускается принимать $\alpha > 0,1$ [6,55].

При этом полагают, что величины J_+, λ_{ϕ} на расстояниях $R > (1,5 \div 2)R_0$, где R_0 – радиус облака, сопоставимы со значениями J_+, λ_{ϕ} при взрыве заряда ВВ мощностью G .

3.4. Взрыв газовой, пылевой и аэрозольной смесей в помещении.

В основе вычислений давления при взрыве газовой смеси в замкнутом объеме лежит уравнение состояния

$$P = NRT \frac{M}{V}, \quad (3.36)$$

где P – давление взрыва, /Па/атм; M – масса взрывчатого вещества, кг; V – объем, м³; T – температура взрыва, К°; N – число молей газообразных продуктов, образующихся при взрыве 1 кг взрывчатого вещества; R – газовая постоянная ($R = 8.31$ Дж/моль*град = 1,986 кал/моль*град = 0,082 (литр*атм)/(моль*град)).

На базе уравнения (3.36) получено соотношение

$$P = P_0 \frac{N \cdot T}{N_0 \cdot T_0}, \quad (3.37)$$

где P_0, P – начальное давление газовой смеси и давление

При взрыве, атм (1 атм = 101,3 кПа); T_0, T – начальная температура смеси и температура взрыва; N_0, N – число молей смеси и число молей продуктов взрыва соответственно.

Максимальное давление взрыва, как отмечалось неоднократно, имеет место при стехиометрической концентрации примеси $\rho_{н.ст.}$, определяемой по соотношению (3.25). При изменении концентрации примеси ρ_n в диапазоне от НКП до ВКП давление взрыва при $\rho_n < \rho_{н.ст.}$ и $\rho_n > \rho_{н.ст.}$ меньше чем при $\rho_n = \rho_{н.ст.}$ (на практике максимальное давление взрыва имеет место при концентрации несколько превышающей стехиометрическую). Для определения давления по формулам (3.36), (3.37) необходимо знать реакцию взрывчатого превращения ГВС и температуру взрыва.

При взрыве ГВС содержащей газы вида C_nH_m , реакция взрывчатого превращения имеет вид (3.24).

Температура взрыва вычисляется по соотношению

$$Q_v = C_v T, \quad (3.38)$$

где Q_v – теплота взрыва; согласно соотношению (3.30) за величину Q_v можно принимать теплоту взрыва горючей примеси.

Величина $C_v = \sum_i n_i C_{vi}$ – средняя теплоемкость продуктов взрыва при изменении температуры от начальной T_0 до температуры взрыва T ; n_i – число молей i -ого продукта взрыва; C_{vi} – его теплоемкость.

Принято величину средней теплоемкости C_v представлять в виде $C_v = a + bt + ct^2$.

В приближенных расчетах ограничиваются зависимостью $C_v = a + bt$, которая для продуктов взрыва (3.24) может быть представлена следующим образом [8,9]

Для N_2	$C_v = 4.96 + 0.0006t$	При $0 < t < 3000^\circ C$
Для H_2O	$C_v = 5.96 + 0.00135t$	При $0 < t < 3000^\circ C$
Для CO_2	$C_v = 6.7 + 0.0035t$	При $0 < t < 1000^\circ C$
	$C_v = 9.4 + 0.0008t$	При $1000 < t < 3000^\circ C$

Допуская определенную погрешность, можно заменить два выражения теплоемкости углекислого газа соотношением вида

$$C_v = 9 + 0.00093t \text{ при } 0 < t < 3000^\circ\text{C} \quad (3.39).$$

При взрыве в производственных и жилых помещениях давление P ослабляется вследствие наличия оконных и дверных проемов и неполного участия горючей смеси во взрыве.

Избыточное давление взрыва стехиометрической смеси в таких помещениях определяется по формуле [55,56]

$$\Delta P = (P_m - P_0) \frac{\alpha M}{\chi \rho_{n.cmx} * V_0} \quad (3.40).$$

В этой формуле P_m -минимальное давление взрыва стехиометрической газозвушной смеси в замкнутом объеме, кПа, определяемое по соотношениям (3.36) или (3.37); P_0 -начальное давление смеси, кПа; M -масса горючего газа или паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, вышедших в результате аварии в помещение, кг; V_0 -свободный объем помещения, м³; $\rho_{n.cmx}$ – стехиометрическая концентрация горючей примеси, кг/м³; χ - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения (в расчетах оценочного характера принимают $\chi \approx 3$); α - коэффициент участия горючего вещества во взрыве.

Принимают $\alpha = 0.5$ для горючих газов и $\alpha = 0.3$ для паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; V_0 - объем помещения за вычетом объема технологического оборудования.

В более общем случае значений концентрации горючей примеси НКП < ρ < ВКП для оценки давления ΔP допускается использовать формулу, применяемую в расчетах давления взрыва пылевоздушных смесей [56]

$$\Delta P = \frac{\alpha M Q_v P_0}{\chi \rho_0 V_0 T_0 C_p} \quad (3.41).$$

В этой формуле ΔP - избыточное давление взрыва, кПа; P_0, ρ_0, T_0 – давление в кПа, плотность в кг/м³ и температура воздуха в помещении в °К до взрыва соответственно; C_p – удельная теплоемкость воздуха ($C_p \approx 1.01$ кДж/кг*град); V_0 - свободный объем помещения, м³; M, Q_v – масса в кг и теплота взрыва в кДж/кг горючей пыли; коэффициент $\alpha \approx 0.5$; $\chi \approx 3$.

Значения теплоты взрыва пыли Q_v приведены в табл.3.6

Таблица 3.6

Горючее вещество	Теплота взрыва Q_v , МДж/кг
Антрацитовая пыль	(32-36)*10 ³
Пыль древесная сосновая	15.4*10 ³
Пыль древесная еловая	20.4*10 ³
Пыль торфяная	10.5*10 ³
Пыль мучная	16.8*10 ³

Для пылей определяют величину НКП. Значение НКП при диаметре частиц менее 100 мкм находят по соотношению

$$\text{НКП} = 800 / Q_v, \quad (3.42),$$

где НКП – нижний концентрационный предел, кг/м³; Q_v – теплота взрыва пыли, кДж/кг.

Применительно к взрыву ГВС в формуле (3.42) под величинами M, Q_V – подразумевают массу в кг и теплоту взрыва горючего газа или паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в кДж/кг соответственно; коэффициенты α и χ имеют те же значения, что и в формуле (3.40)

При взрыве аэрозолей давление ΔP так же рассчитывается по формуле (3.41), где под величинами M, Q_V понимают массу в кг и теплоту взрыва в кДж/кг горючего вещества в составе аэрозоля; величины $P_0, \rho_0, T_0, V_0, C_p$ сохраняют предыдущие значения; коэффициенты $\alpha=0.3, \chi=3$. Значения Q_V в важных частных случаях образования аэрозолей таким топливом как бензин, керосин, мазут, нефть составляют 42; 44; 39.8; 42 МДж/кг соответственно.

По формулам 3.36-3.41 определяется давление дефлаграционного взрыва, наблюдающегося, как правило, при образовании взрывоопасных смесей в помещении. При детонации ГВС (такой случай исключить полностью нельзя) давление во фронте детонационной волны находится по формуле 3.5. В результате взаимодействия этой волны с ограждающими конструкциями давление в замкнутом объеме может достигать до 10 МПа [6,56].

При взрыве ГВС, ПВС и аэрозоля в помещении, если давление $\Delta P > (30...50)$ кПа, здание, как правило, будет разрушено (полностью или частично). При разрушении здания в окружающем воздушном пространстве формируется воздушная ударная волна; имеют место так же тепловое излучение взрыва и разлет осколков, образующихся при разрушении здания.

В приближенных расчетах принимают $\Sigma E \approx E_{y.v.} + E_{оск} + E_T$, где $E = \alpha M Q_V$ – энергия взрыва в помещении, $E_{y.v.} = \beta_1 E$ – энергия, идущая на образование ударной волны, $E_{оск} = \beta_2 E$ – энергия расходуемая на тепловое излучение, $E_T = \beta_3 E$ – кинетическая энергия осколков, при этом $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 < 1$. Условие (< 1) в последнем соотношении связано с тем обстоятельством, что часть энергии взрыва в помещении расходуется на разрушение конструкция здания.

Существуют определенные трудности (и различия) в оценке коэффициентов $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ [6,12] Ниже используются рекомендации [56], согласно которым при взрыве ГВС в помещении значения $\beta_1=0.6, \beta_2=0, \beta_3=0.4$; при взрыве ПВС $\beta_1=0.7, \beta_2=0, \beta_3=0.3$.

Расчет давления во фронте ударной волны за пределами здания проводится по формулам 3.10, 3.20, последнюю из которых в данном случае записывают в виде

$$G = \frac{\alpha \beta_1 M Q_V}{Q_{V.тр.}}, \quad (3.43),$$

где величины $G, M, Q_V, Q_{V.тр.}$ имеют прежний смысл, коэффициент $\alpha=0.5$ в случае взрыва горючих газов, пылей и $\alpha=0.3$ при взрыве аэрозолей; коэффициент β_1 определен выше (при взрыве аэрозолей допустимо принимать $\beta \approx 0.7$)

Способы расчета дальности разлета осколков и теплового излучения в случаях, когда они являются определяющими поражающими факторами взрыва или горения, рассматриваются в последующих разделах.

3.5. Взрыв емкости, содержащей газ под давлением.

Взрыв емкости, находящейся под внутренним давлением газа, относится к группе физических взрывов, обусловленных различными физическими процессами.

В емкостях могут находиться инертные газы под давлением, сжатые или сжиженные углеводородные газы, перегретые водяные пары и др.

Процессы, сопровождающие такие взрывы, относятся к адиабатическим. Как известно, адиабатическим изменением состояния системы называется такое изменение, которое протекает без обмена теплом между системой и окружающей средой.

Для оценки параметров рассматриваемого взрыва используется энергетический подход.

При взрыве металлической емкости, содержащей газ под давлением, образуются осколки, поражающее действие которых зачастую бывает определяющим, а также формируются воздушная ударная волна и имеет место тепловое излучение. При этом, как и в случае взрыва ГВС, ПВС в помещении, имеет место соотношение $E = E_{ув} + E_{оск} + E_{т}$.

При взрыве емкости под внутренним давлением P инертного газа с плотностью ρ энергия взрыва представляется через работу адиабатического расширения газа в виде [13]

$$E = \frac{P_r V}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_o}{P_r} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \quad (3.44),$$

где E - энергия взрыва, Дж; P_r - давление газа в емкости, Па; P_o - атмосферное давление, Па; V - объем емкости, м³; γ - показатель адиабаты газа.

Значения показателя адиабаты для некоторых газов приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Величина показателя адиабаты газов

Газ	γ
Воздух	1,4
Аргон	1,67
Гелий	1,67
Насыщенный пар	1,135

Согласно рекомендациям [12] при таком взрыве значения коэффициентов $\beta_1 = 0,3$, $\beta_2 = 0,7$, $\beta_3 = 0$.

Расчет давления во фронте воздушной ударной волны при разрушении емкости проводится по формулам (3.12), (3.45), в последней из которых величина $\alpha M Q_{вн}$ заменяется на E , значение коэффициента $\beta_1 = 0,3$.

Серьезную опасность представляет разлет осколков, образующихся при разрушении емкости. Движение осколка с известной начальной скоростью можно описать системой уравнений вида [55]

$$\left. \begin{aligned} x'' &= -\frac{\rho_0 C_1 S_1 (x'^2 + y'^2)}{2m} \cos \alpha - \frac{\rho_0 C_2 S_2 (x'^2 + y'^2)}{2m} \sin \alpha \\ y'' &= -g - \frac{\rho_0 C_1 S_1 (x'^2 + y'^2)}{2m} \sin \alpha - \frac{\rho_0 C_2 S_2 (x'^2 + y'^2)}{2m} \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (3.45)$$

где m - масса осколка, кг; C_1, C_2 - коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы осколка соответственно; S_1, S_2 - площадь лобовой и боковой поверхности осколка, м²; ρ_0 - плотность воздуха, кг/м³; α - угол вылета осколка; x, y - координатные оси.

Решение этой системы уравнений приведено на рис. 3.7.

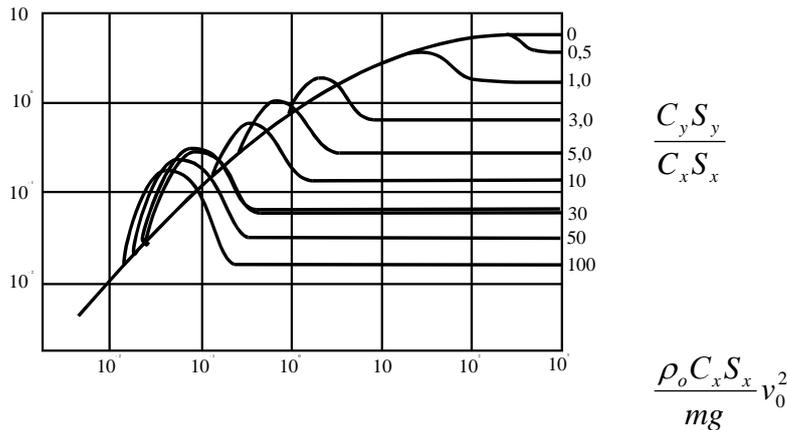


Рис.3.7. Система графиков для оценки дальности полета осколков.

При пользовании данными рис.3.7 следует иметь в виду, что большинству осколков, образующихся при взрыве, присуща неправильная форма. Коэффициент подъемной силы таких осколков $C_1 = C_y = 0$ ($C_y \neq 0$ для плоских осколков). Значения коэффициента $C_1 = C_x$ для некоторых тел в зависимости отношения V_0/C_0 , где C_0 - скорость звука в атмосфере, представлены на рис.3.8:

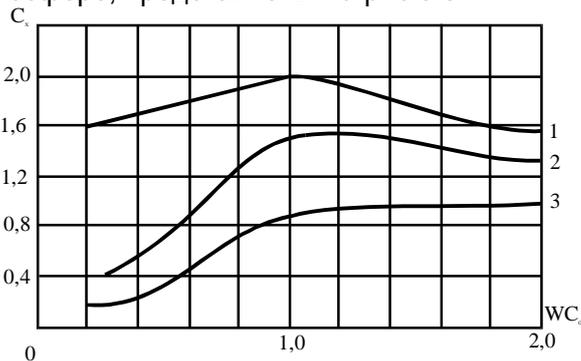


Рис.3.8. Значения коэффициента C_x (1 - куб, 2 - цилиндр, 3 - шар)

В приближенных расчетах для оценки дальности разлета осколков допускается использовать соотношение

$$L_m = \frac{V_0^2}{g} \quad 3.46,$$

где L_m - максимальная дальность разлета осколков, м; V_0 - начальная скорость полета осколков, м/с; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

Соотношение (3.46) получено для случая полета осколков в безвоздушном пространстве. При больших величинах V_0 оно дает завышение значения L_m . Дальность L_m , определенную таким образом, следует ограничить сверху величиной L^*

$$L_m \leq L^* = 238 \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{v \text{ тр}}}} \quad 3.47,$$

где E - энергия рассматриваемого взрыва, Дж; $Q_{v\text{ тр}}$ - теплота взрыва тротила (табл.2), Дж/кг. Значения L^* получены при взрывах тротильных зарядов в металлической оболочке (бомб, снарядов).

При взрыве емкости со сжатым горючим газом энергия взрыва E , Дж, находится по соотношению [12]

$$E = \frac{P_r * V}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_r} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] + MQ_{vп} \quad 3.48,$$

где $M = \alpha\omega M_0$ - масса газа, участвующего во взрыве, кг; $Q_{vп}$ - теплота взрыва горючего газа, Дж/кг; α , ω - коэффициенты, определяемые согласно (3.32), (3.45);

Масса газа в емкости до взрыва $M_0 = V\rho_0 \frac{P_r}{P_0}$, где величины P_0 , P_r , V имеют то же значение, что и в формуле (3.46), а величина ρ_0 - плотность газа при атмосферном давлении.

Как отмечалось в разделе 3.4, показатель адиабаты продуктов взрыва ГВС $\gamma \approx 1,25$. Более точные значения показателя адиабаты некоторых газов, используемые для расчета последствий взрыва, приведены в табл.3.8.

Таблица 3.8

Горючий компонент	γ
Аммиак	1,248
Ацетон	1,259
Бутан	1,270
Бензол	1,261
Водород	1,248
Метан	1,256
Пропан	1,257
Этан	1,257
Этилен	1,259

В рассматриваемом случае также имеет место соотношение $E \approx E_{ув} + E_{оск} + E_{т}$, где E - энергия взрыва, $E_{ув} = \beta_1 E$ - энергия, расходуемая на формирование воздушной ударной волны, $E_{оск} = \beta_2 E$ - кинетическая энергия осколков, $E_{т} = \beta_0 E$ - энергия, идущая на тепловое излучение. Согласно данным [12] здесь коэффициенты $\beta_1 = 0,2$, $\beta_2 = 0,5$, $\beta_3 = 0,3$.

Расчет давления во фронте воздушной ударной волны и дальности разлета осколков при известных значениях энергии взрыва E и коэффициентов β_1 , β_2 , β_3 приводится по аналогии с рассмотренным случаем взрыва емкости с инертным газом.

Необходимо отметить различие событий, происходящих при разгерметизации сосудов, содержащих газ под давлением, и сосудов, содержащих сжиженные газы. Если в первом случае основным поражающим фактором являются осколки оболочки, то во втором - осколки могут не образоваться, так как при нарушении герметичности баллонов с сжиженными газами их внутреннее давление практически одновременно с разгерметизацией становится равным внешнему и далее вступают в действие процессы истечения сжиженного газа из разрушенного баллона в окружающую среду и

его испарения. При этом в случае взрыва основными поражающими факторами являются ударная волна и тепловое излучение.

3.6. Поражающее действие взрыва

Действие воздушной ударной волны. Действие ударной волны является динамической нагрузкой, которая определяется как параметрами волны, так и размерами, формой и прочностью сооружения.

В момент соударения ударной волны с лобовой поверхностью сооружения на ней возникает давление отражения, определяемое по формуле (3.18). По мере прохождения ударной волной расстояния, превышающего $2 \div 4$ длины сооружения (по ходу волны), давление на лобовой поверхности уменьшается до величины, равной сумме давлений в проходящей волне и скоростного напора. Оно называется давлением обтекания. При этом на боковые и верхнюю поверхности сооружения действует давление несколько большее, на тыльную - несколько меньшее, чем в проходящей волне.

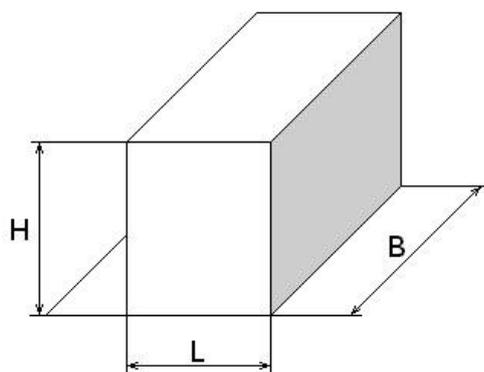


Рис. 3.9. Схематизация здания

В приближенных расчетах изменение давления в фазе сжатия ударной волны обычно принимают в виде (3.14).

Применительно к промышленным и жилым зданиям традиционной формы в виде прямоугольного параллелепипеда, рис.3.9, изменение давления во времени в точках на лобовой, боковой (верховой) и тыльной гранях при воздействии волны показаны на рис.3.10, возникающие при этом нагрузки - на рис.3.11. Здесь обозначено:

$$\Delta P_{\text{отр}} = 2\Delta P_{\text{ф}} + \frac{6\Delta P_{\text{ф}}^2}{\Delta P_{\text{ф}} + 7P_0} - \text{давление отражения на лобовой грани};$$

$$\Delta P_{\text{обт}} \approx 0,5\Delta P_{\text{отр}} - \text{давление обтекания (максимальное значение)};$$

$$\Delta P_{\text{б}}, \Delta P_{\text{т}} - \text{максимальное давление на боковой (верховой) и тыльной гранях}$$

соответственно; при величине давления $\Delta P_{\text{ф}} \leq 100$ кПа значения $\Delta P_{\text{ф}} < \Delta P_{\text{б}} \leq \frac{4}{3}\Delta P_{\text{ф}}$,

$$\Delta P_{\text{т}} \approx (0,6 \div 0,9) \Delta P_{\text{ф}}.$$

$$t_{\text{обт}} = \begin{cases} 2h/C_{\text{отр}} & \text{при } 2h < b \\ b/C_{\text{отр}} & \text{при } 2h > b \end{cases} - \text{время установления давления обтекания}$$

$$t_{\text{н.т}} = \begin{cases} 2\rho/N_{\text{ф}} & \text{при } 2h < b \\ b/N_{\text{ф}} & \text{при } 2h > b \end{cases} - \text{время нарастания давления затекания (и нагрузки) на тыльной грани до максимального значения}$$

$t_{н.б} = a/N_{\phi}$ - время нарастания нагрузки на боковой (верховой) грани до максимального значения;

F_1, F_2, F_3 - нагрузки на лобовую, боковую (верховую), тыльную грани соответственно;

$S_1 = bh, S_2 = ah$ (или ab), $S_3 = bh$ - площади лобовой, боковой (верховой), тыльной грани соответственно;

$$\Delta P_1 = \Delta P_{отр}, \Delta P_2 = \Delta P_6 \left(1 - \frac{t_{н.б}}{2\tau_{эф}}\right), \Delta P_3 = \Delta P_7 \left(1 - \frac{t_{н.т}}{2\tau_{эф}}\right);$$

$C_{отр}$ - скорость звука за фронтом отраженной волны; $N_{\phi} = C_0 \sqrt{1 + 0,83 \frac{\Delta P_{\phi}}{P_0}}$ - скорость распространения фронта ударной волны; C_0 - скорость звука в воздухе.

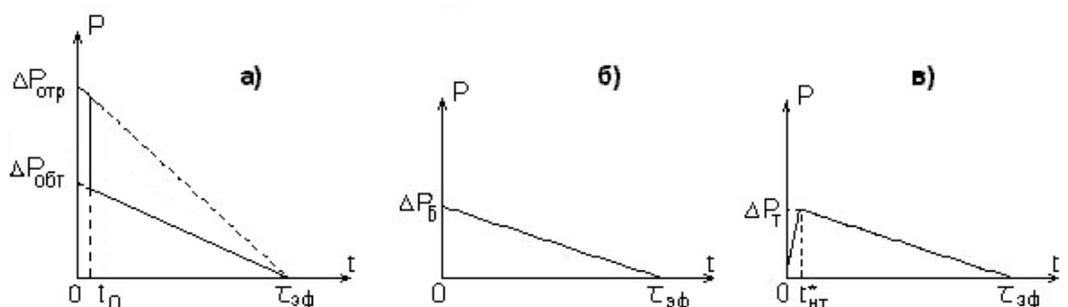


Рис. 3.10. Изменение давления во времени в точках на лобовой (а), боковой (б), тыльной (в) гранях

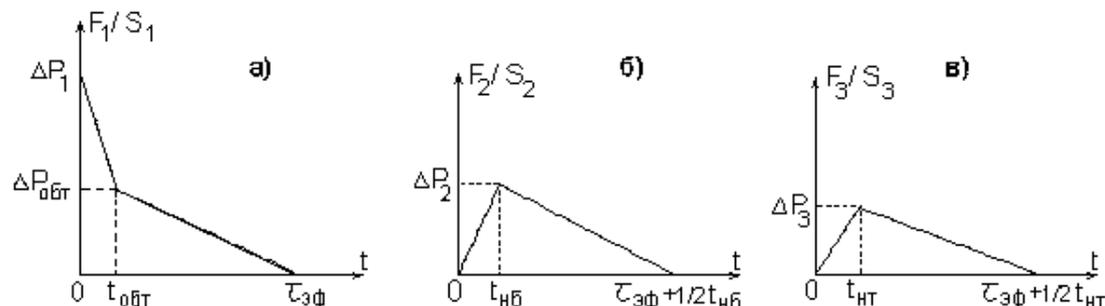


Рис. 3.11. Удельные нагрузки на лобовую (а), боковую (б), тыльную (в) грани сооружения при воздействии ударной волны.

В табл.3.9 проведено сопоставление значений $C_{отр}$ и N_{ϕ} при различных давлениях ΔP_{ϕ} [2;3]

Таблица. 3.9.

Скорость звука за фронтом отраженной волны

ΔP_{ϕ} , кПа	25	50	100	200	500
N_{ϕ} , м/с	374	404	460	555	772
$C_{отр}$, м/с	364	383	417	472	600

Видно, что при давлении $\Delta P_{\phi} < 100$ кПа значения $C_{отр}$ близки к N_{ϕ} (с погрешностью до 10%)

Распределение максимального давления ΔP_m на некоторых преградах при $\Delta P_{\phi} \leq 50$ кПа показаны на рис.3.12.

Преграда	Точка				
	Давление ΔP_m				
Стенка	1	2	3	4	-
	$\Delta P_{отр}$	$1,2 \Delta P_{ф}$	$\Delta P_{ф}$	$0,6 \Delta P_{ф}$	$0,8 \Delta P_{ф}$
Цилиндр	1	2	3	4	5
	$\Delta P_{отр}$	$0,8 \Delta P_{отр}$	$\Delta P_{ф}$	$0,8 \Delta P_{ф}$	$0,9 \Delta P_{ф}$

Таким образом, при действии ударной волны сооружение испытывает как всестороннее обжатие, так и действие смещающей силы, определяемой разностью нагрузок $F_1 - F_3$ на лобовую и тыльную грани, где нагрузка F_3 включается с учетом времени пробега волны по боковой (верховой) грани. При этом сооружение может быть разрушено, сдвинуто с основания или опрокинута.

Характер воздействия ударной волны зависит от величины давления $\Delta P_{ф}$ и соотношения времен $\tau_{эф}$ и T_0 , где T_0 - период собственных колебаний сооружения или конструкции. При $\tau_{эф} \gg T_0$ степень поражения сооружения определяется величиной давления во фронте ударной волны, при $\tau_{эф} < T_0$ - необходимо учитывать воздействие импульса давления в фазе сжатия.

В табл. 3.10 приведены критерии поражения, характеризующие степень разрушения зданий и сооружений при ядерных взрывах, то есть при относительно большой продолжительности фазы сжатия [2 - 3]. Применительно к взрывам обычных ВВ приближенно принимается, что в расчетах оценочного характера данными этой таблицы можно пользоваться при значениях $G > 10$ т.

Таблица 3.10.

Поражение зданий, сооружений при взрыве

Здание, сооружение	Давление $\Delta P_{ф}$, кПа, вызывающее разрушение		
	Сильное	среднее	слабое
Промышленное здание с тяжелым металлическим каркасом	40 – 60	30 - 40	20 - 30
Промышленное здание с легким металлическим каркасом или бескаркасной конструкции	35 – 45	25 - 35	10 - 20
Кирпичное многоэтажное здание (3 этажа и более)	20 – 30	12 - 20	8 - 12
Кирпичное малоэтажное здание (1 - 2 этажа)	25 – 35	15 - 25	10 - 15
Деревянный дом	12 – 20	8 - 12	6 - 8
Остекление	2 – 4	1 - 2	0,6 - 1
Подземные сети коммунального хозяйства (водопровод, газопровод, канализация)	1000 – 1500	600 - 1000	400 - 600
Трансформаторные подстанции. Распределительные устройства	60 – 80	40 - 60	30 - 40
Подземные металлические резервуары (склады ГСМ, АХОВ)	100 – 200	50 - 100	30 - 50
Частично заглубленные (обвалованные) резервуары	50 – 100	30 - 50	10 - 30
Газгольдеры и наземные резервуары для ГСМ и химических веществ	30 – 40	20 - 30	15 - 20
Кабельные подземные линии связи	1000 – 1500	600 - 1000	400 - 600

Краткая характеристика степеней разрушения зданий

Слабое разрушение ($\Delta P_{\phi} = 10 - 20$ кПа). Повреждение или частичное разрушение оконных и дверных проемов, легких перегородок. Частичное разрушение или повреждение крыши. Возможны трещины в стенах верхних этажей. Эти разрушения могут быть устранены в порядке ремонта различной сложности и объема. Ущерб составляет $10 \div 15\%$ от стоимости здания.

Среднее разрушение ($\Delta P_{\phi} = 20 - 30$ кПа). Разрушение крыш, окон, дверей, встроенных перегородок, трещины в стенах, частичное обрушение чердачных перекрытий и стен верхних этажей. После расчистки и ремонта можно использовать помещения нижних этажей. Полное восстановление возможно при капитальном ремонте здания. Ущерб составляет $30 \div 40\%$ от стоимости здания.

Сильное разрушение ($\Delta P_{\phi} = 30 - 50$ кПа). Разрушение несущих конструкций и перекрытий верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей. Ремонт и восстановление затруднительны. Ущерб достигает $50 \div 70\%$ от стоимости здания, сооружения.

Полное разрушение ($\Delta P_{\phi} > 50$ кПа). Разрушение или обрушение всех или большей части стен, сильная деформация или обрушение перекрытий. Из обломков образуется завал в пределах контура здания и вокруг него. Ущерб составляет $\sim 100\%$ от стоимости здания, сооружения.

Поражение людей Поражение незащищенных людей может быть непосредственным и косвенным.

К непосредственному поражению относятся травмы, полученные в результате воздействия избыточного давления и скоростного напора воздуха. Избыточное давление приводит к мгновенному ударному обжатию, которое длится в течение времени τ_+ , постепенно ослабевая. Поток воздуха, движущийся за фронтом ударной волны, создает давление скоростного напора, которое может перемещать тело в пространстве, приводя к столкновению с преградами и падению.

Косвенные поражения люди могут получить в результате ударов осколками и обломками здания, сооружения, обломками деревьев, камнями, осколками разбитых стекол. При этом поражения осколками стекла могут наблюдаться до расстояний, соответствующих давлениям $\Delta P_{\phi} = 2 \div 5$ кПа и считающихся безопасными по воздействию ударной волны.

Различают легкие, средние, тяжелые и смертельные поражения.

Легкие травмы (поражения) имеют место при давлениях $\Delta P_{\phi} = 20 \div 40$ кПа. Наблюдаются ушибы, вывихи, временные функциональные расстройства; понижение слуха, расстройство речи, головная боль. Выздоровление в течение $7 \div 15$ суток. Избыточное давление $\Delta P_{\phi} < 10$ кПа считается безопасным для людей вне здания, сооружения.

Травмы средней тяжести возникают при давлениях $\Delta P_{\phi} = 40 \div 60$ кПа, характеризуются контузией, сотрясением головного мозга. Имеют место повреждения органов слуха, кровотечения изо рта, ушей, носа, повреждения опорно-двигательного аппарата: разрывы связок, сухожилий, переломы мелких и некоторых крупных костей. Лечение до 2-х месяцев.

Тяжелые травмы наблюдаются при давлениях $\Delta P_{\phi} = 60 \div 100$ кПа. К ним относятся: общая контузия, потеря сознания, повреждения внутренних органов и внутренние

кровоизлияния, сильные кровоизлияния из носа, ушей; переломы костей. Лечение свыше 3-х месяцев.

Смертельные поражения имеют место при давлениях $\Delta P_{\phi} > 100$ кПа.

Поражения осколками, образующимися при взрыве емкостей, содержащих газ под давлением

Известно, что при взрыве заряда конденсированного ВВ в оболочке (снаряда, бомбы) образуется множество осколков, разгоняемых до скоростей порядка нескольких километров в секунду. Несмотря на то, что осколки, как правило, имеют нерегулярную форму, их линейные размеры по порядку величины одинаковы, то есть осколки являются плохообтекаемыми телами. При взрыве газгольдеров и баллонов с газом высокого давления может образоваться всего 1 - 2 осколка. Возможны также промежуточные варианты. Начальная скорость осколков при таких взрывах составляет обычно несколько сотен метров в секунду. Форма осколков может быть удлинённой.

После образования осколки летят по воздуху вплоть до их соударения с какой-либо мишенью или землей.

Скорость осколка при встрече с телом человека, поражающего его с вероятностью 0,5, определяется соотношением [55, 56]

$$V^* = 22 + \frac{1247 \pi r_0^2}{m_0}, \text{ м/с} \quad 3.49,$$

где r_0 - средний радиус осколка, м; m_0 - масса осколка, кг.

Вследствие недостаточной информации о значениях r_0 , m_0 , C_x , C_y , использование системы уравнений (4.46) для определения скорости осколка на различных расстояниях от взорвавшейся емкости затруднительно. По этой причине допустимо приближение Г.И.Покровского [12]

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{R}{\rho^* d^*}\right) \quad 3.50,$$

где V_0 - начальная скорость полета осколка, м/с; R - расстояние от центра взрыва, м; $\rho = \rho/\rho_0$ - отношение плотностей материала оболочки емкости и воздуха; $d^* = \sqrt{4r_0^2 + \delta^2}$ - характерный размер осколка, м; δ - толщина осколка, совпадающая, как правило, с толщиной оболочки емкости, м.

Поражение человека происходит при скорости осколка $V \geq V^*$.

3.7. Очаг поражения при авариях и катастрофах, связанных со взрывом.

Очаг поражения при взрыве - это территория, на которой вследствие действия воздушной ударной волны разрушаются здания, сооружения, оборудование, гибнут или получают травмы люди. Территорию очага при взрывах мощностью $G > (10 \div 20)$ т, где G - тротильный эквивалент взрыва, ограничивают кругом радиусом, соответствующим избыточному давлению во фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} = 10$ кПа,

Для определения границы очага поражения и границ зон разрушений используется формула (4.10). По формуле рассчитывается график изменения давления $\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\phi}(R)$, рис. 3.14. С графика снимаются значения расстояний R_1, R_2, R_3, R_4 , на которых имеют место давления $\Delta P_{\phi} = 50, 30, 20, 10$ кПа. При этом зона полных разрушений имеет форму круга радиусом R_1 , зоны сильных, средних и слабых разрушений - форму концентрических колец с внутренним и внешним радиусами R_1 и R_2, R_2 и R_3, R_3 и R_4 соответственно.

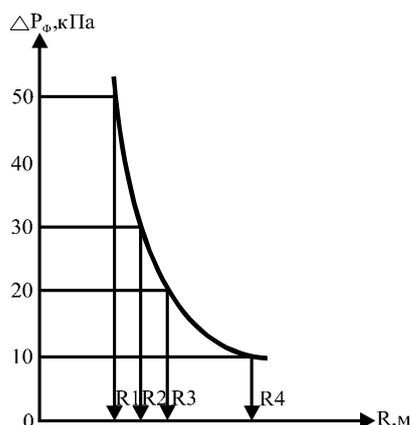


Рис. 3.14. Изменение давления ΔP_{ϕ} при взрыве.

При определении очага поражения можно использовать следующий прием: разрешая формулу 3.10 относительно R , представим ее в виде $R = R(G, \Delta P_{\phi})$, а именно

$$R = \chi G^{1/3}, \quad 3.51,$$

где величина χ зависит только от давления ΔP_{ϕ} . Величину χ принято называть параметром уровня поражения.

Очаг поражения при небольших по мощности взрывах. Расчет очага поражения при взрывах мощностью $G < 10$ т имеет определенные особенности. При определении воздействия ударной волны на здания, сооружения в этом случае необходимо учитывать действие импульса давления в фазе сжатия, вычисляемого по соотношениям 3.12, 3.13.

Значения J_+ , характеризующие степени поражения некоторых объектов, приведены, например, в [1,9].

Вместе с тем, с целью единого подхода к оценке очага поражения при авариях и катастрофах, связанных со взрывом, разработаны приближенные методы, позволяющие упростить проведение необходимых расчетов. К их числу относится метод выбора опорного параметра, характеризующего существо рассматриваемого явления при различных условиях взрыва. В качестве такого параметра выбрана степень поражения объекта.

Расстояния, на которых имеет место одно и та же степень поражения исследуемых объектов при различных значения G определяется по формуле

$$R = \frac{\chi G^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{G}\right)^2\right]^{1/6}}, \quad 3.52,$$

где величины χ , G имеют то же значение, что и в формуле (4.55). Эта зависимость получена на основе наблюдения разрушений типовых зданий и промышленных сооружений при взрывах бомб различной мощности в период II-ой Мировой войны [11].

Давление во фронте воздушной ударной волны на данных расстояниях оценивается по формуле (4.10), которая может быть приведена к виду

$$\Delta P_{\phi} = 95 \frac{B^{1/6}}{\chi} + 390 \frac{B^{1/3}}{\chi^2} + 1300 \frac{B^{1/2}}{\chi^3}, \quad \text{кПа} \quad 3.53,$$

где величина $B = 1 + \left(\frac{3180}{G}\right)^2$, а значение χ то же самое, что и в формулах (3.51), (3.53).

Очаг поражения при детонации газозвушной смеси. Энерговооруженность горючих газов достаточно высока. При детонации облака ГВС с составом смеси, близким к стехиометрическому, поле давлений рассчитывается по соотношениям (4.32). Анализ показывает, что область давлений $\Delta P_{\phi} < 200$ кПа определяется последним из них. Разрешая его в виде $R = R(\Delta P_{\phi}, R_0)$, получим формулу для расчета очага поражения (и зон разрушений)

$$R = R_0 \sqrt[3]{\frac{\left(1 + \frac{230}{\Delta P_{\phi}}\right)^2 - 1}{0,41}}, \text{ м} \quad 3.54.$$

Подставив в эту формулу значения $\Delta P_{\phi} = 50, 30, 20, 10$ кПа можно вычислить радиусы R_1, R_2, R_3, R_4 . Здесь величина R_0 имеет то же значение, что и в соотношениях 3.22.

3.8. Поле давлений и очаг поражения при ядерном взрыве.

Физика и поражающие факторы ядерного взрыва достаточно полно изложены в [52,55,56]. К основным поражающим факторам взрыва относят ударную волну, световое излучение, проникающую радиацию и радиоактивное заражение местности, электромагнитный импульс.

Признано, что наиболее вероятным видом ядерного взрыва является воздушный взрыв на некоторой высоте над поверхностью земли. При таком взрыве формируется обширный очаг поражения, обусловленный действием ударной волны и светового излучения, одновременно существенно меньше, чем при наземном взрыве, радиоактивное заражение местности. В настоящем параграфе рассматривается поражающее действие ядерного взрыва, обусловленное распространением ударной волны.

При определении полей поражающих факторов ядерного взрыва обычно пользуются понятием тротилового эквивалента. Под тротильным эквивалентом такого взрыва подразумевают величину массы тротилового заряда, при взрыве которого выделяется столько же энергии, что и при ядерном взрыве. При этом нужно иметь в виду, что при ядерном взрыве на образование ударной волны затрачивается $\sim 50\%$ энергии взрыва ($\sim 35\%$ - на световое излучение, $\sim 14\%$ - на проникающую радиацию и радиоактивное заражение местности и $\sim 1\%$ - на электромагнитный импульс).

При воздушном ядерном взрыве имеет место волновая картина, представленная на рис.3.4. Расчет параметров ударной волны приближенно может быть выполнен по системе формул (3.16 - 3.19), где под величиной G следует понимать значение $G = 0,5q$, кг (q - тротильный эквивалент ядерного взрыва).

Волновая система при наземном ядерном взрыве соответствует рис.3.3. Параметры ударной волны приближенно находятся по формулам (3.10 - 3.13), где под величиной G аналогично понимается значение $G = 0,5q$, кг.

Более точно давление во фронтах проходящей, отраженной и головной волн (ΔP_{ϕ} , $\Delta P_{\text{отр}}$, $\Delta P_{\text{г.в.}}$), длительность фазы сжатия τ_+ при воздушном ядерном взрыве могут быть определены, если вместо формул (3.16), (3.17) использовать зависимости

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{\phi} &= 6,67 \frac{\sqrt[3]{q}}{R} + 1,7 \frac{\sqrt[3]{q^2}}{R^2} + 0,35 \frac{q}{R^3} \\ \tau_{+} &= 0,37 \sqrt[6]{q} \sqrt{R} \end{aligned} \right\} 3.55.$$

Аналогично при наземном ядерном взрыве вместо формул (3.10), (4.11) можно использовать зависимости

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{\phi} &= 8,4 \frac{\sqrt[3]{q}}{R} + 2,7 \frac{\sqrt[3]{q^2}}{R^2} + 0,7 \frac{q}{R^3} \\ \tau_{+} &= 0,42 \sqrt[6]{q} \sqrt{R} \end{aligned} \right\} 3.56.$$

В формулах (3.55), (3.56) обозначено: ΔP_{ϕ} - избыточное давление во фронте ударной волны, кПа; τ_{+} - длительность фазы сжатия, с; q - тротильный эквивалент ядерного взрыва, кт; R - расстояние от центра взрыва, км.

Указанные уточнения формул связаны с тем обстоятельством, что при наземном взрыве тротильного заряда до ~ 20% энергии взрыва расходуется на образование воронки в грунте, тогда как при воздушном ядерном взрыве - всего несколько процентов.

Для определения очага поражения при воздушном взрыве по формулам (3.18), (3.19), (3.55) строится график изменения давления $\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\phi}(R_{\phi})$. С графика снимаются расстояния $R_{\phi 1}$, $R_{\phi 2}$, $R_{\phi 3}$, $R_{\phi 4}$, отвечающие давлениям $\Delta P_{г.в.} = 50, 30, 20, 10$ кПа соответственно, тем самым определяются зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений.

При наземном взрыве расчеты проводятся по формуле (3.56). При построении зон поражения могут быть полезными данные табл. 3.11.

Таблица.3.11.

Значения давления во фронте воздушной ударной волны при воздушном и наземном ядерных взрывах

Мощность взрыва q , кт	Расстояние от эпицентра (центра) взрыва, км				
	$\Delta P_{\phi} = 100$ кПа	$\Delta P_{\phi} = 50$ кПа	$\Delta P_{\phi} = 30$ кПа	$\Delta P_{\phi} = 20$ кПа	$\Delta P_{\phi} = 10$ кПа
20	0,7/0,6	1,1/1,0	1,5/1,5	1,9/2,0	3,0/3,2
30	0,8/0,7	1,2/1,1	1,7/1,7	2,1/2,2	3,4/3,7
50	1,0/0,8	1,4/1,3	2,0/2,0	2,6/2,7	4,2/4,5
100	1,2/1,0	1,9/1,7	2,5/2,5	3,2/3,8	5,2/6,5
200	1,5/1,2	2,2/1,9	3,0/2,9	3,8/4,4	6,4/7,9
300	1,7/1,4	2,6/2,3	3,5/3,4	4,4/5,0	7,3/9,1
500	2,1/1,7	3,2/3,0	4,4/4,2	5,5/6,0	9,0/1,1
1000	2,9/2,2	4,0/3,6	5,4/5,0	7,0/7,5	11,2/14,3

Примечание: числитель дроби - для наземного взрыва, знаменатель - для воздушного на оптимальной для поражения промышленной и гражданской застройки высоте.

Глава 4. РАДИАЦИОННЫЙ ПОРАЖАЮЩИЙ ФАКТОР

4.1. Радиоактивность – это способность атомных ядер самопроизвольно распадаться с испусканием радиоактивных излучений, или распадаться путем спонтанного деления. При радиоактивном распаде исходное ядро превращается в ядро другого химического элемента.

Почему атомы радиоактивных элементов без какого-либо внешнего воздействия превращаются в атомы других химических элементов? Ответ на этот вопрос можно получить, рассматривая соотношения числа нейтронов и протонов в атоме. Все ядерные частицы, входящие в состав ядра, испытывают воздействие внутриядерных сил, а протоны, кроме того, - силы отталкивания. Наличие внутриядерных сил обуславливает прочность (стабильность) ядер. Оказывается, что все атомные ядра стабильных элементов характеризуются определенным отношением числа нейтронов к числу протонов. Для легких химических элементов оно равно единице и с ростом порядкового номера элемента возрастает до 1,65. При отклонении отношения числа нейтронов к числу протонов от стабильного возникает радиоактивный элемент.

Ионизирующие излучения – потоки частиц и квантов электромагнитного излучения, прохождения которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению его атомов и молекул. Это электроны, позитроны, протоны, нейтроны и другие элементарные частицы, а также атомные ядра и электромагнитные излучения гамма-, рентгеновского и оптического диапазона. В случае нейтральных частиц (гамма-

кванты, нейтроны) ионизацию осуществляют вторичные заряженные частицы, образующиеся при взаимодействии нейтральных частиц с веществом (электроны и позитроны – в случае гамма-квантов, протоны или ядра отдачи – в случае нейтронов) [57-64].

Распад любого радиоактивного элемента (изотопа), радионуклида происходит так, что если имеется N радиоактивных атомных ядер, то из них в единицу времени распадается $N\lambda$ ядер, где λ - постоянная радиоактивного распада, которая показывает долю ядер, распадающихся в единицу времени, эта величина постоянна и характерна для данного типа ядер.

Такой распад приводит к экспоненциальному закону убывания числа атомных ядер данного вещества во времени и описывается формулой:

$$N = N_0 * e^{-\lambda t},$$

где N_0 – количество атомных ядер, имеющих в начальный момент времени.

Это уравнение часто называют основным уравнением радиоактивного распада или законом радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада соблюдается для очень большого числа ядер. Для характеристики радиоактивного распада наряду с величиной λ часто используется величина $T_{1/2}$, называемая периодом полураспада, то есть временем, в течение которого число ядер данного элемента в результате радиоактивного распада уменьшится в два раза. Следовательно,

$$N = 0,5N_0, \text{ при } t = T_{1/2} \text{ или } N/N_0 = e^{-\lambda T_{1/2}} = 1/2,$$

$$\lambda T_{1/2} = \ln 2 = 0,693 \text{ или } T_{1/2} = 0,693 / \lambda$$

Период полураспада $T_{1/2}$ для разных радионуклидов имеет свои значения. Так, например, для стронция-89 – $T_{1/2} = 53,5$ дня, для стронция-90 – $T_{1/2} = 28$ лет, для цезия-137 – $T_{1/2} = 30$ лет.

При работе с радиоактивными веществами (РВ) важно знать не вес РВ, а его активность (количество или интенсивность излучения). Активность РВ (A) – это отношение числа распавшихся ядер dN за интервал времени dt к этому интервалу времени:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

За единицу активности РВ в системе СИ принята активность радиоактивного источника, в котором происходит 1 распад в секунду. Она названа Беккерелем. $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./1с}$

Внесистемная единица активности Кюри (Ки) – это активность источника (РВ), при которой в 1 секунду происходит $3,7 \times 10^{10}$ актов распада, следовательно, $1 \text{ Ки} = 3,7 \times 10^{10} \text{ расп./с} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$. Такое число распадов в 1с дает 1 грамм радия-226 в равновесии с продуктами его распада.

Отношение активности радионуклида в образце к массе или объему вещества называется удельной или объемной активностью. Отношение активности радионуклида к площади поверхности, на которой он распределен, называется поверхностной активностью (плотностью заражения). Единицы измерения удельной (объемной) активности Бк/кг (Бк/м³) или Ки/кг (Ки/л), а поверхностной активности – Бк/см², Бк/м², или Ки/м², Ки/км².

Основной единицей измерения радиоактивности является доза ионизирующего излучения, которая характеризует количество энергии излучения, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Это важнейшая дозиметрическая характеристика, определяющая степень воздействия ионизирующего излучения на объекты. Выделяют такие дозы излучения как экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная эквивалентная, эффективная коллективная [62-72].

Экспозиционная доза – характеризует ионизирующую способность рентгеновского и γ -излучения. Эта доза ионизирующего излучения в воздухе, которая определяет потенциальную опасность воздействия излучения при общем и равномерном облучении человека. Единицей экспозиционной дозы рентгеновского или γ - излучения является кулон на килограмм (Кл/кг). Согласно стандарту, кулон на килограмм – экспозиционная доза рентгеновского или γ -излучения, при которой сопряженная с ней корпускулярная эмиссия в 1 кг сухого атмосферного воздуха производит ионы, несущие заряд в 1 кулон электричества каждого знака. В практике единицей экспозиционной дозы считают внесистемную единицу рентген (Р).

Рентген – это такая доза (количество энергии) рентгеновского или γ -излучения, при поглощении которой в 1 см³ сухого воздуха при нормальных условиях (при температуре 0 °С и давлении 760 мм рт.ст.) образуется 2,083 миллиарда пар ионов, каждый из которых имеет заряд, равный заряду электрона.

$1 \text{ Кл/кг} = 3 \text{ 876 Р}$, следовательно, $1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Дозе 1 Р соответствует поглощение 1 г воздуха 87 эрг энергии излучения, а 1 г биологической ткани 93,5 эрг энергии.

Единицы мощности экспозиционной дозы – ампер на килограмм (А/кг), рентген в секунду (Р/с) и рентген в час (Р/ч). Ампер на килограмм равен мощности экспозиционной дозы, при которой за секунду сухому атмосферному воздуху передается экспозиционная доза 1 кулон на килограмм.

$$1 \text{ А/кг} = 3\,876 \text{ Р/с} \sim 3\,900 \text{ Р/с} = 14 \times 10^6 \text{ Р/ч};$$

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

$$1 \text{ Р/ч} = 7,17 \times 10^{-8} \text{ А/кг}.$$

Поглощенная доза определяет степень тяжести лучевого воздействия на неживые объекты. Для измерения поглощенной дозы любого вида излучения Международной системой измерения СИ установлена единица Грей (Гр). Грей – это поглощенная доза излучения любого вида, при которой 1 кг облученного вещества передается энергия равная 1 Дж. На практике применяется внесистемная единица – рад, которая соответствует 100 эрг энергии, поглощенной массой в 1 г любого вещества.

$$\text{Тогда } 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 10^7 \text{ эрг} / 10^3 \text{ г} = 10^4 \text{ эрг/г} = 100 \text{ рад}.$$

Поглощенная доза используется для характеристики степени воздействия излучения на материалы, аппаратуру, приборы, электро- и радиосети.

Керма – это понятие используют для оценки воздействия на среду косвенно ионизирующих излучений.

Керма (К) – отношение суммы начальных кинетических энергий (dE_k) всех заряженных ионизирующих частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе (dm) вещества в этом объеме: $K = dE_k / dm$.

Единица измерения кермы в СИ такая же, как и единица измерения поглощенной дозы, т.е. грей. Грей равен керме, при которой сумма начальных кинетических энергий всех заряженных ионизирующих частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в веществе массой 1 кг, равна 1 Дж.

Эквивалентная доза используется для характеристики биологического воздействия ионизирующего излучения на человека, которая учитывает влияние качества излучения. В системе СИ единица измерения эквивалентной дозы – Зиверт (Зв), внесистемная единица – бэр (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}.$$

Величина эквивалентной дозы численно равна произведению поглощенной дозы (D_p) на коэффициент качества ионизирующего излучения ($K_{обэ}$).

$$D_э = D_p * K_{обэ},$$

где: $K_{обэ}$ – коэффициент относительной биологической эффективности излучения (коэффициент качества излучения), который для: рентгеновского и β -излучения равен 1; α -излучения – 20; нейтронов с энергией < 10 кэВ и > 20 МэВ – 5; с энергией 10-100 кэВ и 2-20 МэВ – 10; с энергией 0,1-2 МэВ – 20.

Эффективная доза – это эквивалентная доза, которая учитывает радиочувствительность органов и тканей организма человека. Она используется для определения риска отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных органов и представляет собой сумму произведений дозы в органе D_i на соответствующий коэффициент W_i для органа или ткани:

$$D_{эф} = \sum_{i=1}^n W_i * D_i,$$

где: W_i – взвешивающий коэффициент для органов и тканей при расчете эффективной дозы ($D_{эф}$), который равен для гонад – 0,20; костного мозга (красного), толстого кишечника, легких, желудка – по 0,12; мочевого пузыря, грудной железы, печени, щитовидной железы – по 0,05; кожи, клеток костных поверхностей – 0,01; остальных органов – 0,05; n - количество органов (тканей), подвергшихся облучению.

Доза эффективная коллективная – мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Величина, определяющая полное воздействие излучения на группу людей, представляется в виде

$$D_s = \sum_{i=1}^n D_{эф_i} * N_i,$$

где: $D_{эф_i}$ – средняя эффективная доза на i -ю подгруппу людей; N_i – число людей в подгруппе.

Эта величина используется для оценки ущерба при действии малых доз облучения на большие группы людей (сотни тысяч человек), вызывающих соматико-стохастические эффекты (сокращение продолжительности жизни, злокачественные изменения крови, опухоли органов и тканей) и генетические эффекты (врожденные уродства). Эффективная коллективная доза измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Для расчета вероятностных потерь и обоснования расходов на защиту населения принимается, что облучение в коллективной эффективной дозе, равной 1 чел-Зв приводит к потере 1 чел-года жизни населения.

Естественные источники радиации включают космическое излучение и излучение от радиоактивных веществ, находящихся в теле человека и окружающей его среде.

Человек всегда подвергался воздействию естественной (природной) радиации или фоновому облучению.

Сейчас фоновое облучение человека создается космическим излучением, естественными и искусственными радиоактивными веществами, находящимися в теле человека и окружающей его среде.

Космическое излучение включает галактическое и солнечное излучение. Галактическое излучение состоит в основном из протонов, α -частиц и легких ядер. В космических излучениях обнаружен антипротон. В мегагалактике обнаружено более 10 тысяч источников радиоактивного излучения. До поверхности Земли сквозь толщу атмосферы проходит менее 1 % космических лучей. За пределами Земной атмосферы (выше 30 км) галактическое излучение создает дозы 50-100 бэр в год. Космические частицы взаимодействуют с атмосферным воздухом и создают вторичное высокоэнергетическое излучение за счет того, что они обладают высокими энергиями (до 10^{13} МэВ).

Солнечное излучение особенно интенсивно со во время вспышек на Солнце, электронная плотность излучения достигает $(3-5) \times 10^{13}$ см⁻³ с энергией электронов 100-500 кэВ. Такие вспышки бывают два раза в год. Космическое излучение больше у полюсов, чем на экваторе и возрастает с высотой над поверхностью Земли. На уровне моря эффективная эквивалентная доза космического излучения составляет 30 мбэр/год, на высоте 2 км – 100-120 мбэр/год.

Естественные радиоактивные вещества, содержащиеся в окружающей среде и теле человека, насчитывают более 60 радионуклидов двух категорий – первичные и космогенные.

Первичные радиоактивные вещества образовались вместе с возникновением Земли и включают радионуклиды уранового и ториевого рядов (семейств) – всего 32 радионуклида, и радионуклиды, не входящие в радиоактивные семейства, то есть радионуклиды, не связанные между собой, такие как калий-40, рубидий-87 и другие – всего 11 радионуклидов.

Космогенные радионуклиды образуются в атмосфере Земли в результате взаимодействия космического излучения с ядрами азота, кислорода, аргона и другими, содержащимися в атмосфере, и поступают на Землю с осадками. К ним относятся тритий, углерод-14, бериллий-7, натрий-22 и другие – всего 14 радионуклидов. Тритий и углерод-14 являются основными космогенными источниками внутреннего облучения человека на Земле. Углерод-14, имея период полураспада 5 600 лет, используется для определения возраста ископаемых останков животных и человека. Внешнее облучение от космогенных радионуклидов (бериллия-7, натрия-22, 24) незначительно и составляет 0,18 мбэр/год.

Основной вклад в дозу внешнего γ -излучения человека дают первичные радионуклиды - γ -излучатели уранового и ториевого семейств, а так же калий-40. Главные γ -излучатели – торий-228 и актиний-228 в ториевом ряду, 99 % дозы γ -излучения в урановых рядах дают свинец-214 и висмут-210. Средняя доза внешнего облучения от радионуклидов, содержащихся в окружающей среде, составляет 40 мбэр/год.

В помещениях доза внешнего γ -излучения примерно в 1,5 раза больше, чем на открытой местности, а в деревянных зданиях в 2-3 раза меньше.

Внутреннее облучение человека определяется калием-40, углеродом-14, свинцом-210, радием-226 и другими и составляет в среднем 130 мбэр/год.

Радон и продукты его распада дают основной вклад в суммарную дозу естественного облучения (более 75 %) и представляют наибольшую опасность для легких от естественных источников облучения. Концентрация радона в воздухе 5-10 Бк/м³, допустимая концентрация продуктов распада радона в помещениях: во вновь строящихся домах ≤ 100 Бк/м³, в заселенных домах ≤ 200 Бк/м³. При концентрации радона в помещениях 200 Бк/м³ доза облучения легких составляет 1,2 Р/год. В Финляндии обнаружены дома, где концентрация радона в 5 000 раз превышает среднюю. Доза облучения в таких домах может превышать 1 000 бэр/год.

Искусственные источники радиации в техносфере. При добыче урановых руд, угля, меди и других полезных ископаемых, а также при их переработке и использовании в атмосферу и окружающую среду выделяются естественные радиоактивные вещества, содержащиеся в рудах и энергоносителях. Так, например, годовые выбросы РВ при добыче и переработке меди: из рудника – $2,4 \times 10^5$ МБк, из дробильной фабрики – 7×10^4 МБк, плавильной печи – $1,7 \times 10^4$ МБк, а при добыче цинка – $8,5 \times 10^6$ МБк, из дробильной фабрики – 4×10^4 МБк и из плавильного завода – 60 МБк. Содержание естественных РВ в угольной золе составляет 3,5 кБк/кг, в торфе – 80 Бк/кг, в природном газе – 1,0 кБк/м³.

Наибольшее загрязнение атмосферы радиоактивными веществами дают угольные электростанции, особенно старые, у которых выброс золы составляет 10 %; меньшее

загрязнение атмосферы дают новые электростанции, на которых этот выброс составляет 2,5 %. Так угольная ТЭЦ электрической мощностью 1 ГВт за счет загрязнения атмосферы и местности радиоактивными веществами создает дозу облучения населения в зоне радиусом 20 км, равную 170 мбэр/год. Меньшие выбросы РВ дают ТЭЦ, которые работают на мазуте и незначительные выбросы дают ТЭЦ, работающие на газе.

Атомная энергетика включает в себя предприятия по добыче урановой руды, ее обогащению, получению урана, разделению изотопов урана, изготовлению тепловыделяющих элементов и сборок, получению ядерной энергии, переработке отработанного ядерного горючего. На каждом из таких предприятий идет утечка радиоактивных веществ в окружающую среду и облучение персонала и населения

[70-76].

При добыче урановой руды шахтным или открытым способом происходит выход радона и продуктов его распада в окружающую среду. Кроме того, при переработке урановой руды на гидрометаллургических заводах и аффинажных фабриках происходит дополнительный выброс радиоактивных веществ в окружающую среду. Оценки показывают, что выход радиоактивных веществ в окружающую среду незначительный и облучение населения, проживающего вблизи металлургических заводов и аффинажных фабрик, пренебрежимо мало и составляет 5×10^{-3} мбэр/год.

При добыче урановой руды имеет место повышенное облучение персонала, так, например, доза облучения легких у подземных рабочих составляет 1 – 2 Р/год, а у рабочих на открытой местности она в 3 раза меньше. Годовая доза внешнего облучения у подземных рабочих составляет 1 Р и 0,5 Р у рабочих на открытой местности.

При переработке и обогащении урановой руды облучение персонала значительно ниже допустимых доз.

При работе АЭС (получении энергии) происходит выход в атмосферу радиоактивных веществ в количествах не более 500 Ки/сут на один реактор электрической мощностью 1 000 МВт. В продуктах выброса основной вклад дают короткоживущие радиоактивные благородные газы. Доза облучения в зоне радиусом 10 км вокруг АЭС за счет выбросов РВ мала и составляет не более $1,5 \times 10^{-4}$ мбэр/год. Доза облучения персонала АЭС находится в пределах 1 – 5 бэр/год, из них 2/3 дозы персонал получает на ремонтных работах.

Радиохимические заводы по переработке отходов ядерного горючего дают самые большие выбросы РВ в атмосферу из всех предприятий ядерного комплекса. Так, например, типовой радиохимический завод производительностью 1500 т/год выбрасывает радиоактивные вещества активностью $1,7 \times 10^7$ Ки/год, в том числе 8×10^5 Ки/год трития и более 7 Ки/год долгоживущих изотопов стронция, цезия и плутония. Такие выбросы РВ в окружающую среду приводят к тому, что доза облучения населения, проживающего вблизи радиохимических заводов, составляет примерно 10 мбэр/год, а в радиусе 20 км – 1 мбэр/год.

Облучение населения при медицинских обследованиях и радиодиагностике – основной источник облучения населения России, который дает среднюю дозу облучения 140 мбэр/год. Рентгенотерапия онкологических больных проводится в течение 1 – 2 недель, и за это время доза облучения на орган (ткань) составляет 2 000 – 6 000 бэр.

Средняя годовая доза облучения населения Великобритании и России (СНГ) от всех источников облучения в 1993 году приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Средняя годовая доза облучения населения Великобритании и России (СНГ)

№	Источник	Великобритания, МкЗв (мбэр)	Россия(СНГ), МкЗв (мбэр)
1	Космические лучи	250 (25)	320 (32)
2	Гамма-излучение от земных пород	250 (25)	440 (44)
3	Внутреннее облучение	300 (30)	360 (36)
4	Радон и продукты его распада	1 200 (120)	1 090 (109)
5	Торий и продукты его распада	300 (30)	1 090 (109)
6	Медицинские исследования	300 (30)	1 230 (123)
7	Радиоактивные осадки	10 (1)	20 (2)
8	Облучение при профессиональной деятельности	5 (0,5)	5 (0,5)
9	Выбросы радионуклидов	< 1(0,1)	31 (3,1)
10	Другие источники	10 (1)	—
	Общая доза	2 500 (250)	4 200 (420)

Из анализа данных, представленных в табл.4.1, следует, что основной вклад в дозу облучения населения России, как и других стран дают естественные источники излучения.

4.2. Поражающее действие ионизирующего излучения.

Биологическое действие ионизирующего излучения условно можно подразделить на первичные физико-химические процессы, возникающие в молекулах живых клеток и окружающего их субстрата, и нарушение функций целого организма как следствие первичных процессов [65-74].

В результате облучения в живой ткани, как и в любой среде, поглощается энергия излучения и возникают возбуждение и ионизация атомов облучаемого вещества. Поскольку у человека (и млекопитающих) основную часть массы тела составляет вода (около 75 %), первичные процессы во многом определяются поглощением излучения водой клеток, ионизацией молекул воды с образованием высокоактивных в химическом отношении свободных радикалов типа OH^\cdot и H^\cdot и последующими ионными каталитическими взаимодействиями этих радикалов между собой и с молекулами белка. Это и есть косвенное (непрямое) действие излучения через продукты радиолиза воды. Прямое действие ионизирующего излучения может вызвать расщепление молекул белка, разрыв наименее прочных связей, отрыв радикалов и др. изменения.

В дальнейшем под действием первичных процессов в клетках возникают функциональные изменения, подчиняющиеся уже биологическим законам жизни и гибели клеток. Наиболее радиочувствительны клетки постоянно обновляющихся тканей некоторых органов (костный мозг, селезенка, половые железы и др.). Изменение на клеточном уровне, гибель клеток приводит к таким нарушениям в тканях, в функциях отдельных органов и в межорганных взаимосвязанных процессах организма, которые вызывают различные последствия для организма или его гибель. Классификация возможных последствий облучения организма приведена ниже.

Соматические (телесные) эффекты – это последствия воздействия облучения на самого облученного, а не на его потомство. Соматические эффекты облучения делят на стохастические (вероятностные) и нестохастические.

К нестохастическим соматическим эффектам относят поражения, вероятность возникновения и степень тяжести которых растут по мере увеличении дозы облучения, и для их возникновения существует дозовый порог. К таким эффектам относят, например, лучевой ожог, катаракту глаза, повреждение половых клеток (кратковременная или полная стерилизация).

Длительные наблюдения за персоналом и населением, подвергавшимся воздействию повышенных доз облучения показало, что длительное облучение при дозах до 50 мЗв в год взрослого человека не вызывает вредных соматических изменений. Не наблюдаются нестохастические эффекты при длительном хроническом облучении, если эквивалентная доза облучения не превышает 500 мЗв в год на любой орган, кроме хрусталика (для него –150 мЗв в год).

Стохастическими эффектами считаются такие, для которых от величины дозы облучения зависит только вероятность возникновения, а не их тяжесть, и отсутствует дозовый порог (хотя это утверждение и не окончательное). Основными стохастическими эффектами являются канцерогенные и генетические. Поскольку эти соматико-стохастические и генетические эффекты облучения имеют вероятностную природу и длительный скрытый (латентный) период, измеряемый десятками лет после облучения, они трудно обнаруживаемы.

К соматико-стохастическим эффектам относят злокачественные новообразования и опухоли, индуцированные излучением. Вероятность их появления зависит от величины дозы облучения, но не исключается и при малых дозах.

Генетические эффекты – врожденные уродства возникают в результате мутаций и других нарушений в половых клеточных структурах, ведающих наследственностью. Генетические эффекты, так же, как и соматико-стохастические.

Выход обоих эффектов мало зависит от мощности дозы, а определяется суммарной накопленной дозой.

Лучевая болезнь

Гибель клетки и утрата функций органов и тканей приводит к появлению клинических симптомов у облученного человека, называемых радиационными симптомами. При облучении всего тела дозой, превышающей определенный порог, у человека возникает лучевая болезнь. Лучевую болезнь подразделяют на острую и хроническую. Течение лучевой болезни может происходить в скрытой или явно выраженной форме, что зависит от суммарной дозы и ритма облучения. В выраженной форме лучевой болезни четко различают период первичных реакций, скрытый период формирования болезни, восстановительный период и период отдаленных последствий и исходов заболевания.

Первичные симптомы облучения всегда проявляются в течение первых 48 ч. К ним относят желудочно-кишечные (тошнота, рвота и др.) и нервно-мышечные (усталость, апатия, головные боли). Вероятность и длительность до момента проявления этих симптомов зависит от дозы. Доза, вызывающая рвоту у 50 % облученных, составляет около 2 Гр.

Острая лучевая болезнь может возникнуть при однократном общем облучении организма дозой более 100 Р (1 Зв). Допустимой, однократной, или дозой, не приводящей к последствиям на протяжении жизни человека является доза 50 Р (0,5 Зв).

В зависимости от величины дозы при однократном общем облучении организма различают четыре степени лучевой болезни.

Лучевая болезнь I степени (легкая) возникает при общей экспозиционной дозе облучения 100-200 Р, скрытый период может продолжаться 2-3 недели, после чего появляется недомогание, общая слабость, тошнота, головокружение, периодическое повышение температуры. В крови уменьшается содержание белых кровяных шариков (лейкоцитов). Лучевая болезнь I степени излечивается примерно в течение 1 месяца.

Лучевая болезнь II степени (средней тяжести) возникает при общей экспозиционной дозе 200-400 Р, скрытый период длится около недели. Признаки заболевания выражаются более ярко: острое недомогание, расстройство нервной системы, головные боли, головокружение, рвота, понос, повышение температуры тела; количество лейкоцитов в крови, особенно лимфоцитов, уменьшается более чем на половину. При активном лечении выздоровление наступает через 1,5-2 месяца. Возможны смертельные исходы – до 20 %.

Лучевая болезнь III степени (тяжелая) возникает при общей экспозиционной дозе 400-600 Р, скрытый период – до нескольких часов. Затем тяжелое общее состояние, сильные головные боли, рвота, понос с кровавым стулом, потеря сознания, кровоизлияния в слизистые оболочки и кожу, некроз слизистых оболочек, десен. Количество эритроцитов и тромбоцитов резко уменьшается. Ввиду ослабления защитных свойств организма возникают различные инфекционные заболевания. В случае благоприятного исхода выздоровление наступает через 6-8 месяцев. Без лечения болезнь в 20-70 % случаев заканчивается летальным исходом, чаще всего от инфекционных осложнений или кровотечений.

Лучевая болезнь IV степени (крайне тяжелая) наступает при дозе облучения более 600 Р, которая является наиболее опасной для организма и без лечения заканчивается смертельным исходом в течение двух недель. Современные методы лечения в условиях мирного времени позволяют излечивать даже лучевую болезнь IV степени. Отечественная практика показала, излечение возможно при полученных дозах облучения на все тело до 10 Зв. Сильное переутомление, голодание, болезнь, травмы, ожоги повышают чувствительность организма к воздействию радиации. При воздействии радиации человек теряет сначала физическую работоспособность, а затем умственную.

Хроническая лучевая болезнь возникает постепенно при длительном облучении дозами, значительно превышающими предельно допустимые для профессионалов.

Период формирования хронической лучевой болезни совпадает со временем накопления дозы облучения. После снижения облучения до допустимого уровня наступает период последствий хронической лучевой болезни. Особенно опасно попадание радионуклидов внутрь организма, т.к. они способны накапливаться в отдельных органах и создавать там большие дозы облучения. Кроме того радионуклиды могут длительное время находиться внутри организма (до полного распада или выведения из организма), вызывая опасное воздействие на внутренние органы высокоионизирующими α - и β -излучениями, которые практически не воздействуют на них при внешнем облучении. Таким образом, даже небольшое поступление радионуклидов внутрь организма может привести к тяжелым последствиям.

Поражение человека происходит вследствие внешнего и внутреннего облучения.

Внешнее облучение – облучение от источника, находящегося вне организма. Внешнее облучение может происходить от всех видов ионизирующего излучения, но практическое значение имеют лишь гамма- и рентгеновское излучение, быстрые и медленные нейтроны и бета-излучение. Внешнее облучение альфа-частицами, ввиду их ничтожной проникающей способности, практического значения не имеет, т.к. одежда и перчатки полностью защищают кожу от действия альфа-частиц. Эффект внешнего облучения зависит от величины дозы, характера и энергии излучения, площади облучаемого тела и распределения дозы ионизирующего излучения во времени, а также от состояния организма человека.

Внутреннее облучение – облучение организма, происходящее от радиоактивных веществ, находящихся внутри организма. Внутреннее облучение продолжается непрерывно до тех пор, пока находящиеся в организме РВ не распадутся или не будут выведены из него.

Величина внутреннего облучения зависит от распределения радиоактивных веществ внутри организма.

По характеру распределения в организме различают четыре основные группы радиоактивных веществ:

- равномерно распределяющиеся по органам и тканям – натрий-22(24), калий-40, цезий-134(137) и др;
- скапливающиеся преимущественно в костном скелете – стронций-89(90), радий-226, фосфор-32 и др.
- скапливающиеся в паренхиматозных (печень, селезенка, легкие) органах – рутений-103(106), полоний – 210 и др;
- вещества, имеющие смешанный тип распределения – например, плутоний-239 (в костном скелете и печени).

Доза излучения, создаваемая радиоактивным веществом при внутреннем облучении зависит от количества радиоактивного вещества, находящегося в организме, характера (вида) излучения (альфа-, бета- или гамма-излучатель), энергии излучения, типа распределения внутри организма и эффективного периода полувыведения.

Период полувыведения эффективный ($T_{эфф}$) – время, в течение которого количество радиоактивного вещества, находящегося в организме, уменьшается (выводится и распадается) наполовину, определяется по формуле:

$$T_{эфф} = T_{1/2} + T_{\delta} ,$$

где: $T_{1/2}$ – период полураспада радионуклида; T_{δ} – период полувыведения биологический.

Период полувыведения биологический (T_{δ}) – время, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем радиоактивного вещества. Он зависит от химических свойств радиоактивного вещества и свойств той ткани организма, где оно фиксируется. Вещества, распределяющиеся в организме равномерно (Na^{24} , K^{40} , Cs^{137} , H^3 и др.), выводятся из организма быстро, T_{δ} этих веществ составляет от нескольких дней до нескольких недель. Вещества, фиксирующиеся в скелете ($Sr^{89,90}$, Pu^{239} , Ra^{226} , и др.) выводятся из организма очень медленно, их T_{δ} измеряется годами (для Sr^{90} $T_{\delta} = 15,3$ года). Скорость выведения веществ, фиксирующихся в паренхиматозных органах (Ru^{106} , Po^{210} и др.) измеряется обычно месяцами.

Значения $T_{эфф}$ для некоторых радионуклидов приведены в табл.4.2.

Таблица 4.2

Радионуклид	$T_{1/2}$	$T_{эфф, дни}$
Тритий (H^3)	1,2 ч	12
Углерод-14 (C^{14})	5568 л	12
Фосфор-32 (P^{32})	14,3 дн	14
Кальций-45 (Ca^{45})	152 дн	162
Стронций-89 (Sr^{89})	51 дн	50,4
Стронций-90 (Sr^{90})	28 л	$6,4 \cdot 10^3$
Йод-129 (I^{129})	$1,72 \cdot 10^9$ л	138
Йод-131 (I^{131})	8,1 дн	7,6
Цезий-134 (Cs^{134})	2,3 ч	65
Цезий-137 (Cs^{137})	28 л	70
Свинец-210 (Pb^{210})	138 дн	120
Свинец-212 (Pb^{212})	10,6 ч	0,44
Висмут-212 (Bi^{212})	60 мин	0,04
Полоний-210 (Po^{210})	138 дн	42
Радий-226 (Ra^{226})	1622 ч	$1,6 \cdot 10^4$
Торий ест. ($Th_{ест}$)		$7,3 \cdot 10^4$
Торий-232 (Th^{232})	$1,39 \cdot 10^{10}$ л	$7,3 \cdot 10^4$
Плутоний-239 (Pu^{239})	24 500 л	$7,3 \cdot 10^4$

Основные дозовые пределы приведены в НРБ-99[68]:

А. Персонал (группа А) – эффективная доза облучения 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год. Эквивалентная доза в год в хрусталике – 150 мЗв, в коже - 500 мЗв, в костях и стопах – 500 мЗв.

Б. Персонал (группа Б) – дозы облучения не должны превышать $\frac{1}{4}$ значения доз для персонала группы А.

В. Население – эффективная доза облучения 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. Эквивалентная доза в хрусталике – 15 мЗв, в коже – 50 мЗв, в костях и стопах – 50 мЗв.

Эти нормы не включают в себя дозы от природных, медицинских источников излучения и аварийные дозы облучения.

Планируемое повышенное облучение при ликвидации или предотвращении аварии разрешается только для спасения людей или предотвращения их облучения, допускается для мужчин старше 30 лет при их добровольном письменном согласии после информации о возможных дозах и риске для их здоровья.

Повышенное облучение до 100 мЗв в год допускается с разрешения территориальных органов госсанэпиднадзора и до 200 мЗв в год с разрешения федеральных органов госкомсанэпиднадзора. Повышенное облучение не допускается для работников, получивших ранее 200 мЗв, и лиц с медицинскими противопоказаниями. Лица, получившие дозы 100 мЗв в год при дальнейшей работе должны получать не более 20 мЗв в год.

Согласно НРБ-99 все население по допустимым уровням облучения подразделяется на 3 категории.

Категория А (группа А) – это профессионалы, работающие с радиоактивными веществами. Эффективная доза облучения этой категории за период трудовой деятельности (50 лет) не должна превышать 1 000 мЗв.

Категория Б (группа Б) – это персонал объектов, который находится в зоне риска облучения от техногенных источников. Эффективная доза этой категории за период трудовой деятельности не должна превышать 1 000 мЗв.

Категория В (группа В) – все население, включая персонал (категории А и Б), вне их трудовой деятельности. Эффективная доза облучения для населения за период жизни (70 лет) не должна превышать – 70 мЗв.

При проектировании новых зданий жилищного и бытового назначения объемная активность дочерних изотопов радона и торона в воздухе помещений должна быть менее 100 Бк/м³, а превышение мощности гамма-излучений в помещениях по сравнению с открытой местностью не более 0,2 мкЗв/ч. В эксплуатируемых помещениях объемная активность дочерних изотопов радона и торона не более 200 Бк/м³, если больше, то осуществляется защита помещений от проникновения радона.

Для обеспечения радиационной безопасности в помещениях установлены нормы удельной активности строительных материалов, которые составляют для жилых и общественных зданий не более 370 Бк/кг, для дорог в населенных пунктах не более 740 Бк/кг, для дорог вне населенных пунктов не более 1,5 кБк/кг, с разрешения федеральных органов Госсанэпиднадзора для некоторых дорог вне населенных пунктов допускается активность материалов до 4 кБк/кг, более 4 кБк/кг материалы не используются.

4.3. Воздействие радиоактивного загрязнения на среду обитания.

Радиоактивная пыль, которая образуется при ядерных взрывах и аварийных ситуациях на радиоактивно-опасных объектах мирного времени, выпадая из облака, загрязняет почву, водоемы, наземные части растений и лесные массивы. При ядерных взрывах в зависимости от величины частиц на поверхности растений может задерживаться от 8 до 25% выпавшей на землю радиоактивной пыли. В частности, на поверхности растений задерживается до 25% частиц размером менее 44 мкм (при густом травостое), более 25% частиц размером 1-2 мкм и до 50% глобальных выпадений радиоактивных веществ [72-76].

При авариях на радиоактивно-опасных объектах радиоактивная пыль на растениях задерживается примерно так же, как и при глобальных выпадениях радиоактивных веществ.

В естественных условиях радиоактивная пыль с поверхности растений сдувается ветром и смывается дождем, (отдельные радионуклиды всасываются внутрь растения). Из радиоактивной пыли, осевшей на листе, всасываются в растения около 10% общей активности. В результате этого процесса, а также прироста вегетативной массы радиоактивность пастбищных растений уменьшается через две недели в среднем в 2 раза (при радиоактивном заражении от ядерных взрывов). Указанный процесс называют периодом полуочищения. В ранний период после ядерного взрыва он короче, в поздний период и при заражении от аварий на радиоактивно-опасных объектах – длиннее, т.к. во втором случае на растениях оседает мелкая пыль, хорошо удерживающаяся на поверхности растений.

Радиоактивные вещества, выпавшие на поверхность земли, ветром с пылью поднимаются над поверхностью земли и переносятся на большие расстояния. При выпадении осадков радиоактивные вещества могут проникать вглубь почвы и длительное время там удерживаться. Поражающий эффект на растения оказывает как гамма-излучение, так и бета-излучение. В отличие от людей в радиационном поражении

растений главную роль играет бета-излучение, особенно пыль, содержащая бета-частицы на поверхности растений. Бета-частицы вызывают поражение листьев органов размножения растений. При поражении растений доля бета-излучения в поглощенной дозе в 10-20 раз больше доли гамма-излучения. Поэтому на следе радиоактивного облака дозу облучения, рассчитанную по гамма-излучению, увеличивают для растений в 10-20 раз.

Злаковые культуры, особенно чувствительны к воздействию радиации, летальные дозы для них находятся в пределах 3300-4600 рад, для овощей 12300-13400 рад, а для риса и льна - около 20000 рад. При попадании радиоактивной пыли в водоемы она постепенно оседает на дно. Радионуклиды, переходящие в воду (цезий и др.), переходят по пищевым цепочкам к обитателям водоемов. Гамма-излучения радиоактивной пыли в водоеме может вызвать гибель рыбы и других обитателей водоемов. Средняя летальная доза облучения для взрослой рыбы составляет 1000-2000 рад, для ракообразных 800-100000 рад, малюсков 4000-5000 рад [72-76].

Мероприятия по защите растений включает комплекс работ, проводимых в 1 период после выпадения радиоактивных веществ, ряд мер по ведению в последующие годы растениеводства на местности с повышенной радиоактивностью.

В первый период (сезон) главное внимание уделяют спасению урожая, определению сроков уборки и порядка использования полученной продукции. В последующие годы основная задача состоит в том, чтобы получить продукцию с зараженных земель с минимальным содержанием стронция – 90. (Стронций – 90 является наиболее опасным и биологически доступным для растений из почвы).

По данным радиационной разведки оценивают обстановку на полях, лугах, садах и намечают план мероприятий по уходу за посевами, спасению урожая, порядку уборки и использования урожая. В первую очередь определяют, в какие зоны радиоактивного заражения попали сельхозугодия, рассчитывают дозу гамма – излучения и по ней определяют дозы облучения растений и возможные потери урожая.

Очень важно определить время, порядок и очередность уборки созревшего урожая в зависимости от уровня радиации и фазы развития растений. В первую очередь убирают урожай на полях с наиболее низкими уровнями радиации, безопасными для людей, затем убирают поля с более высокими уровнями радиации, где со временем снизится уровень радиации. После уборки урожая специалисты сельского хозяйства дают рекомендации по использованию зерна, корнеклубнеплодов, фруктов, фуража, травы, загрязненных радиоактивными веществами.

Продукция с низким содержанием радиоактивных веществ используется для нужд населения, с более высоким содержанием радиоактивных веществ направляется на корм скоту, а с высоким содержанием – на техническую переработку. Продукция, в которой содержание радиоактивных веществ превышает доступные нормы, направляется на утилизацию.

Во втором периоде решается задача по выращиванию продукции на радиоактивных полях с минимальным содержанием радиоактивных веществ.

Как отмечено ранее основную опасность для сельскохозяйственного производства представляет стронций – 90. Для ядерных взрывов на внешней границе зоны А (умеренного радиоактивного заражения (P3)) концентрация стронция - 90 в поверхностном слое составляет 0,2 – 0,5 Кюри/ км² , на внешней границе зоны Б (сильного P3) – 3 Кюри/км² , на внешней границе зоны В (опасного P3) – 10 Кюри/км² и

на внешней границе зоны В (чрезвычайно опасного РЗ) – 30 Кюри/км². Установлено, что от 50 до 98 % локально выпадающего стронция – 90 находится в форме, доступной для растений.

На следе радиоактивного облака, где содержания стронция – 90 в почве до 1 Кюри/км² производят овощи, так как они будут содержать допустимое количество стронция – 90.

На полях, где содержание стронция – 90 в почве составляет от 1 до 3 Кюри/км² возделывают продовольственные зерновые и бобовые культуры. На полях, где содержание стронция – 90 от 3 до 4 Кюри/км² выращивают кормовые культуры, корнеклубни для кормления мясного и рабочего скота.

На остальной территории зоны Б (сильного РЗ) можно выращивать технические культуры – лен, коноплю, подсолнечник, хлопчатник и др., а также картофель на крахмал, зерновые культуры на спирт.

Во всех случаях при использовании земель с повышенным содержанием стронция – 90 проводят мероприятия по снижению перехода его в продовольственные и кормовые культуры. При содержании стронция – 90 в пахотном горизонте в пределах 50 Кюри/км² и более сельскохозяйственное производство не ведется.

В результате выбросов радиоактивных веществ в атмосферу может происходить загрязнение леса радионуклидами. При этом значительная часть их задерживается кронами деревьев, осажаясь на листьях, хвое, ветвях и коре, а некоторая часть проникает и под полог леса – в травяной покров, лесную подстилку, почву. Доля радионуклидов, задерживающихся в пологе леса, зависит от состава, сомкнутости, формы и фенофазы насаждений и может составлять 20-90%, причем на корнях лиственных пород больше, чем на хвойных. На опушках леса с наветренной стороны до 50 м внутрь леса их задерживается в 2-10 раз больше, чем в лесном массиве; плотность радиоактивного заражения в наветренных опушках иногда в 30 раз больше, чем на открытых территориях. Обычно после выпадения радиоактивных веществ на лес происходит их вертикальная и горизонтальная миграция. При этом сначала на процесс миграции влияют атмосферные осадки и ветер. Осадки перемещают радионуклиды из верхних частей крон в нижние, а затем и под полог леса. Ветер переносит тонкодисперсные аэрозоли радиоактивных веществ из крон одних деревьев в другие, а также под полог насаждений и на прилегающие к лесу территории. Вторая горизонтальная миграция радионуклидов наиболее интенсивна в начальный период и при длительном отсутствии дождей, из-за этого лес может быть источником дополнительного загрязнения окружающей местности. В миграции радионуклидов из крон под полог леса важную роль играет и процесс опадания листьев, хвои, ветвей и других загрязняющих частей деревьев. Радиоактивные вещества остаются в наземной части древесно-кустарниковой растительности, лишь частично проникают в их внутренние ткани.

Через год после разовых выпадений радиоактивных веществ доля их в кронах (особенно лиственных пород) снижается в несколько раз: соответственно возрастает загрязнение лесной подстилки и почвы; на глубине до 5 см сосредотачиваются до 90% радионуклидов. В хвойных лесах самоочищение крон происходит значительно медленнее, здесь обычно требуется три-четыре года. Радионуклиды в подстилке и почве прочно фиксируются, затем происходит их миграция до глубины 10 см. В

последующем лес надежно предотвращает разнос радионуклидов водой при весеннем снеготаянии и ветровой перенос, уменьшая угрозу вторичного заражения.

В загрязненном лесу постепенно усиливается процесс проникновения радионуклидов в ткани растений из почвы по корневому пути. В гидроморфных ландшафтах корневое поступление в лесную растительность в 10-20 раз выше, чем в атмосферных.

Под влиянием высоких доз ионизирующих излучений на древесину изменяются ее структурные и химические свойства, ослабляются лигнин - полисахаридные связи. При этом лесная почва может быть длительно действующим источником поступления радионуклидов и в любую другую продукцию лесного хозяйства, а также в пищу животных и людей.

Степень опасности загрязнения лесных и лесохозяйственных ресурсов зависит, прежде всего, от состава радионуклидов, находящихся в почвенном покрове. Их физико-химические свойства - один из главных факторов, определяющих способность к перемещению и активность в системе «почва-растение». Ранее отмечалось, что при радиоактивном заражении основной вклад дают радионуклиды продуктов деления. Через 2,5-3 года уровень радиоактивности в смеси определяется в основном цезием-137 и стронцием-90, которые являются химическими аналогами калия и кальция, отличаются высокой биологической подвижностью. При внекорневом поступлении наиболее подвижным является стронций – 90; но цезий – 137 сильнее его сорбируется почвами, поэтому в относительно меньших количествах переходит из почвы в растения. Радионуклиды циркония, рутения, церия и других после попадания в почву значительно меньше поступают в деревья через корни по сравнению со стронцием – 90. Ежегодное поступление стронция - 90 и других радионуклидов из почвы увеличивает их концентрацию в древесине: например, через 6 лет содержание его в древесине увеличивается в 5-15 раз.

По корневому пути из почвы ежегодно происходит загрязнение грибов, ягод, дикорастущих плодов, лекарственных и кормовых растений.

В связи с тем, что наиболее опасными радиоактивными загрязнителями для лесных и сельскохозяйственных угодий являются цезий – 137 и стронций – 90, то все меры безопасности для загрязненных земель предусматривается по этим радионуклидам.

Основным дозообразующим радионуклидом при загрязнении лесов в случае аварии на АЭС (более 90%) по опыту аварии на Чернобыльской АЭС является цезий – 137.

Радиобиологический эффект у древесных растений в зависимости от величины поглощенной дозы бывает разным, так, при небольших дозах облучения у некоторых из них сначала возможна стимуляция развития и роста; более высокие дозы облучения могут вызывать замедление развития и роста, а затем стерильность пыльцы и семян; потом происходит гибель самих растений.

Наиболее чувствительны к действию ионизирующего излучения при радиоактивном заражении древостои, особенно хвойных пород (сосна, ель, кедр, лиственница); они в 5 – 10 раз чувствительнее лиственных пород. Травянистые растения и большинство кустарников в лесу радиоустойчивее древесных растений: травянистые растения в 10 раз устойчивее деревьев. Низшие растения (мхи, лишайники) еще устойчивее к облучению. Однако мхи в наибольшей степени концентрируют радионуклиды; коэффициент накопления в них стронция и цезия в 5 – 10 раз выше, чем у представителей травянистых фитоценозов. Среди компонентов древесного яруса наибольшей загрязненностью отличается кора деревьев и ассимилирующие органы

(листва, хвоя), затем ветки мелкие, ветки крупные; менее всего загрязнена древесина. По степени загрязнения древесных пород образуется следующий ряд: береза, дуб, осина, ольха, сосна.

При радиоактивном заражении леса основной поражающий эффект деревьям наносит бета-излучение, которое почти полностью поглощается корнями деревьев; гамма-излучение дает в 10 – 20 раз меньший вклад, поглощение гамма-излучения в лесу составляет не более 15%. Для оценки степени поражения леса необходимо измеренные дозы гамма-излучения увеличить в 10 – 20 раз.

Радиоактивное заражение леса требует введения в сложившуюся систему хозяйства существенных изменений, направленных на строгую регламентацию лесопользования, лесовосстановления, противопожарных, лесозащитных и других лесных работ. Все защитные мероприятия на зараженных территориях осуществляются, исходя из содержания цезия – 137 и стронция – 90. Поскольку цезий – 137 очень подвижен в биосистемах, содержание его может быть определено простыми измерениями с помощью приборов (стронций – 90 не имеет гамма-излучений), то, исходя из содержания цезия – 137 в лесных почвах, для каждого лесного предприятия (поквартально) организуется долговременная система ведения лесного хозяйства, обеспечивающая безопасные условия труда людей и получение пригодной для использования лесной продукции. При этом установлен предел дозы облучения работников отрасли – не более 0,5 бэр в год, а содержание цезия – 137 в лесной продукции должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 4.3..

Таблица 4.3.

Нормативы содержания цезия – 137 в лесной продукции.

№п/п	Виды лесной продукции	Допустимая концентрация, Ки/кг
1.	Лесоматериалы круглые не окоренные (вывоз в окоренном виде)	$5 \cdot 10^{-7}$
2.	Лесоматериалы круглые окоренные; штакетник, черенки, дрань, лопаты, наличники; продукция, используемая в кормопроизводстве, лакокрасочной и фармацевтической промышленности	$1 \cdot 10^{-7}$
3.	Пиломатериалы обрезные столярные изделия, щепы, паркет, фанера, ДСП, продукция, используемая для затаривания и хранения пищевых продуктов	$5 \cdot 10^{-8}$
4.	Лес круглый строительный, брус строительный, древесина топливная (зола хоронится)	$2 \cdot 10^{-8}$
5.	Семена древесных и кустарниковых пород	$2 \cdot 10^{-7}$

В зависимости от плотности радиоактивного загрязнения лесных территорий выделяется три зоны:

первая – с плотностью загрязнения до 15 Ки/км²;

вторая – от 15 до 40 Ки/км²; третья – свыше 40 Ки/км².

Этим зонам соответствует значения мощности дозы излучения: для первой – до 0,15 мР/ч; для второй – 0,15 до 0,40 мР/ч; для третьей – более 0,40 мР/ч. Каждой зоне свойственны свои особенности лесопользования и ведения лесного хозяйства.

Лесопользование

В лесопользовании, как было отмечено выше, основным радионуклидом, интенсивно загрязняющим биосистемы, является цезий-137 с периодом полураспада 30 лет, поэтому разработан прогноз по его накоплению в древесине. Согласно этого прогноза ожидается увеличение концентрации цезия - 137 в древесине в течение 10-12 лет после аварии на АЭС (загрязнения) почти в два раза, затем концентрация его постепенно будет снижаться и через 60 – 80 лет она уменьшится примерно в 10 раз.

В первой зоне основные виды хозяйственного лесопользования могут проводиться без ограничения.

Наименьшим загрязнением отличается древесина и продукты ее переработки: при переработке древесины содержание радионуклидов в конечной продукции резко снижается. Наименьшими уровнями загрязнения характеризуется скипидар, далее в порядке возрастания следует живица и обрезной пиломатериал. В горбыле, и особенно в древесном угле, содержание радионуклидов возрастает в 2 – 10 раз по сравнению с древесиной. Содержание радионуклидов в деловой древесине не превышает установленных санитарных норм на всей территории. Древесина и продукты ее переработки могут использоваться, но не на топливо. Использование древесины в качестве топлива и древесной золы в качестве удобрения разрешается лишь на территории с плотностью загрязнения до 5 Ки/км². В связи с интенсивным накоплением цезия – 137 в грибах, ягодах и других лесных пищевых продуктах введены ограничения на их использование. По степени этих ограничений первая зона подразделяется на три подзоны: А – с плотностью загрязнения до 1 – 2 Ки/км²; Б – от 2,1 до 5 Ки/км²; В – от 5,1 до 15 Ки/км². В подзоне А пользование не ограничивается; в подзоне Б заготовка грибов, ягод, березового сока, плодов, хвойной лапки, лекарственных трав производится при обязательном радиационном контроле; в подзоне В пользование ими не разрешается. Пастьба рабочего и откормочного скота производится на территориях с плотностью радиоактивного загрязнения до 5 Ки/км² при высоте трав более 10 см.

В лесах второй зоны концентрация цезия – 137 в коре основных лесобразующих пород в течение 10 лет будет превышать установленные нормы, но окоренная древесина может использоваться. В этой зоне с учетом уровня радиации допускается заготовка древесины лишь при наличии снежного покрова и при обязательной окорке стволов и оставлении коры на лесосеке. Заготовка древесины не допускается, если нет условий для окорки стволов. Не разрешаются в этой зоне рубки ухода, подсочка, заготовка лесных пищевых продуктов и т.п.

Лесопользование в третьей зоне не допускается. Здесь строго выполняются лишь противопожарные мероприятия и охрана леса от болезней и вредителей.

Лесовосстановление и лесоразведение. Комплекс этих работ в первой зоне проводится без ограничения. Во второй зоне основные объемы лесовосстановительных работ проводятся на территориях, примыкающим к водоемам. В этой зоне все ограничения вводятся по условиям радиационной безопасности. В третьей зоне лесовосстановительные работы на землях гослесфонда обычно не рекомендуются.

4.4. Радиационно-опасные объекты

Радиационно-опасный объект (РОО) – объект на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества, при аварии на котором или его разрушении может произойти облучение ионизирующими излучениями или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов, а также окружающей природной среды (ГОСТ Р – 22005-94)

К радиационно-опасным объектам относятся атомные электростанции, радиохимические заводы, исследовательские ядерные реакторы, ядерные энергетические установки на транспортных и военных объектах, ядерные боеприпасы, радиохимические лаборатории и др.

По потенциальной радиационной опасности устанавливаются 4 категории радиационно-опасных объектов.

К I категории относятся радиационно-опасные объекты, при аварии которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите.

У объектов II категории радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

К III категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта.

К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие при которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

При выборе места строительства радиационно-опасного объекта необходимо учитывать категорию объекта, его потенциальную радиационную, химическую и пожарную опасность для населения и окружающей среды. Площадка для вновь строящихся объектов должна отвечать требованиям строительных норм проектирования и ОСПОРБ-99.

При выборе места размещения радиационно-опасных объектов I и II категории оцениваются метеорологические, гидрологические, геологические и сейсмические факторы при нормальной эксплуатации и при возможных авариях. При выборе площадки для строительства РОО I и II категории предпочтение отдается участкам:

- расположенным на мало населенных незатопляемых территориях; имеющим устойчивый ветровой режим, ограничивающим возможность распространения радиоактивных веществ за пределы промышленной площадки объекта, благодаря топографическим и гидрогеологическим условиям.

Радиационно-опасные объекты I и II категорий должны располагаться с учетом розы ветров преимущественно с подветренной стороны по отношению к жилой территории, лечебно-профилактическим и детским учреждениям, а также к местам отдыха и спортивным сооружениям.

Генеральный план радиационно-опасного объекта должен располагаться с учетом развития производства, прогноза радиационной обстановки на объекте и вокруг него и возможности возникновения радиационных аварий.

Размещение радиационно-опасного объекта должно быть согласовано с органами Госсанэпиднадзора с учетом перспективы развития, как самого объекта, так и района размещения.

Вокруг РОО I и II категории устанавливается санитарно-защитная зона, а вокруг радиационных объектов I категории – также и зона наблюдения. Санитарно-защитная зона для РОО III категории ограничивается территорией объекта, для радиационно-опасных объектов IV категории установление зон не предусматривается.

В отдельных случаях по согласию с федеральными органами исполнительной власти, уполномоченным осуществлять Госсанэпиднадзор, санитарно-защитная зона РОО I и II категории может быть ограничена пределами территории объекта.

Размеры санитарно-защитной зоны (ССЗ) и зоны наблюдения вокруг РОО устанавливаются с учетом уровней внешнего облучения, а также величин и площадей возможного распространения радиоактивных выбросов и сбросов.

Внутренняя граница зоны наблюдения всегда совпадает с внешней границей санитарно-защитной зоны.

Радиационное воздействие на население, проживающее в зоне наблюдения радиационно-опасного объекта I категории, при нормальной его эксплуатации должно быть ограничено размером квоты для данного объекта.

Размеры санитарно-защитной зоны вдоль трассы трубопровода для удаления жидких РАО устанавливаются в зависимости от активности последних, рельефа местности, характера грунта, глубины заложения трубопровода, уровня напора в нем и должны быть не менее 20 м в каждую сторону от трубопровода.

Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения вокруг судов и иных плавсредств с ядерными установками устанавливаются в местах их ввода в эксплуатацию, в портах стоянки и в местах снятия с эксплуатации.

В санитарно-защитной зоне РОО запрещается постоянное или временное проживание населения, размещение детских больниц, санаториев и других оздоровительных учреждений, а также промышленных и подсобных сооружений, не относящихся к этому объекту. Территория ССЗ должна быть благоустроена и озеленена. Использование земель санитарно-защитной зоны для сельскохозяйственных целей возможно с разрешения органов Санэпиднадзора. В этом случае вся вырабатываемая продукция подлежит санэпидемиологической оценке и радиационному контролю.

В зоне наблюдения, на случай выброса радиоактивных веществ, администрацией территории должен быть предусмотрен комплекс защитных мероприятий в соответствии с требованиями НРБ-99.

Рассмотрим эти требования по радиационной безопасности для РОО 1 категории, таких как атомные электростанции.

1.Выбор места размещения АЭС. АЭС размещается с подветренной стороны к крупным населенным пунктам и на расстоянии, которое определяется в зависимости от численности населения городов и электрической мощности АЭС по таблице 4.6.

Таблица 4.6.

Административно-территориальные единицы	Численность населения,тысяч человек.	Расстояние до АЭС мощностью, км.	
		8ГВт	4ГВт
Город.	100-150	25	25
	500-1000	30	30
	1000-1500	40	35
	1500-2000	50	40
	Больше 2000	100	100
Зоны отдыха, парки, заповедники.	-	25	25

Городок для обслуживающего персонала АЭС и членов их семей численностью 50 тысяч человек размещается не ближе 8 км от АЭС. Доза внешнего облучения на расстоянии 25 км от АЭС не должна превышать 10 бэр в первый год после аварии на

АЭС. Доза внутреннего облучения детей при этом не должна превышать 30 бэр. Считают, что такие дозы облучения не будут превышены при выбросах йода – 131 активностью 30 тысяч Ки и цезия – 137 - 3 тысячи Ки. Это пятый класс аварии по международной шкале МАГАТЭ.

2. Установление вокруг АЭС:

А). Санитарно-защитной зоны радиусом 5-7 км, в которой возможно облучение, превышающее предельно допустимые дозы облучения, поэтому постоянное проживание населения в ней не допускается.

Б). Зоны наблюдения радиусом не менее 30 км, в которой предел облучения может достигать предельно допустимых доз облучения, проживание населения в этой зоне допускается, но его плотность не должна быть больше 100 человек/кв. км. Дорожная сеть и транспортные средства должны обеспечивать эвакуацию населения из этой зоны за 4 часа. Для исключения превышения предела допустимых доз облучения согласно санитарным правилам АС-88 регламентирован среднесуточный и среднемесячный выброс радиоактивных веществ в атмосферу при эксплуатации АЭС. Среднесуточный выброс РВ составляет 500 Ки на 1000 МВт электрической мощности, допускается пятикратное превышение этого предела в течение суток, но не должна превышать квартальная норма из расчета среднесуточного выброса.

4.5. Классификация аварий на АЭС.

Аварии на АЭС с выходом радиоактивных веществ в окружающую среду классифицируют по количеству вышедших при аварии РВ, границе их распространения и последствиям для персонала АЭС и населения.

В России для классификации аварий на АЭС используется Международная шкала МАГАТЭ, в которой классифицируются только события, относящиеся к радиационной безопасности.

Международная шкала МАГАТЭ.

Эта шкала разделена на две большие части, в которых три нижние класса (1-3) относятся к происшествиям (инцидентам), а верхние классы (4-7) – к авариям.

Классификация аварий на АЭС приведена в таблице 2.7.

На практике для оценки радиационной обстановки выделяют два типа аварий на АЭС: аварию без разрушения атомного реактора (гипотетическую) и аварию с разрушением атомного реактора.

Таблица 4.4.

Характеристика событий на АЭС

Класс, название, пример аварии.	Критерии		
	1. Внешние последствия	2. Внутренние последствия	3. Ухудшения глубоко эшелонированной защиты
7 класс. Глобальная авария. Чернобыль, СССР. 26.04.86г.	Большой выброс – значительный ущерб здоровью людей и окружающей среде. Величина выброса по I^{131} – более 10^{16} Бк.		

6класс. Тяжелая авария. Виндскейл, Англия. 1957г.	Значительный выброс – полная реализация внешнего противоаварийного плана на ограниченной территории, величина выброса I ¹³¹ от 10 ¹⁵ до 10 ¹⁶ Бк		
5 класс. Авария с риском для окружающей среды. Три-Майл- Айленд, США. 1979г.	Ограниченный выброс – частичная реализация внешнего противоаварийного плана на ограниченной территории. Величина выброса I ¹³¹ от 10 ¹⁴ до 10 ¹⁵ Бк.	Значительное повреждение активной зоны ядерного реактора.	
4 класс. Авария в пределах АЭС. Сант-Лоурент, Франция. 1980г.	Небольшой выброс – облучение лиц населения порядка нескольких мЗв. Применение плана защит- ных мероприятий малове- роятно.	Частичное повреждение активной зоны. Острые последствия для здоровья персонала.	
3класс. Серьезное происшествие. Ленинградская АЭС. 1975г.	Очень небольшой выброс – облучение ниже доли от установленного предела дозы, порядка десятой доли мЗв.	Большое загрязнение переоблуче ние персонала АЭС	Близко к аварии – потеря глубоко эшелонированной защиты.
2класс. Происшествие средней тяжести.			События с потенциальными последствиями для безопасности.
1класс. Незначительное происшествие.			Отклонение от разрешенных границ функционирования
0 класс. Ниже Шкалы.			Не влияет на безопасность.

При прогнозе радиационных последствий и мер защиты выделяют 3 периода развития радиационной аварии[73-83].

Начальный период радиационной аварии (от нескольких часов до нескольких суток) – от начала аварии до прекращения выхода радиоактивных веществ (РВ) в атмосферу и окончание формирования радиоактивного следа на местности. В этот период доза внешнего γ и β – излучения формируется от радиоактивного облака, а доза внутреннего облучения – от ингаляционного поступления РВ из облака внутрь организма.

Промежуточный период радиационной аварии (от нескольких суток до года) – от завершения формирования радиоактивного следа до принятия мер защиты населения. Источник внешнего облучения от РВ, осевших на поверхность земли. Внутреннее

облучение от РВ, попавших от употребления загрязненных продуктов и воды, а также ингаляционного поступления при пылеобразовании.

Восстановительный период радиационной аварии (от года до прекращения выполнения необходимых защитных мероприятий) – от принятия мер защиты населения до отмены всех ограничений на жизнедеятельность населения на загрязненных радиоактивными веществами территориях и переход к обычному санитарно-дозиметрическому контролю.

Решение о мерах защиты населения от радиоактивного облучения на первых двух фазах развития аварии должны приниматься на основе сравнения прогнозируемых доз с дозовыми критериями по радиоактивному загрязнению продуктов питания и воды.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного заражения проводят ограничение облучения защитными мерами, применяемыми к окружающей среде и человеку. Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственной и социальной деятельности территорий.

Поэтому при принятии решений о характере вмешательства руководствуются следующими принципами:

- предлагаемое вмешательство должно принести обществу, и, прежде всего облучаемым, больше пользы, чем вреда.

- форма, масштаб и длительность вмешательства должны быть оптимальными, т.е. чтобы чистая польза от снижения дозы (радиоактивного ущерба) за вычетом ущерба от вмешательства была бы максимальной.

Если прогнозируемая доза за двое суток превышает уровни облучения на все тело 1 Гр., на легкие – 6 Гр., на кожу – 3 Гр., щитовидную железу – 5 Гр., хрусталики глаз – 2 Гр., плод – 0,1 Гр., при которых возможны детерминированные эффекты, необходимы срочные меры защиты.

При этом вред от мер защиты не должен превышать пользы здоровью пострадавшего от облучения.

При хроническом облучении в течение жизни защитные меры обязательны, если годовая поглощенная доза превышает значение: на железы – 0,2 Гр, хрусталики глаз – 0,1 Гр, красный костный мозг – 0,4 Гр.

При радиационной аварии, повлекшей за собой обширное радиоактивное заражение, на основе прогноза устанавливается зона радиационной аварии. В зоне радиационной аварии проводятся мероприятия по снижению уровней облучения населения и контроль радиационной обстановки, если дозы облучения за 2 суток имеют величины, указанные выше, или при хроническом облучении годовые дозы облучения выше указанных ранее.

Принятие решений о мерах защиты населения при крупных радиационных авариях с радиоактивным заражением территории проводится на основе сравнения прогнозируемых, предотвращаемых защитными мероприятиями, с уровнями доз А и Б при радиоактивном заражении на основе данных таблиц 4.5 – 4.7.

Если прогнозируемая доза меньше дозы, указанной уровнем А, то мероприятия по защите не проводятся, если больше указанной уровнем Б, то защитные мероприятия проводятся в обязательном порядке, если прогнозируемая доза находится между уровнями А и Б, решение о защите принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом обстановки и местных условий.

На разных стадиях радиационной аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, которые основываются на наличии годовой

эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствии мер радиационной защиты

Таблица 4.5.

Критерии для принятия решений о мерах защиты в начальном периоде аварийной ситуации.

Меры защиты		Прогнозируемая доза при облучении за первые 10 суток, мГр			
		Все тело		Щитовидная железа, легкие, кожа	
		Уровень А	Уровень Б	Уровень А	Уровень Б
Укрытие		5(0,5 рад)	50(5 рад)	50(5 рад)	500(5 рад)
Йодная профилактика	Взрослые			250(25 рад)	2500(25 рад)
	Дети			100(10 рад)	
Эвакуация		50(5 рад)	500(50 рад)	500(50 рад)	5000(500 рад)

Временное отселение при $D_{\text{мес.}} > 30$ мЗв/мес., возвращение $D_{\text{мес.}} < 10$ мЗв /мес.

Таблица 4.6.

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

Меры защиты	Прогнозируемая доза облучения, мЗв			
	В первый год после аварии		В последующие годы после аварии	
	Уровень А	Уровень Б	Уровень А	Уровень Б
Ограничение потребления продуктов и воды, зараженных радиоактивными веществами.	5 (0,5 бэр)	50 (5 бэр)	1 (0,1 бэр)	10 (1 бэр)
Отселение.	50 (5 бэр)	500 (50 бэр)	1000 (100 бэр) за все время отселения.	

Постоянное отселение при $D_{12 \text{ мес.}} > 30$ мЗв/месяц.

Таблица 4.7.

Критерий для принятия решений об ограничении потребления радиоактивно загрязненных продуктов питания в первый год после аварии. Радионуклид	Удельная активность радионуклидов в пищевых продуктах, кБк/кг.	
	Уровень А	Уровень Б
Йод-131, цезий-134, 137	1,0	10,0
Стронций-90	0,1	1,0
Плутоний-238, 239, Америций-241.	0,01	0,1

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

На территории, где годовая эффективная доза меньше или равна 1 мЗв, проводится обычный радиационный контроль радиоактивного заражения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции, по результатам которого оценивается доза облучения населения.

Проживание и хозяйственная деятельность по радиационному фактору не ограничивается. Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения.

При годовой эффективной дозе более 1 мЗв радиоактивно загрязненная местность по контролю и защите населения делится на 4 зоны:

1. Зона радиационного контроля – при годовой дозе от 1 до 5 мЗв. В этой зоне, кроме мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, с/х продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения осуществляются меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие необходимые меры защиты населения.

2. Зона ограниченного проживания населения – при годовой дозе от 5 до 20 мЗв. Те же меры, что и в зоне 1; жителям, въезжающим в зону, разъясняется риск ущерба здоровью от воздействия радиации. Добровольный въезд для постоянного проживания не ограничивается.

3. Зона отселения – годовая доза от 20 до 50 мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещается постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Осуществляется радиационный мониторинг людей и объектов внешней среды, а также меры радиационной и медицинской защиты.

4. Зона отчуждения – годовая доза больше 50 мЗв. В этой зоне постоянное проживание людей не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируется специальными актами. Осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным индивидуальным дозиметрическим контролем.

4.6. Проникающая радиация ядерного взрыва.

Поражающее действие ядерного взрыва определяется механическим действием ударной волны, тепловым действием светового излучения, воздействием проникающей радиации и радиоактивного заражения. Для некоторых элементов объектов поражающим фактором является электромагнитное излучение ядерного взрыва. Распределение энергии между поражающими факторами ядерного взрыва зависит от вида взрыва и условий, при которых он происходит. При взрыве в атмосфере примерно 50% энергии взрыва расходуется на образование ударной волны, 35% – на световое излучение, 5% – на проникающую радиацию и электромагнитный импульс и 10% – на радиоактивное заражение [63,64,76].

Для нейтронного взрыва характерны те же поражающие факторы, однако по-иному распределяется энергия взрыва: 40% – на образование ударной волны, 30% – на световое излучение, 25% – на проникающую радиацию и электромагнитный импульс и 5% – на радиоактивное заражение.

Действие ударной волны и светового излучения ядерного взрыва на людей и элементы объектов рассматривается в 2.3 и 2.4.

Проникающая радиация – это поток γ -квантов и нейтронов, распространяющихся по всем направлениям из зоны ядерного взрыва. Время действия проникающей радиации составляет 10-15 секунд, оно определяется временем подъема радиоактивного облака до высоты 1,5-2 км, при которой γ -излучение не достает до поверхности земли. Время действия основного потока нейтронов составляет примерно 1 с, время действия захватного γ -излучения – менее 1 с, а осколочного – до 15 с. При мощных ядерных взрывах накопление дозы проникающей радиации идет быстро за счет того, что в них основное энерговыделение идет на реакции термоядерного синтеза с огромным выделением нейтронов, а нейтроны действуют примерно в течение 1 с. Например, при взрыве с тротильным эквивалентом 200 кт за 1с на расстоянии 1500м накапливается до 80% дозы, а для взрыва 1 кт за это же время накапливается только 30% дозы проникающей радиации. Следовательно, при мощных ядерных взрывах человек не успевает принять меры от проникающей радиации, т.к. на это требуется примерно 2 с.

Поражающее действие проникающей радиации характеризуется дозой излучения. Доза излучения при ядерном взрыве зависит от типа ядерного боеприпаса, мощности и вида взрыва, а также от расстояния до центра взрыва и определяется суммой доз

$D_{\Sigma} = D_{\gamma} + D_{\nu}$ нейтронного и γ -излучения. Дозы проникающей радиации могут оцениваться по формулам :

$$D_{\gamma} = \frac{1,4 \times 10^9 q (1 + 0,2q^{0,65}) e^{-\frac{R}{250}}}{R^2}, \text{бэр};$$

$$D_n = \frac{1,6 \times 10^{10} q e^{-\frac{R}{190}}}{R^2}, \text{бэр};$$

$$R = \sqrt{R_0^2 + H_0^2}, \text{м};$$

где: D_{γ} и D_n – дозы проникающей радиации от γ -излучения и нейтронов;

q – тротильный эквивалент ядерного взрыва, кт;

R и R_0 – расстояние от центра и эпицентра ядерного взрыва, м;

H – высота взрыва, м; 250 и 190 – пробег γ -квантов и нейтронов в воздухе, м.

Проникающая радиация является одним из основных поражающих факторов при взрывах нейтронных и атомных боеприпасов малой мощности. Доза проникающей радиации от нейтронного боеприпаса на расстоянии 700 м от центра взрыва составляет 15000 рад, а на расстоянии 1000 м – 2000 рад, при такой дозе стекла оптических приборов темнеют. На расстоянии 1500 м доза проникающей радиации составляет 200 рад, это доза, при которой возникает лучевая болезнь. При ядерных взрывах доза радиации 100 Р, когда из строя выходит 5% личного состава, будет иметь место для боеприпаса мощностью 20 кт на расстоянии 1600 м, 100 кт – на 2,1 км и 1 Мт – на 3 км.

Защита от проникающей радиации может осуществляться удалением людей и животных на безопасное расстояние, использованием защитных экранов и противорадиационных препаратов.

Экранирование. Эффективность защитных экранов зависит от вида материала и его толщины и характеризуется коэффициентом ослабления проникающей радиации. Коэффициент ослабления проникающей радиации показывает, во сколько раз доза облучения за экраном меньше, чем перед ним. Для расчета защитных свойств экранов (определение коэффициента ослабления проникающей радиации) используют формулу

$$K_{осл} = 2^{\frac{H_1}{d_{1/2}^{(1)}}} \times 2^{\frac{H_2}{d_{1/2}^{(2)}}} \times \dots \times 2^{\frac{H_n}{d_{1/2}^{(n)}}},$$

где H_1, H_2, \dots, H_n – толщина слоя n -ного материала, см; $d_{1/2}^{(1)}, d_{1/2}^{(2)}, \dots, d_{1/2}^{(n)}$ – слой половинного ослабления радиации n -ного материала, см.

Слой половинного ослабления $d_{1/2}$ – это слой материала в см, который уменьшает проникающую радиацию в два раза.

Слои половинного ослабления различны для разных видов излучения и материалов.. Для ослабления γ -излучения лучше использовать тяжелые материалы: свинец, железо, кирпич, грунт, а для ослабления нейтронов – легкие материалы: полиэтилен, воду, дерево.

Слои половинного ослабления по γ -излучению для бетона – 10 см, грунта – 14 см, воды – 23 см, железа – 3 см, дерева – 33 см.

4.7. Радиоактивное заражение при ядерных взрывах.

Радиоактивное заражение местности, атмосферы, воды и других объектов возникает при выпадении радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва.

Степень радиоактивного заражения и характер распределения радиоактивных веществ на поверхности Земли определяется мощностью и видом взрыва, его высотой, характеристикой поверхности в районе взрыва, а также метеоусловиями.

При воздушном ядерном взрыве радиоактивные вещества концентрируются на очень мелких частицах, надолго остаются в атмосфере и формируют глобальные выпадения радиоактивных веществ, которые происходят в течение длительного времени (десятки лет). При таком взрыве местность в районе эпицентра взрыва может незначительно заражаться радиоизотопами, образованными в грунте под действием нейтронов взрыва.

По мере уменьшения высоты взрыва увеличивается количество частиц грунта, вовлекаемых в зону взрыва, а это способствует образованию сравнительно крупных радиоактивных частиц, способных выпадать вблизи эпицентра взрыва с образованием локального радиоактивного заражения (РЗ).

Наиболее сильное радиоактивное заражение в районе взрыва и по пути движения радиоактивного облака образуется при наземных и подземных ядерных взрывах (наводных и подводных). Локальное радиоактивное заражение местности имеет место и при низких воздушных ядерных взрывах [].

При наземном ядерном взрыве светящаяся область (огненный шар) касается поверхности Земли и образуется воронка выброса. Большое количество грунта попадает в огненный шар, грунт в нем плавится, частично испаряется и перемешивается с радиоактивными веществами, образовавшимися при взрыве. По мере подъема светящейся области вовлеченные в нее массы грунта остывают, пары конденсируются, образуя радиоактивные частицы различной величины и формы, которые распределяются в радиоактивном облаке. Сильный прогрев грунта и приземного воздуха способствует образованию в районе взрыва мощных восходящих потоков воздуха, которые формируют

пылевой столб. Когда плотность воздуха в облаке становится равной плотности окружающего воздуха, подъем облака прекращается. При этом в среднем за 7-10 минут облако достигает максимальной высоты подъема, которая составляет от 3,5 км до 25 км в зависимости от мощности взрыва, и начинает перемещаться в горизонтальном направлении по ветру. К этому времени размер облака достигает максимального и составляет по горизонтальной линии от 2 км до 43 км и по вертикальной линии - от 1,3 км до 15 км в зависимости от мощности взрыва. На местности, подвергшейся радиоактивному заражению при ядерном взрыве, образуются два участка: район взрыва и след радиоактивного облака (Рис. 2.6.1). Радиус радиоактивного заражения в районе взрыва не превышает двух километров. Размеры следа радиоактивного облака главным образом зависят от мощности ядерного взрыва и метеоусловий и могут составлять от нескольких десятков квадратных километров до десятков тысяч квадратных километров. Объем воздушного пространства, в котором происходит осаждение радиоактивных частиц из облака взрыва и верхней части пылевого столба принято называть шлейфом облака. После подхода облака к участку местности наблюдается выпадение радиоактивных частиц (формирование следа радиоактивного заражения). Время выпадения радиоактивных веществ может определяться по формуле:

$$T_{\text{вып}} = R/V,$$

где $t_{\text{вып}}$ – время начала выпадения РВ от момента взрыва, ч, R – расстояние от центра (эпицентра) взрыва до места начала выпадения РВ, км, V - скорость ветра, км/час.

Локальное радиоактивное заражение местности или образование следа радиоактивного облака в зависимости от мощности взрыва продолжается от 10 до 20 часов, за этот период при наземных ядерных взрывах выпадает 60 – 70% всех РВ, образованных при взрыве. В этот период выпадают радиоактивные частицы размером более 30-50 мкм, а более мелкие частицы образуют глобальные выпадения РВ по всему земному шару на той широте, где проведён взрыв. Вначале из облака выпадают крупные радиоактивные частицы с высокой степенью активности, по мере удаления от места взрыва - более мелкие частицы, а уровень радиации при этом постепенно убывает. Форма следа радиоактивного облака зависит главным образом от направления и скорости ветра на равных высотах. На открытой равнинной местности при постоянном направлении ветра на всех высотах след имеет форму вытянутого эллипса.

Источниками радиоактивного заражения при ядерных взрывах являются радиоактивные вещества, входящие в состав ядерного заряда, и образующиеся при ядерном взрыве продукты деления (осколки деления) ядерных взрывчатых веществ (плутония-239, урана-233, 235). По степени опасности радиоактивно зараженная местность характеризуется уровнем радиации (P) и дозой до бесконечности (D_{∞}).

Уровень радиации - это мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, измеренная на высоте 0,7 – 1 м над зараженной поверхностью.

На практике единицы измерения уровня радиации Р/ч, мР/ч; мкР/ч (Гр/ч мГр/ч мкГр/ч). Местность считается зараженной в военное время, если уровень радиации на радиоактивно зараженной местности 0,5 Р/ч и выше. Уровень радиации на радиоактивно зараженной местности уменьшается во времени по экспоненциальному закону для всей территории радиоактивного заражения. Уровень радиации на любое время можно определить по формуле:

$$P_t = P_{\text{вып}} (t/t_{\text{вып}})^{-1,2},$$

где: $P_{\text{вып}}$ – уровень радиации на время выпадения радиоактивных веществ (РВ), Р/ч; t, $t_{\text{вып}}$ – время, на которое определяется уровень радиации P_t и время выпадения РВ,

отсчитываемые от момента взрыва, ч. Если время выпадения ($t_{\text{вып}}$) равно 1 часу после взрыва, то уравнение примет вид: $P_t = P_1 t^{1,2}$,
 где: P_1 - уровень радиации через 1 час после взрыва.

Величину уровня радиации в любой точке зоны радиоактивного заражения можно ориентировочно определить по формуле

$$P_t = \frac{50 \cdot q \cdot V}{R^2} \cdot t^{-1,2} \cdot e^{-\frac{B}{2} \cdot \frac{1}{R}}$$

где P_t – уровень радиации в зоне радиоактивного заражения на время t , Р/ч;
 q – мощность взрыва кт;
 V – средняя скорость ветра, км/ч;
 R – расстояние от эпицентра взрыва, км;
 $B/2$ - расстояние от оси следа, км;
 t – текущее время от момента взрыва, ч.

При оценке степени радиоактивного заражения поверхностей объектов исходят из соотношения между плотностью заражения местности A_m (расп/мин см²) и уровнем радиации P (Р/ч) на высоте 1 метр от её поверхности.

$$A_m = 2 \cdot 10^7 P,$$

При расчётах уровней радиации через 1 час после взрыва пользуются соотношением:

$$A_m = 10 P_1,$$

где A_m - плотность заражения поверхности, Ки/м²;
 P_1 - уровень радиации через 1 час после взрыва на высоте 1 м, Р/ч;

Доза до полного распада характеризует экспозиционную дозу гамма-излучения, которая излучается РВ за время от момента выпадения до их полного распада.

Доза гамма-излучения на радиоактивно зараженной местности может быть определена по формуле:

$$D = \int P(t) dt,$$

Принимая при расчётах, что $P_t = P_0(t/t_0)^{-1,2}$, получим

$$D = 5 P_0 t_0^{1,2} (t_1^{-0,2} - t_2^{-0,2}),$$

где P_0 - уровень радиации, Р/ч, к моменту t_0 , ч, после ядерного взрыва;

t_1, t_2 – время начала и окончания облучения, ч, отсчитываемые от момента взрыва.

Если $t_1 = t_0 = t_{\text{вып}}$, то мощность дозы P_0 будет равна начальному значению $P_{\text{вып}}$ на момент выпадения РВ из облака. При длительном облучении t_2 , стремящемся к бесконечности, получаем соотношение для расчета дозы до бесконечности (D_∞): $D_\infty = 5 P_{\text{вып}} t_{\text{вып}}$,

При $t_{\text{вып}} = 1$ час, уравнение имеет вид: $D_\infty = 5 P_1$

Доза до бесконечности D_∞ на зараженной местности реализуется следующим образом во времени:

за первый час после выпадения РВ - 10% D_∞ ; за 2 часа – 15% D_∞ ; за 3 часа – 20% D_∞ ; за 6 часов – 30% D_∞ ; за 12 часов – 40% D_∞ ; за сутки – 50% D_∞ ; за 5 суток – 60% D_∞ ; за 30 суток – 70% D_∞ .

Для характеристики степени опасности облучения на радиоактивно зараженной местности условно выделяют 4 зоны заражения.

Зона А – умеренного радиоактивного заражения. На картах и планах обозначается синим цветом. Она формируется за счёт выпадения радиоактивных частиц из облака размером 30-50-100 мкм. Занимает примерно 80% всей площади радиоактивного заражения. Характеризуется уровнем радиации через час после взрыва на внешней границе зоны 8 Р/ч

и дозой до бесконечности 40Р. Потери в зоне А в первые сутки после взрыва при действии на открытой местности могут составить до 15%, а всего потери-до 50%. Объекты экономики, как правило, не прекращают работу в этой зоне или прекращают её на несколько часов вблизи внутренней границы зоны. Поисково-спасательные и аварийно-восстановительные работы в зоне А, исходя из безопасных доз облучения, могут начинаться через 3-6 часов после взрыва в зависимости от места их проведения.

Зона Б – сильного радиоактивного заражения. На картах и планах обозначается зелёным цветом. Она формируется за счёт выпадения из облака радиоактивных частиц размером 100 – 200 мкм, занимает территорию примерно 10% всей площади радиоактивного заражения. Уровень радиации через 1 час после взрыва на внешней границе зоны составляет 80Р/ч, а доза до бесконечности 400Р.

В первые сутки после взрыва потери на открытой местности в этой зоне составляют до 50 % , а всего потери-до 100 %. Опасность поражения людей сохраняется в течение трёх суток. Объекты экономики прекращают работу на 6 – 24 часа в зависимости от их местоположения в зоне Б. Поисково-спасательные и аварийно - восстановительные работы начинают в период от 6 до 12 часов после взрыва.

Зона В – опасного радиоактивного заражения. На картах и планах обозначается коричневым цветом. Формируется за счёт выпадения из облака радиоактивных частиц размером 200 – 400 мкм и занимает примерно 7% площади радиоактивного заражения. Уровень радиации через час после взрыва на внешней границе зоны составляет 240 Р/ч, а доза до бесконечности – 1200Р. При действиях на зараженной местности в пределах зоны В потери составляют 100% в первые 12 часов после взрыва. Объекты экономики прекращают свою деятельность на 1 – 3 суток, а поисково-спасательные и аварийно-восстановительные работы начинаются через 0,5 – 1,5 суток в зависимости от места расположения объекта в этой зоне.

Зона Г – чрезвычайно опасного радиоактивного заражения. На картах и планах обозначается чёрным цветом. Она формируется радиоактивными частицами размером более 400 мкм, занимает около 3% территории радиоактивного заражения. Уровень радиации через 1 час после взрыва составляет 800 Р/ч на внешней границе и 2000 Р/ч в середине зоны, доза до бесконечности соответственно 4000Р и 10000Р. Объекты экономики в этой зоне прекращают свою деятельность на трое и более суток, а поисково-спасательные и аварийно-восстановительные работы начинаются через 1,5 – 3 суток. При действии на открытой местности в пределах зоны Г уже в первые часы после взрыва потери составляют 100%. Зараженная местность в пределах зоны Г представляет опасность в течение двух недель после ядерного взрыва. Размеры зон радиоактивного заражения, исходя из уровней радиации через 1 час после взрыва, могут ориентировочно определяться по следующим упрощенным формулам: $L_A=16q^{1/2}$; $L_B=5q^{1/2}$; $L_V=2,5q^{1/2}$; $L_\Gamma=q^{1/2}$; где: $V=0,1L$ (при $V=100\text{км/ч}$), $V=0,2L$ (при $V=50-70\text{ км/ч}$), $V=0,4L$ (при $V=25\text{ км/ч}$), L_A, L_B, L_V, L_Γ – длина зон А, Б, В, Г, км; V – ширина зон, км; q – мощность ядерного взрыва, кт ; V – скорость среднего ветра, км/ч.

При действии на радиоактивно зараженной местности от ядерных взрывов основное поражение люди будут получать от внешнего облучения, попадание радиоактивных веществ внутрь организма усугубляет поражение, особенно попадание альфа - излучателей. Защита от ионизирующих излучений в зонах радиоактивного заражения осуществляется методом экранирования, а при действиях на зараженной местности и использованием радиопротекторов.

Эффективность защиты на зараженной местности определяется коэффициентом ослабления радиации, так же как и от проникающей радиации. Величина коэффициента ослабления радиации ($K_{осл}$) определяется по формуле:

$$K_{осл} = 2^{\frac{H_1}{d_1} + \frac{H_2}{d_2} + \dots + \frac{H_n}{d_n}}$$

где $H_1, H_2 \dots$ – толщина слоя n -го материала, см; d_1, d_2, \dots – слой половинного ослабления гамма-излучения n -ым материалом, см.

Слои половинного ослабления различных материалов имеют меньшие значения, чем при проникающей радиации и составляют: для грунта – 8,5 см, для бетона – 5,6 см, для воды – 13 см и вычисляются по формуле:

Дозы облучения при действиях на радиоактивно зараженной местности определяются по формуле: $D_{обл} = 5 (P_{нt_n} - P_{кт_k}) / K_{осл}$, где: P_n, P_k – уровни радиации в момент начала (t_n) и окончания (t_k) облучения, $P/ч, K_{осл}$ – коэффициент ослабления радиации средствами защиты.

Эта формула позволяет определять дозы облучения людей расчетным методом, однако наиболее надежным методом является прямое измерение доз облучения с помощью дозиметров.

Если дозы облучения людей не были измерены при проведении работ в зонах радиоактивного заражения, то их можно определить в более позднее время хромосомным анализом, т.к. повреждение хромосом сохраняются многие годы, или электронным парамагнитным резонансным анализом эмали зубов, повреждения в которой от ионизирующей радиации сохраняются всю жизнь.

4.8. Радиоактивное заражение при авариях на атомных электростанциях.

Гипотетическая авария на АЭС возникает при оплавлении аварийных твэлов (2% от общего количества), разрыве магистрального трубопровода и других ситуациях и характеризуется выходом из системы пароводяной смеси с радиоактивными веществами через вентиляционную трубу[].

Радиоактивное заражение атмосферы и местности существенно отличается в случае аварии на одноконтурных и двухконтурных ядерных реакторах.

Гипотетическая авария на одноконтурном ядерном реакторе типа РБМК-1000 сопровождается выходом пароводяной смеси с РВ в атмосферу через вентиляционную трубу высотой 160 метров. Основной выход происходит в течение 20 минут и практически завершается за 1 час. За это время выходят все РВ, которые находятся в парообразном состоянии в зазорах аварийных твэлов: это радиоактивные благородные газы (РБГ) активностью 27 мекюри, радиоизотопы йода активностью 28 мекюри и радиоизотопы цезия активностью 0,14 мекюри.

Паровое облако с РВ за счет высокой скорости истечения из вентиляционной трубы поднимается над ней на несколько десятков метров и распространяется по направлению и со скоростью ветра на высоте перемещения облака.

Основное влияние на распространение радиоактивного облака и характер радиоактивного заражения атмосферы и местности будут оказывать направление, скорость ветра и степень вертикальной устойчивости атмосферы.

При нахождении человека в радиоактивном облаке РБГ будут попадать в легкие вместе с воздухом и воздействовать на них в период пребывания, а затем РБГ будут выбрасываться из легких. Другое дело радионуклиды йода и цезия, которые попав в легкие, будут частично задерживаться в них, а затем распределяться в организме по

органам и тканям, производя их облучение: изотопы йода- преимущественно в щитовидной железе, а цезия- равномерно по всему организму. Поскольку воздействие излучения от радиоактивного облака будет кратковременным (около 1 часа), основной вклад в дозу облучения людей будет давать внутреннее облучение (99% дозы) за счет распада и воздействия радионуклидов йода и цезия, попавших в организм.

В связи с этим обстоятельством размеры зон радиоактивного заражения определяются по дозе внутреннего облучения людей. Поскольку к облучению наиболее чувствительны дети, то по дозам их внутреннего облучения и определяют зоны радиоактивного заражения на местности.

Выделяют две зоны радиоактивного заражения: зону опасного РЗ с дозой внутреннего облучения детей на внешней границе величиной 0,3 Зв (30 бэр) и на внутренней границе 2,5 Зв (250 бэр) и зону чрезвычайно опасного РЗ с дозой внутреннего облучения детей на внешней границе 2,5 Зв (250 бэр). Доза внутреннего облучения меньше 30 бэр практически безопасна, доза внутреннего облучения 250 бэр вызывает лучевую болезнь перовой степени у детей, а у взрослых эта доза составляет 400 бэр. Эти зоны РЗ теоретически имеют форму эллипсов, размеры которых зависят от скорости ветра и степени устойчивости атмосферы. Они составляют для реактора РБМК-1000 длину от 30 до 260 км и ширину от 5,2 до 7 км для зоны опасного РЗ (обозначается коричневым цветом), а для зоны чрезвычайно опасного РЗ (обозначается черным цветом) – длину от 6 до 20 км и ширину от 1 до 1,4 км.

При движении радиоактивного облака над поверхностью земли происходит заражение местности и объектов, расположенных на ней, радиоизотопами йода и цезия.

Уровни радиации на оси следа сравнительно небольшие и составляют на один час после аварии на АЭС около 1 Р/ч на расстояниях до 10 км, десятые доли рентгена в час на расстояниях до 50 км и сотые доли рентгена в час на расстояниях до 100км от АЭС. Спад уровня радиации на РЗ местности определяется распадом радионуклидов йода в течение примерно трех месяцев после аварии, а в дальнейшем – распадом радионуклидов цезия – 134 и 137. Закон спада уровня радиации от момента аварии и до 4 суток после нее ориентировочно определяется по уравнению: $P_t = P_1 t^{-0,5}$, где P_1 – уровень радиации через 1 час после аварии, Р/ч; t – время прошедшее после аварии, ч.

После четырех суток до трех месяцев спад уровней радиации определяется по соотношению: $P_t = P_4 2^{t/T_{1/2}}$, где P_4 – уровень радиации через 4 суток после аварии; t – время в сутках, отсчитываемое от 4 суток после аварии; $T_{1/2}$ – период полураспада йода-131, равный 8,05 суток

Гипотетическая авария на двухконтурном ядерном реакторе типа ВВЭР-1000 характеризуется длительным выходом пара с радионуклидами (до 9 суток) в атмосферу через вентиляционную трубу.

Прочный корпус ядерного реактора и защитная оболочка реактора с первым контуром удерживают РВ внутри АЭС и выход их в атмосферу примерно в 10 раз меньше, чем при гипотетической аварии на РБМК-1000 и составляет 2,2 мегаКюри РБГ и 1,37 мегаКюри радионуклидов йода. Сравнительно небольшой выход РВ при гипотетической аварии (ГА) на ВВЭР-1000 приводит к тому, что независимо от метеоусловий радиоактивное заражение местности не выходит за пределы тридцатикилометровой зоны АЭС.

Форма зон радиоактивного заражения при ГА на реакторе ВВЭР-1000 может быть не только эллипсообразной, но и кольцевой вокруг АЭС с выступами-эллипсами по тем

направлениям, когда имеет место повышенный выход РВ из реактора. В условиях, когда форма радиоактивного следа эллипсообразная размеры зон РЗ могут составлять опасной- длина от 4 до 25 км, ширина 1 км;чрезвычайно опасной- длина от 5 до 9 км, ширина 0,4-0,5 км.

Уровни радиации на оси радиоактивного следа через 1 час после аварии составляют десятые доли рентгена в час на расстояниях до 3 км и сотые доли рентгена в час на расстояниях от 3 до 11 км от АЭС.

Спад уровней радиации на РЗ местности такой же, как при гипотетической аварии на реакторе типа РБМК-1000.

Если электрическая мощность ядерных реакторов больше или меньше 1000МВт, то размеры зон радиоактивного заражения соответственно увеличиваются или уменьшаются.

Радиоактивное заражение при аварии на АЭС с разрушением ядерного реактора. Примером такой аварии является авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года. До аварии ядерный реактор работал около 3 лет без замены ядерного горючего, в момент аварии мощность реактора была 7% от номинальной.

В момент аварии на энергоблоке произошло несколько тепловых взрывов, которые разрушили ядерный реактор и здание, где он находился, а также произошел мгновенный выброс парогазового радиоактивного образования и продуктов разрушения здания на высоту около 2 км. Потом произошло загорание графита (его в реакторе 1700 т) и его горение происходило в течение двух недель, в процессе которого происходило интенсивное выпаривание радиоактивных веществ из разрушенного реактора, выход их из зоны аварии и распространение в окружающей среде под влиянием метеоусловий. Попытки прекратить выход РВ в атмосферу из зоны аварии путем сброса в ЭТУ зону около 500 т различных негорючих материалов успеха не имели.

По официальным данным при аварии на Чернобыльской АЭС в атмосферу вышло около 50 МКи РВ, т.е. 5% от всех РВ, находящихся в ядерном реакторе во время аварии. С учетом выхода короткоживущих радионуклидов выброс РВ в атмосферу за весь период их выхода составил около 20%.

Анализ показывает, что выход РВ в атмосферу при аварии с разрушением реактора типа РБМК-1000 в мирное время может составлять от нескольких до 25-30% от всех РВ, содержащихся в нем, а при воздействии обычного или ядерного оружия выход РВ из реактора может достигать 50%.

Масштаб и степень радиоактивного заражения при аварии на АЭС с разрушением ядерного реактора зависят от мощности реактора, времени его работы от пуска до аварии, доли вышедших РВ в атмосферу, интенсивности выхода РВ по времени, мощности реактора в момент аварии и метеоусловий в момент аварии и в период выхода РВ.

Длительный выход РВ в атмосферу обуславливает РЗ вокруг АЭС из-за изменения направления ветра. Наибольшая величина заражения будет по направлению ветра в момент первичного выброса РВ и последующих больших выбросов, как об этом свидетельствуют данные о радиоактивном заражении при аварии на Чернобыльской АЭС. Так, например, в момент аварии 26 апреля ветер был восточный, в результате этого РВ распространились в западном направлении в сторону г. Овруч, образовав полосу интенсивного радиоактивного заражения длиной около 100 км (это первичный выброс), 28 и 29 апреля ветер дул на северо-восток в сторону Брянской области.

Поскольку в эти дни было наиболее мощное истечение РВ в атмосферу, то РЗ имело место в отдельных районах Брянской обл., удаленных на сотни км, по интенсивности такое же, как в 30-километровой зоне.

Как было установлено позднее, спад уровней радиации на местности, заражённой при аварии на АЭС происходил по закону: $P_t = P_1 t^{0.5}$, где P_1 и P_t - уровни радиации (Р/ч.) после аварии на АЭС через 1 час и t часов; t – время после аварии на АЭС, ч.

Эта зависимость справедлива при аварии ядерного реактора проработавшего около 3 лет с момента пуска до аварии. Если реактор до аварии проработал меньше времени, то спад уровней радиации может определяться по формуле: $P_t = P_1 t^n$, где n – показатель степени, который в зависимости от времени работы реактора до аварии имеет значения: 1,2 (при работе до 0.5 ч.); 0,25-0,5 (при работе до аварии от 0,5 ч до 3 лет).

Показатель степени n может быть определен после аварии по уравнению:

$$n = \frac{\lg \frac{P_1}{P_2}}{\lg \frac{t_1}{t_2}},$$

где: P_1 и P_2 – уровни радиации, измеренные в моменты времени t_1 и t_2 после аварии.

Для характеристики степени опасности РЗ, образующегося при аварии на АЭС, так же как и при радиоактивном заражении от ядерного взрыва выделяют зоны радиоактивного заражения: М – радиационной опасности, А – умеренного РЗ, Б – сильного РЗ, В – опасного РЗ и Г – чрезвычайно опасного РЗ.

Имеется методика определения степени РЗ при авариях на АЭС с разрушением атомного реактора в зависимости от процента выброса радиоактивных веществ из активной зоны ядерного реактора. В этой методике используется схема радиоактивного заражения, при которой направление ветра не меняется за весь период выхода РВ из зоны разрушенного ядерного реактора при изотермии и средней скорости ветра 5 м/с.

При таких условиях радиоактивного заражения образуются зоны, размеры которых даны в табл. 4.8.

Таблица 4..8

Характеристики зон радиоактивного заражения при авариях с разрушением ядерного реактора типа РБМК-1000 при изотермии и $V=5\text{м/с}$ в зависимости от выхода РВ при аварии.

Обозначение зоны радиоактивного заражения	Доля выброса РВ, %	Уровень радиации через 1 час после аварии, Р/ч	Доза бесконечности D_{∞} , Р	Тип ядерного реактора			
				РБМК-1000		ВВЭР-1000	
				Длина зоны, км	Ширина зоны, км	Длина зоны, км	Ширина зоны, км
Зона М	3	0,074	5,6	145	8,4	75	3,7
Зона А		0,14	56	34	1,7	10	0,3
Зона М	10	0,074	5,6	270	18	155	8,8
Зона А		0,14	56	75	3,9	30	1,2
Зона Б		1,4	560	15	0,7	-	-
Зона В		4,2	1680	5,8	0,3	-	-
Зона М	30	0,074	5,6	420	31,5	285	18,5
Зона А		0,14	56	145	8,5	75	3,5

Зона Б	50	1,4	560	34	1,7	10	0,2
Зона В		4,2	1680	17,5	0,7	-	-
Зона М		0,074	5,6	585	43	380	25
Зона А		0,14	56	190	12	100	10
Зона Б		1,4	560	47	2,4	16,5	0,6
Зона В		4,2	1680	24	1,0	-	-
Зона Г		14	5600	9,5	0,3	-	-

Эту таблицу нельзя применить для определения защитных мероприятий, т.к. принять, что направление ветра в течение 10 суток не меняется невозможно. Ее можно использовать только для оценки максимальных размеров зон РЗ в мирное и военное время. По наблюдениям Гидрометеослужбы установлено, что направление ветра может не меняться в течении от 4 часов до 2 суток. Поэтому лучше принять методику штаба ГО Ленинграда и Ленобласти 1987 года.

Согласно этой методике исходят из того, что размеры зон РЗ при аварии на АЭС с одноконтурным ядерным реактором типа РБМК-1000 в условиях чрезвычайных ситуаций мирного времени будут максимальными при выходе РЗ в окружающую среду в количестве 20-30% от всех РВ, накопившихся в ядерном реакторе.

Характеристика зон РЗ, образующихся при максимальной аварии на АЭС с реактором типа РБМК-1000 в мирное время дана в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Характеристики зон радиоактивного заражения при аварии с разрушением ядерного реактора типа РБМК-1000 при средних метеоусловиях.

Наименование зоны радиоактивного заражения	Уровень радиации через 1 час, Р/ч	Доза до бесконечности на внешней границе зоны D_{∞}	Радиус зоны вокруг АЭС, км	Размеры зон РЗ по направлению первичного выброса (интенсивного выхода) РВ	
				Длина зоны, км	Ширина зоны, км
М-зона радиационной опасности	0,025	10	30	340	31
А-зона умеренного РЗ	0,1	40	18	200	20
Б – зона сильного РЗ	1	400	7,0	80	12
В – зона опасного РЗ	3	1200	4,0	48	7,0
Г-зона чрезвычайно опасного РЗ	10	4000	2,5	28	5,0

При аварии на АЭС с разрушением реактора типа РБМК-1500 максимальные размеры зон РЗ увеличиваются в 1,5 раза.

При авариях на АЭС с разрушением реактора типа ВВЭР-1000 интенсивный выход РВ в атмосферу будет кратковременным (видимо, в течение нескольких часов). Кратковременность выхода РВ в атмосферу при аварии на ВВЭР будет обусловлена отсутствием графита, горение которого вызвало интенсивный и длительный выход РВ из зоны аварии реактора РБМК-1000 на Чернобыльской АЭС.

Следовательно, при аварии на реакторе ВВЭР-1000 РЗ будет по форме аналогично следу радиоактивного заражения ядерного взрыва, а максимальные размеры зон РЗ могут определяться по табл. 2.11.

Особенности радиоактивного заражения при авариях на АЭС. Особенности РЗ местности при аварии на АЭС обусловлены особенностями радиоизотопного состава РВ ядерного реактора, характером выхода РВ в атмосферу при аварии и метеоусловиями.

Основные особенности РЗ при авариях на АЭС:

1. Радиоактивные продукты ядерного реактора обогащены радионуклидами с большими периодами полураспада по сравнению с продуктами ядерного взрыва. Эта особенность приводит к тому, что спад уровней радиации на местности, зараженной при аварии на АЭС, будет более медленным, чем на местности, зараженной при ядерном взрыве.

2. Радиоактивные вещества, выходящие в окружающую среду при аварии на АЭС, обогащены радионуклидами легколетучих элементов в 5 – 15 раз больше, чем их изотопный состав в ядерном реакторе (РБГ, радиоизотопы йода и цезия).

3. Радиоактивные вещества, выходящие в атмосферу при аварии на АЭС, находятся в составе мелкодисперсированных аэрозолей, которые практически не оседают на поверхность земли и распространяются в атмосфере на сотни и даже тысячи км от места аварии. Образование мелкодисперсных аэрозолей обусловлено тем, что радиоактивные вещества распределенные в парогазовой фазе (в момент взрыва), находятся в молекулярном состоянии (то же самое и при выпаривании их в процессе горения графита) и при остывании в воздухе конденсируются на мелкодисперсной атмосферной пыли.

4. Мелкодисперсные радиоактивные аэрозоли, образующиеся при аварии на АЭС, заражают поверхности при контакте с ними за счет адсорбции. Такой механизм радиоактивного заражения поверхностей приводит к неравномерному заражению местности: более интенсивному заражению (в 6-10 раз больше) местности с развитой поверхностью (кустарники, лесные массивы), а также местности, над которой были осадки в период прохождения радиоактивного облака.

5. Радиоактивное заражение объектов внешней среды при аварии на АЭС носит стойкий характер, т.е. зараженные поверхности с большим трудом поддаются обеззараживанию. Это обусловлено большими силами связи мелкодисперсных частиц с поверхностью (для отрыва частицы размером 0,5 мкм надо приложить силу 6000 дин - в то время как для отрыва частицы в 20 мкм надо приложить силу всего 6 дин).

4.9. Радиоактивные отходы ядерного энергетического комплекса.

Радиоактивные отходы образуются при работе АЭС, радиохимических заводов, исследовательских ядерных реакторов, ядерных энергетических установок и радиохимических лабораторий[74-77].

К радиоактивным отходам относят отходы, загрязненные радиоактивными веществами в количестве, превышающем установленные нормы и правила. Жидкие отходы считают радиоактивными, если содержание в них отдельных радионуклидов или их смесей превышает допустимые концентрации этих радионуклидов для воды.

К твердым отходам относят материалы и предметы с содержанием радиоактивных веществ, если удельная активность больше 10^5 Бк/кг для β -активных веществ; 10^4 Бк/кг для α -активных веществ или 10^3 Бк/кг для трансураниевых элементов.

Классификация радиоактивных отходов по их удельной активности приведена в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Категории жидких и твердых радиоактивных отходов			
Категория по активности	Удельная активность, Бк/кг		
	Жидкие	Твердые	
		α -активные	β -активные
Низкоактивные	до $3.7 \cdot 10^5$	от $7 \cdot 10^3$ до $3.7 \cdot 10^5$	от $7.4 \cdot 10$ до $3.7 \cdot 10^6$
Среднеактивные	$3.7 \cdot 10^5 - 3.7 \cdot 10^{10}$	от $3.7 \cdot 10$ до $3.7 \cdot 10^8$	от $3.7 \cdot 10$ до $3.7 \cdot 10^9$
Высокоактивные	более $3.7 \cdot 10^{10}$	более $3.7 \cdot 10^8$	более $3.7 \cdot 10^9$

Низкоактивные радиоактивные отходы опасны только при попадании внутрь организма человека, среднеактивные - и как источник внешнего облучения. Высокоактивные отходы настолько радиоактивны, что требуют не только мощной защиты, но и охлаждения в течение длительного времени.

Радиоактивные отходы низкой и средней удельной активности образуются в основном на начальных стадиях ядерного топливного цикла.

Отходы высокой удельной активности появляются в процессе радиохимической переработки отработанного ядерного топлива.

Годовое количество радиоактивных отходов ядерного топливного цикла в расчете на работу одного ядерного реактора ВВЭР-1000 составляет: рудный отвал - $1.9 \cdot 10^{13}$ Бк (42 тыс. м³); высокоактивные твердые отходы - $6.5 \cdot 10^{18}$ Бк (5.8 м³); среднеактивные твердые отходы - $2.2 \cdot 10^{15}$ Бк (620 м³); радиоактивные благородные газы - $9 \cdot 10^{15}$ Бк (0.01 м³), йод - $3.7 \cdot 10^{10}$ (0.05 м³), углерод-14 - $7.4 \cdot 10^{11}$ Бк; тритий - $7 \cdot 10^{14}$ Бк (0.35 м³); низкоактивные твердые отходы - $7.4 \cdot 10^{13}$ Бк (2.4 тыс. м³). Общая активность радиоактивных отходов составляет $6.5 \cdot 10^{18}$ Бк ($1.75 \cdot 10^8$ кюри) объемом около 45 тыс. м³. Ожидается, что к 2000 г. суммарная активность отходов высокой удельной активности достигнет 10^{22} Бк ($2.7 \cdot 10^{11}$ кюри). Разработка безопасного обращения с радиоактивными отходами одна из самых важных и малоизученных проблем ядерного топливного комплекса.

При работе АЭС получают жидкие радиоактивные отходы в результате утечки радиоактивного теплоносителя через неплотности арматуры первого контура ядерного реактора, которые не превышают 100-200 кг/ч с активностью до $4 \cdot 10^9$ Бк/л, а также образуются в реакторе-барботере при поглощении радиоактивного пара в период отключения паровых турбин на АЭС с реакторами типа РБМК-1000. Твердые радиоактивные отходы образуются при очистке теплоносителя первого контура от радиоактивных веществ на ионообменных фильтрах. Количество теплоносителя, идущего на очистку составляет около 10% от общего количества теплоносителя первого контура за 1 час, для реактора ВВЭР-1000 это около 60 т/ч.

Основную долю радиоактивных отходов АЭС составляет отработанное ядерное топливо в виде ТВС, которое, как правило, подлежит химической переработке на радиохимических заводах с целью извлечения невыгоревшего урана, образовавшегося плутония и других трансурановых элементов и ценных продуктов деления.

После отработки на ядерном реакторе тепловыделяющие сборки (ТВС) имеют высокую активность, которая составляет $(4.2-9.6) \cdot 10^{18}$ Бк на 1т отработанного ядерного топлива, большое энерговыделение, которое составляет 0.25-0.4% от номинальной тепловой мощности ядерного реактора или 50-120 квт/т отработанного топлива.

Для снижения активности отработанного ядерного топлива и его охлаждения тепловыделяющие сборки в течение трех лет выдерживаются в бассейнах с водой для отработанного топлива, расположенных на территории АЭС. За этот период активность тепловыделяющих сборок снижается примерно в 200 раз и составляет $(2.0-4.0) \cdot 10^{16}$ Бк на 1т отработанного топлива, а остаточное энерговыделение составляет единицы киловатт на тонну отработанного топлива.

Для транспортировки отработанного ядерного топлива (ТВС) из бассейна выдержки ТВС с территории АЭС на радиохимический завод требуется принятие особых мер для гарантированного предотвращения возможных аварий на транспорте, т. к, наряду с высокой активностью и энерговыделением ТВС содержат и делящиеся материалы.

Отработанное топливо помещают в специальные транспортные контейнеры, масса которых составляет от 30 до 100 тонн, причем на долю полезного груза - отработанного топлива приходится всего 2-5% общей массы, остальные элементы надежной защиты. Для транспортировки контейнеров применяются специальные железнодорожные вагоны, автотрейлеры и плавучие суда.

Поступившее на радиохимический завод отработанное топливо перегружают под водой из контейнеров в бассейны-хранилища. Высокая радиоактивность значительно затрудняет работу, поэтому все операции выполняются с дистанционным управлением. Глубина бассейна и толщина слоя воды над топливом обеспечивают необходимую радиационную защиту. Контейнеры размещают в специальных стеллажах, чтобы в любых случаях не достигалась критическая масса. Из бассейнов ТВС поступают в отделение резки, где они режутся на куски заданного размера (25-27 мм без разборки на отдельные стволы). Разрезанные сборки попадают в растворители с азотной кислотой, где осуществляется извлечение урана, плутония и других ценных элементов. Отфильтрованные растворы поступают на экстракцию, в результате которой органическими растворителями избирательно экстрагируются уран и плутоний, а продукты деления почти все остаются в водной фазе. Многоступенчатая экстракция позволяет произвести высокое раздельное извлечение урана и плутония и практически полную их очистку от продуктов деления. В процессе радиохимической переработки отработанного топлива образуются радиоактивные отходы высокой удельной активности - это раствор продуктов деления в азотной кислоте, полученной во время первой экстракции урана и плутония. В таком растворе содержится более 99% продуктов деления, примерно 0.5% плутония, накопившегося в твэлах и почти целиком трансурановые элементы. В настоящее время практически во всех странах мира признана оптимальной следующая схема переработки высокоактивных радиоактивных отходов:

- хранение в жидкой фазе для снижения остаточного энерговыделения;
- отверждение выдержанных жидких отходов и временное хранение в контролируемых условиях;
- окончательное захоронение отвержденных отходов в стабильных геологических формациях.

При хранении в жидкой фазе высокоактивных отходов существует наибольшая опасность возникновения аварии на емкостях, содержащих их с выходом радиоактивных веществ в окружающую среду в больших количествах.

4.10 Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при чрезвычайных ситуациях военного и мирного времени..

Под радиационной обстановкой понимают масштабы и степень заражения местности радиоактивными веществами (РВ), оказывающими влияние на действия формирований ГО, работу объектов экономики и жизнедеятельность населения. Под масштабом радиоактивного заражения (РЗ) местности понимают площадь территории, зараженной РВ выше допустимых уровней. В военное время зараженной считается территория, где уровень радиации 0,5 Р/ч и выше, в мирное время при уровне радиации 100 мкР/ч и выше. Под степенью РЗ местности понимают деление этой территории на зоны по степени опасности. С целью определения возможного влияния радиоактивного заражения на работу предприятий, трудоспособность населения и его жизнедеятельность, производятся оценка радиационной обстановки. Радиационная обстановка может быть оценена по результатам прогнозирования, а также по данным разведки [69-76].

Оценка радиационной обстановки по результатам предварительного прогнозирования радиоактивного заражения в мирное и военное время позволяет использовать данные прогноза для планирования защитных мероприятий. Оценка радиационной обстановки методом прогнозирования радиоактивного заражения сразу же после применения ядерного оружия или аварии на радиационно-опасном объекте позволяет органам управления использовать данные прогноза для организации заблаговременного, т.е. до подхода радиоактивного облака к объекту экономики, или населенному пункту, проведение ряда мероприятий по защите населения, персонала, объектов экономики (ОЭ) и формирований ГО. В управлениях (отделах) ГО ЧС от района и выше выявление и оценка радиационной обстановки в первую очередь проводятся методом прогнозирования, а затем, по мере получения информации об уровнях радиации - по данным разведки.

Управления (отделы) ГО ЧС объектов экономики выявляют и оценивают радиационную обстановку по данным разведки. Однако для планирования защитных мероприятий на ОЭ используют результаты прогноза вышестоящего управления ГО ЧС. Под оценкой радиационной обстановки понимают решение основных задач по действиям формирований ГО, защите персонала и населения, а также производственной деятельности ОЭ в условиях радиоактивного заражения местности и выбор наиболее целесообразных действий персонала и формирований, при которых будет их минимальное облучение.

На основе оценки радиационной обстановки принимаются решения о наиболее целесообразных действиях формирований ГО при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР), своевременном использовании средств защиты, выборе маршрутов для преодоления зон радиоактивного заражения, устанавливаются режимы радиационной защиты персонала и населения, определяются объемы работ по мере ликвидации последствий РЗ. При оценке радиационной обстановки используются справочные данные, радиационные линейки, таблицы, номограммы и формулы для определения основных характеристик радиоактивного заражения местности.

Прогнозирование радиационной обстановки на военное время может производиться заранее в мирное время и сразу же после применения ядерного оружия при получении данных о примененных ядерных взрывах. Для прогнозирования радиационной обстановки используют исходные данные: время, место, вид и мощность ядерных взрывов, направление и скорость среднего ветра. При предварительном прогнозировании радиационной обстановки в мирное время используют данные о возможных целях для ядерных ударов и разведанные, а метеоусловия наиболее вероятные по статистическим данным для данного региона (области).

После применения ядерного оружия данные о ядерных взрывах получают от системы засечки ядерных взрывов, а метеоуслуги от гидрометеослужбы. При наличии исходных данных оценка радиационной обстановки методом прогнозирования проводится в следующей последовательности:

- На карту наносят места наземных ядерных взрывов;
- Из центра ядерного взрыва по направлению среднего ветра проводится синим карандашом ось ожидаемого следа радиоактивного облака;
- Исходя из мощности ядерных взрывов и средней скорости ветра, по таблицам определяют размеры зон радиоактивного заражения в районе ядерного взрыва и по следу радиоактивного облака, которые наносят на карту с учетом оси следа радиоактивного заражения;
- На карту заранее наносят места размещения объектов экономики;
- Исходя из мест размещения объектов экономики в зонах радиоактивного заражения, определяют прогнозируемые уровни радиации;

На основе прогнозируемых уровней радиации и схемы следов радиоактивного заражения решаются варианты задач по оценке радиационной обстановки и принимаются предварительные решения на проведение защитных мероприятий, организацию марша формирований и проведение АСиДНР в зонах радиоактивного заражения, а также организацию защиты и жизнедеятельности населения в условиях радиоактивного заражения. Прогноз радиационной обстановки уточняется на основе данных радиационной разведки. Радиационная обстановка, выявленная по данным радиационной разведки об уровнях радиации, измеренных в отдельных точках местности, и времени их измерения называется фактической радиационной обстановкой. После нанесения фактической радиационной обстановки на карту (схему) (перед нанесением на карту уровни радиации приводятся к единому времени) по изоуровням строятся зоны радиоактивного заражения и проводится их оценка. Основной характеристикой, определяющей степень опасности радиоактивного заражения для людей, является доза облучения, которую они могут получить за время пребывания в зонах радиоактивного заражения.

Для определения степени опасности и возможного влияния радиоактивного заражения оцениваются путем расчета экспозиционные дозы излучения, по которым определяются: режимы радиационной защиты населения, допустимое время пребывания людей на зараженной местности, допустимое время начала преодоления зон РЗ, время начала и продолжительности проведения АСиДНР, возможные радиационные потери населения в зонах РЗ и др. .

Глава 5. ХИМИЧЕСКИЙ ПОРАЖАЮЩИЙ ФАКТОР

5.1. Общая характеристика опасных химических веществ.

В мире имеется около 6 млн. веществ, которые при попадании в организм человека или животного способны вызвать его поражение или гибель [73-84].

Наиболее часто случаются отравления людей в быту, медицине, промышленности и сельском хозяйстве, которые возникают при воздействии 500-700 химических соединений. Такие вещества называют ядовитыми, токсичными или вредными. Отравления могут быть хроническими, которые возникают при длительном поступлении небольших количеств вредных веществ внутрь организма человека или острыми, которые возникают при однократном поступлении вредных веществ в количествах, вызывающих поражение или смерть. Острые отравления возникают при аварийных ситуациях на химических предприятиях или в результате неосторожного употребления вредных веществ.

Вредные вещества – это вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Вредные вещества при нахождении их в окружающей среде постоянно поступают в организм человека в течение всей его жизни и выводятся из организма в окружающую среду. На протяжении жизни в организм человека из окружающей среды через органы дыхания, с пищей и водой поступают такие опасные вредные вещества как нитраты и нитриты, пестициды и углеводороды, диоксины, тяжелые металлы и радиоактивные вещества.

Нитраты – это яды, содержащиеся в овощах и фруктах, которые после суточного хранения этих продуктов, переходят в нитриты, более чем в 10 раз ядовитее нитратов, а нитраты постепенно переходят в нитрозы (нитрозоамины). Следует учесть, что нитриты и нитрозы являются канцерогенами, т.е. возбудителями онкологических заболеваний. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г. Смертельная доза нитритов для взрослого человека 2,5 г, для стариков и детей – 0,18 г.

Пестициды – используются для борьбы с вредителями сельскохозяйственной продукции и представляет опасность для здоровья, если их концентрация в сельхозпродукции выше безопасной.

Канцерогенные углеводороды. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в атмосферном воздухе контролируется содержание углеводородов и в первую очередь бензапирена ($C_{20}H_{12}$), как сильнейшего канцерогена (ПДК в населенных пунктах 10^{-6} мг/м³, на рабочем месте $1,5 \cdot 10^{-4}$ мг/м³). Бензапирен поступает в атмосферу с продуктами сгорания топлива и составляет 1-2% массы выбрасываемой сажи (50% бензапирена находится в саже). В Санкт-Петербурге выбросы автомобилей составляют 70% загрязнения атмосферы, в том числе бензапирена, который содержится не только в продуктах сгорания, но и в исходном топливе, так, например, бензин А-76 содержит 10-12 мкг/кг, а Аи-93 – 50 мкг/кг.

Диоксины – сильнейшие яды, созданные человеком. Это детище устаревших химических технологий. Их считают опасными для окружающей среды. Недавно диоксины отнесены к канцерогенам. Основным источником диоксинов – выбросы хлорных

производств и печей по сжиганию отходов хлорных производств. Микродозы диоксинов дают выбросы городских мусоросжигателей и двигателей внутреннего сгорания. Диоксины подавляют иммунитет при малых дозах, приводят к изменению наследственности, плохо выводятся из организма.

Тяжелые металлы – это химические элементы с плотностью более 6 г/см³. Они сами и их соединения обладают высокой токсичностью при попадании внутрь организма человека, особенно такие как свинец, ртуть, кадмий, мышьяк и соли никеля. Ядовиты и некоторые легкие элементы, например, бериллий. Тяжелые металлы обладают высокой устойчивостью во внешней среде и способностью накапливаться в окружающей среде. Согласно прогнозам тяжелые металлы могут стать более опасными загрязнителями, чем отходы АЭС и радиоактивные отходы. В производствах с выделением тяжелых металлов возникают хронические поражения организма и острые отравления при аварийных выбросах. В группу токсичных тяжелых металлов включено 15 химических элементов, из которых наиболее опасными являются свинец, кадмий, ртуть и мышьяк. Некоторые органы человека кумулируют тяжелые металлы, повышая их концентрацию и усиливая их вредное воздействие.

Особой группой вредных веществ являются отравляющие вещества (ОВ), которые специально используются для поражения людей и животных в военное время.

Отравляющие вещества – это высокотоксичные химические вещества, пригодные для военного использования с целью поражения живой силы противника.

Вредные вещества, которые используют в мирное время в больших количествах в промышленности и в народном хозяйстве и которые в случае их выхода при аварии в окружающую среду способны вызвать поражения людей, в том числе и массовые, назвали аварийно химически опасными веществами (АХОВ).

Аварийно химически опасные вещества – это токсичные химические вещества, используемые на объектах экономики (ОЭ) или транспортируемые в количествах, представляющих опасность массовых поражений людей и животных в случае их выхода в окружающую среду[73-76].

ОВ и АХОВ, попадая в окружающую среду способны загрязнять атмосферный воздух, поверхность земли и водоемы в опасных для жизни людей концентрациях, создавая зоны химического заражения (загрязнения).

Зона химического заражения включает районы применения ОВ (зону разлива АХОВ) и территорию, над которой они распространились в поражающих концентрациях (токсодозах). В свою очередь, зона химического заражения (ЗХЗ) подразделяется на чрезвычайно опасную, в которой имеют место смертельные токсические дозы (концентрации) и потери людей безвозвратные, и опасную зону, в которой наблюдаются поражающие токсические дозы (концентрации) и потери людей не санитарные, т.е. не смертельные.

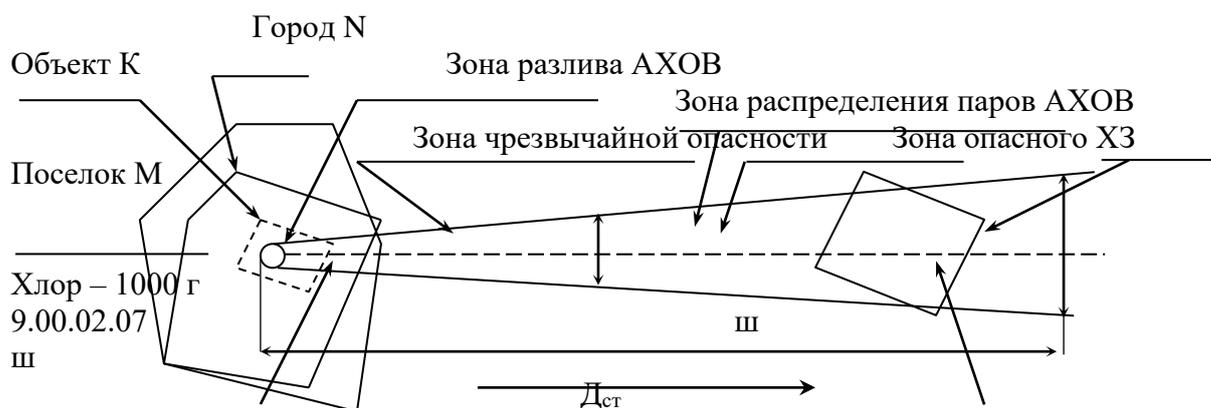
Очаг химического поражения (ОХП) – это территория, в пределах которой в результате воздействия АХОВ (ОВ) произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений. В зависимости от количества АХОВ, попавшего в окружающую среду в зоне химического заражения, может быть один или несколько очагов химического поражения

По степени опасности вредные (токсичные) вещества подразделяются на четыре класса опасности.

Класс опасности вредных веществ согласно ГОСТ-12.1.007-76 характеризуется следующими показателями воздействия на организм: величиной предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, средней смертельной удельной токсодозой при введении в желудок, при попадании на кожу, средней смертельной концентрацией в воздухе, а также коэффициентом возможного ингаляционного отравления, зоной острого и хронического действия [].

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Эту классификацию можно использовать и для аварийно химически опасных веществ. Но поскольку АХОВ мы связываем с чрезвычайными (аварийными) ситуациями, когда поражение населения возможно только за счет ингаляционного



поступления АХОВ внутрь организма, а личного состава формирований, ликвидирующих аварию и ее последствия, за счет ингаляции АХОВ и возможного воздействия через кожу при нарушении условий защиты, то класс их опасности можно характеризовать только тремя из перечисленных выше показателей: величиной ПДК в воздухе рабочей зоны; средней смертельной удельной токсодозой при попадании на кожу; средней смертельной концентрацией в воздухе.

Классы опасности АХОВ представлены в таб. 5.1. , основные характеристики наиболее распространенных АХОВ приведены в таб. 5.2.

Аммиак, NH_3 - бесцветный газ с резким характерным запахом, в 1,7 раза легче воздуха (плотность по воздуху - 0.597), хорошо растворяется в воде (при 20°C в одном объеме воды растворяется 700 объемов аммиака). При температуре $-33,4^\circ\text{C}$ кипит и при температуре $-77,8^\circ\text{C}$ затвердевает, горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом (пределы концентраций воспламенения от 15 до 28 % по объему).

Таблица 5.1.

Показатели воздействия на организм	Классы опасности АХОВ			
	1 класс – чрезвычайно опасные вещества	2 класс – опасные вещества	3 класс – умеренно опасные вещества	4 класс – мало опасные вещества
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны мг/м^3	<0,1	0,1-1,0	1,0-10	>10

Средняя смертельная удельная токсодоза при попадании на кожу, мг/кг живого веса	<100	100-500	500-2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	<500	500-5000	5000-50000	>50000

Таблица.5.2

.Перечень и основные характеристики наиболее распространенных АХОВ

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ т/м ³	Температура кипения 0С	ПКД в воздухе, мг/м ³		Величина Токсодозы мг*мин/л		класс опасности АХОВ
				Рабочей зоны	Населен. пунктов	Пороговой	Смертельно	
1	Азотная кислота (к)	1,5	83,4	5,0	0,15	3,0	---	2
2	Аммиак	0,68	-33,4	20	0,04	15	100	4
3	Ацетонитрил	0,79	81,6	10	0,002	21,6	---	
4	Ацетонциангидрин	0,93	120	0,9	0,001	1,9	---	
5	Водород хлористый	1,19	-85	0,05	0,010	2,0	20	
6	Водород фтористый	0,99	19,5	0,05	0,005	4,0	---	
7	Синильная кислота	0,69	25,7	0,3	0,01	0,2	2,0	2
8	Диметиламин	0,68	6,9	1,0	0,005	1,2	---	
9	Метиламин	0,70	-6,5	1,0	---	1,2	---	
10	Мети бромистый	1,73	3,6	1,0	---	1,2	12	1
11	Метил хлористый	0,98	-24	1,0	---	10,8	---	
12	Нитрило-акрил	0,80	77,3	0,5	0,03	0,75	---	
13	Окись этилена	0,88	10,7	1,0	0,3	2,2	25	2
14	Сернистый ангидрит	1,46	-10,1	10	0,05	1,8	20	3
15	Сероводород	0,96	-60,3	10	0,008	1,0	1,4	2
16	Сероуглерод	1,26	46	1,0	0,005	45	300	2
17	Соляная кислота (37% хлористый водород)	1,19	120	5,0	0,2	2,0	7,0	2

18	Формаль-дегид	0,84	-19	0,5	0,003	0,6	9,5	2
19	Фосген	1,43	8,2	0,5	---	0,6	6,0	2
20	Хлор	1,55	-34,1	1,0	,03	0,6	6,0	2
21	Хлорпикрин	1,66	112	0,7	0,07	0,02	20	
22	Гидразин	1,02	113,5	0,1	---	0,6	6,0	
23	Двуокись хлора	1,5	11,0	0,1	---	0,06	0,6	1
24	Пиридин	0,98	116	5,0	---	2,0	20	2
25	Дихлорэтан	1,35	83,5	10	---	1,5	40	2
26	Окись углерода	---	-191	20	---	12	60	4
27	Окислы азота	1,49	-90	5,0	---	1,5	7,8	2

Примечание: Наиболее распространенные 21 АХОВ в таблице. Кроме того, ниже приводится краткая характеристика каждого вещества в отдельности.

Аммиак используется при производстве азотной кислоты, соды, синильной кислоты и многих других неорганических соединений, удобрений, в органическом синтезе; при крашении тканей; в качестве хладагента в холодильниках, 10 %-й раствор аммиака известен под названием нашатырный спирт, 18-20 % раствор аммиака называется аммиачной водой и используется в качестве удобрения.

Порог ощущения аммиака - 0,037г/м³. Предельно допустимая концентрация в рабочих помещениях - 0,02 г/м³. При концентрациях 0,04-0,08 г/м³ наблюдается резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, кашель, головная боль. Концентрация 0,35-0,7 г/м³ опасна для жизни, смерть может

наступить от сердечной слабости и остановки дыхания. Газообразный аммиак при концентрации равной 0,28 г/м³ вызывает раздражение горла, 0,49г/м³- раздражение глаз, 1,2 - вызывает кашель, 1,5 - 2,7 приводит к смертельному исходу при воздействии в течение 0,5 - 1 часа.

При соприкосновении сжиженного аммиака с кожей происходит обморожение различной степени, возможны ожоги и изъязвления на коже.

Защиту органов дыхания от паров аммиака обеспечивают респираторы РПГ-67-КД, РУ-60М-КД (при концентрации аммиака в воздухе не более 15ПДК), при концентрациях порядка 750 ПДК могут быть использованы фильтрующие противогазы: промышленные - марки К, КД, М, гражданские ГП-5 и ГП-7 с дополнительными патронами ДПГ-3, при высоких концентрациях или когда концентрация неизвестна - изолирующие противогазы. Для предупреждения попадания аммиака на кожные покровы в капельно-жидком состоянии необходимо использование прорезиненных защитных костюмов, сапог и перчаток.

Азотная кислота, концентрированная, HNO₃ — желтоватая жидкость с резким запахом, содержащая обычно примесь двуокиси азота, на воздухе дымит; пары тяжелее воздуха (относительная плотность паров - 2,2). Смешивается с водой во всех отношениях. Температура кипения -83,4 °С), температура плавления - (-41,2 °С). Негорючая жидкость. Сильный окислитель. При контакте со многими горючими материалами (бумага, древесина, смазочные материалы, ткани) может вызывать их самовоспламенение. Термически неустойчивое соединение, при термическом разложении образуются токсичные окислы азота.

Азотная кислота используется при производстве удобрений, взрывчатых веществ; в цветной металлургии для травления и разделения металлов, в красильном деле; в полиграфии; в ракетной технике в качестве окислителя.

Предельно допустимая концентрация паров в рабочих помещениях - 0,005 г/м³. Признаки поражения при небольших концентрациях паров (0,1-0,2 г/м³) и непродолжительном контакте с ними (10-15 минут): жжение и резь в глазах, носоглотке и в области грудины, слезотечение, чихание, кашель, общая слабость. При концентрациях 0,2-0,4 г/м³ и выше возможен отек легких, при 0,4-0,5 г/м³ быстрая смерть. При попадании концентрированной кислоты на кожу возникает сильный химический ожог.

Защиту органов дыхания обеспечивают фильтрующие противогазы (промышленные – марки В, М), при высоких концентрациях – изолирующие противогазы.

Ацетонитрил, CH_3CN - бесцветная, легколетучая жидкость с неприятным запахом, растворяется в воде и многих органических растворителях, легче воды. Температура кипения - 81,6°C, температура плавления (- 42,0 °C). Его пары в 1,4 раза тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках местности. Взрывоопасен в смеси с воздухом (концентрационные пределы воспламенения от 4,1 до 16,0% по объему). Применяется в производстве ароматических веществ и как растворитель в органическом синтезе.

Отравление ацетонитрилом возможно при вдыхании его паров и при попадании капель на слизистые оболочки и кожу. Предельно допустимая концентрация ацетонитрила в рабочих помещениях - 0,01 г/м³.

Защиту органов дыхания и глаз обеспечивают промышленные фильтрующие противогазы марки А, БКФ, гражданские противогазы. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

Ацетонциангидрин, $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CN}$ - бесцветная, слегка коричневатая жидкость с запахом горького миндаля, его пары в 3 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде и органических растворителях, в воде легко разлагается с образованием ацетона и синильной кислоты. При давлении насыщенных паров 23 мм рт.ст. кипит при 82°C, при 120°C разлагается. При нормальном атмосферном давлении температура плавления - (-19°C). Смесь с воздухом взрывоопасна (концентрационные пределы воспламенения - от 2,2 до 12,0 % по объему).

В промышленности ацетонциангидрин используется для получения акриловых эфиров и полиакриловых пластмасс, в качестве добавки при производстве вспенивающих агентов, инсектицидов и фармпрепаратов.

Отравление организма возможно через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и открытые участки кожи. По токсическому действию ацетонциангидрин сходен с синильной кислотой. ПДК в воздухе рабочей зоны - 0,0009 г/м³. Защита органов дыхания обеспечивается использованием промышленных противогазов марки А, В и БКФ. При высоких концентрациях ацетонциангидрина используются изолирующие средства защиты. Для обезвреживания проливов ацетонциангидрина рекомендуется использовать 10% раствор $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ или щелочные растворы. Для обезвреживания 1 тонны ацетонциангидрина требуется 5 т 10% NaOH .

Водород хлористый, HCl - газ с резким запахом, на воздухе дымит, в 1,6 раза тяжелее воздуха хорошо растворяется в воде (водный раствор хлористого водорода -

соляная кислота), температура кипения $-(-85,1^{\circ}\text{C})$ температура плавления $-(-114,2^{\circ}\text{C})$, негорюч, однако при нагревании емкости могут взрываться.

Применяется в производстве хлоридов металлов, синтетических смол, каучуков, органических красителей, гидролизного спирта, сахара, желатина, клея, для дубления и окраски кожи, при производстве активированного угля, крашения тканей, травлении металлов, в металлургии и нефтедобыче.

Отравление происходит обычно не хлористым водородом, а туманом соляной кислоты, образующейся при взаимодействии газа с водяными парами воздуха. Пары действуют на организм как через органы дыхания, так и через кожу. Предельно допустимая концентрация хлористого водорода в рабочих - помещениях – $0,05\text{мг}/\text{м}^3$; при $0,015\text{ мг}/\text{м}^3$ происходит раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, концентрации $0,05 - 0,07\text{ г}/\text{м}^3$ переносятся с трудом.

Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки В и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7. Для защиты кожи используются костюмы из кислотостойкой ткани, сапоги, рукавицы, перчатки из кислотостойкой резины.

Водород фтористый, HF - бесцветная, легколетучая жидкость с резким запахом, на воздухе дымит, неограниченно растворяется в воде (водный раствор фтористого водорода - плавиковая кислота). Температура кипения $- +19,9^{\circ}\text{C}$, температура плавления $-(-83,4^{\circ}\text{C})$. Пары легче воздуха (относительная плотность паров $- 0,7$). Характерной особенностью фтористого водорода является его способность интенсивно реагировать со многими силикатными материалами, в том числе и со стеклом. Негорюч, взрывоопасен при нагревании емкостей.

Фтористый водород используется для получения синтетического криолита, неорганических фторидов, фтороуглеродов, термо- и химически стойких пластмасс (фторопластов), в качестве катализатора для ряда органических реакций, при травлении металлов, стекла, полупроводников, для производства урана, для рафинирования меди, латуни, в производстве фильтровальной бумаги и угольных электродов и т.д.

При действии на организм фтористый водород сильно раздражает верхние дыхательные пути, при попадании на кожу вызывает пузырьковые дерматиты. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – $0,05\text{мг}/\text{м}^3$, порог раздражающего действия $- 0,008\text{ г}/\text{м}^3$, при $0,05\text{ г}/\text{м}^3$ происходит значительное раздражение слизистых оболочек. При контакте человека в течение нескольких часов с парами фтористого водорода с концентрацией $0,2-0,4\text{ г}/\text{м}^3$ возможен смертельный исход. При более высокой концентрации отравление возможно в течение 5-10 минут.

Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки В, М, БКФ и гражданские противогазы ГП-5 и ГП-7. Для защиты кожи при работе по ликвидации проливов фтористого водорода используются изолирующие средства защиты кожи.

Диметиламин. $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ - бесцветный газ с резким аммиачным запахом, в 1,6 раза тяжелее воздуха, на воздухе «дымит», хорошо растворяется в воде, растворим в этаноле, в эфире. Температура кипения $- 7,4^{\circ}\text{C}$, температура плавления $- (-93^{\circ}\text{C})$; взрывоопасен, легко воспламеняется от искры и пламени (концентрационные пределы воспламенения от 2,8 до 14,4 % по объему).

Применяется в синтезе ускорителей для каучуков, как ингибитор кислотной коррозии металлов, при производстве мыла.

Пары действуют раздражающе на слизистые оболочки и кожу.

Предельно допустимая концентрация диметиламина в рабочих помещениях - 0,001 г/м³. Порог восприятия запаха - 0,0025 г/м³, порог раздражающего действия 0,05 г/м³, при концентрации 0,05г/м³ и выше существует опасность острого отравления.

Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А, Г и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7. При высоких концентрациях необходима защита кожи.

Метиламин, CH_3NH_2 - бесцветный газ с резким аммиачным запахом, на воздухе дымит, в 1.3 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, смешивается с органическими растворителями (спиртом, ацетоном, бензолом и др.). Температура кипения - (-6,3°C), температура плавления - (-93,5 °C). В смеси с воздухом взрывоопасен, легко воспламеняется (концентрационные пределы воспламенения от 4,9 до 20,8 % по объему).

Используется в производстве ускорителей вулканизации, средств защиты растений (инсектицидов, фунгицидов), лекарств, красителей, растворителей, поверхностно-активных веществ.

Опасен при вдыхании и попадании на кожу. Предельно допустимая концентрация метиламина в рабочих помещениях - 0,001 г/м³. Порог раздражающего действия - 0,01 г/м³.

Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А и Г, гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7. При работе с метиламином необходима защита кожи.

Метил бромистый, CH_3Br - бесцветный газ с характерным запахом в 3,3 раза тяжелее воздуха, плохо растворяется в воде, хорошо - во многих органических растворителях. Температура кипения - 3,6°C, температура плавления - (- 93,7°C). Горючий газ, в смеси с воздухом взрывоопасен (концентрационные пределы воспламенения от 10 до 15 % по объему).

Применяется в химической промышленности как реагент для метилирования, как хладоагент в холодильных установках, в огнетушителях (в смеси с четыреххлористым углеродом).

Наиболее часто причиной отравления является ингаляционное поступление в организм, но известны, однако, тяжелые и смертельные отравления при проникновении через кожу.

ПДК в рабочих помещениях - 0,001 г/м³. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А, М, БКФ и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7, при высоких концентрациях - изолирующие противогазы. При ликвидации проливов необходима защита кожи [78-81].

Метил хлористый, CH_3Cl - бесцветный газ со сладковатым запахом, в 1,7 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в органических растворителях, плохо в воде. Температура кипения - (-23,7°C), температура плавления - (-97,7°C). В смеси с воздухом взрывоопасен, концентрационные пределы взрываемости от 7,6 до 19 % по объему.

Используется при получении некоторых красителей, каучуков, инсектофунгицидов, для отделения масел и жиров в продуктах перегонки нефти, в качестве хладоагента в холодильных установках и др.

ПДК в рабочих помещениях - 0,001 г/м³. Опасность острого отравления возникает при концентрации 0,4 г/м³. Защиту органов дыхания обеспечивают фильтрующие

противогазы (промышленный марки А, гражданские - ГП-5 и ГП-7 с дополнительным патроном ДПГ-1), при высоких концентрациях - изолирующие противогазы.

Оксид этилена, C_2H_4O - бесцветный газ с запахом эфира, в 1,5 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, спиртах и других органических растворителях. Температура кипения - $10,7^{\circ}C$, температура плавления $(-113,3^{\circ}C)$ В жидком состоянии пожароопасна, в парообразном состоянии - взрывоопасна. Концентрационные пределы взрываемости от 3,2 до 100 % по объему.

Применяется для получения многих органических веществ (эфиров гликоля и полигликолей, акрилонитрила и т.д.), как инсектицид, фунгицид и дезинфицирующее средство в сельском хозяйстве.

ПДК в воздухе рабочей зоны $0,001 \text{ г/м}^3$. Концентрация $0,3 \text{ г/м}^3$ может вызвать острое отравление. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленный противогаз марки М и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7 с дополнительным патроном ДПГ-1[78-81].

Сернистый ангидрид (сернистый газ, двуокись серы), SO_2 – бесцветный газ с резким раздражающим запахом, в 2,2 раза тяжелее воздуха, на воздухе дымит, хорошо растворяется в воде (при этом образуется сернистая кислота), а также в спиртах, эфире, бензоле. Температура кипения - $(-10,1^{\circ}C)$, температура плавления - $(-75,5^{\circ}C)$. Негорюч, взрывоопасен при нагревании емкостей.

Сернистый ангидрид используется в производстве серной кислоты, серного ангидрида, солей серной и серноватистой кислот. Находит применение в бумажном и текстильном производстве, для дезинфекции помещений, для предохранения вин от окисления. Жидкий сернистый ангидрид применяется как хладагент и растворитель.

Опасен при вдыхании. Легкое отравление при концентрации $0,025 \text{ г/м}^3$. ПДК в воздухе рабочей зоны - $0,01 \text{ г/м}^3$. Защиту органов дыхания и глаз обеспечивают промышленные противогазы марки В, Е, БКФ и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7.

Органы дыхания могут быть защищены респираторами РПГ - 67В, РУ-60М-В и РУ-60МУ-В[78-81].

Сероводород, H_2S - бесцветный газ с неприятным запахом, в 1,2 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде и многих органических растворителях. Температура кипения - $(-60,4^{\circ}C)$, температура плавления $(-85,6^{\circ}C)$. Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом в концентрационных пределах от 4,3 до 46% по объему.

Сероводород присутствует в попутных газах месторождений нефти, в природных и вулканических газах, в водах минеральных источников. В промышленности его получают как побочный продукт при очистке нефти, природного и коксового газа. Применяют в производстве серной кислоты, серы, сульфидов, сероорганических соединений.

Опасен при вдыхании. ПДК в воздухе рабочей зоны - $0,01 \text{ г/м}^3$ [83,84]. При концентрации $0,14 \text{ г/м}^3$ острое отравление через несколько часов. При концентрации $0,3 - 0,5 \text{ г/м}^3$ симптомы поражения могут наступить через 15-30 минут, а при $1,2 \text{ г/м}^3$ возможна смерть через несколько минут. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки КД, В, БКФ и МКФ и гражданские противогазы типа ГП-5, ГП-7, а также респираторы РПГ- 67-КД и РУ-60М-КЛ.

Серовуглерод. CS_2 - бесцветная, легколетучая жидкость с эфирным запахом, пары в 2,6 раза тяжелее воздуха, в воде растворяется плохо, хорошо растворим в органических растворителях. Температура кипения - $46,3^{\circ}C$, температура плавления $(-111,9^{\circ}C)$.

Взрывоопасен в смеси с воздухом, легко воспламеняется от искр, пламени, нагревания (концентрационные пределы воспламенения от 1 до 50 % по объему).

Сероуглерод применяется в качестве растворителя жиров, масел, смол, каучука, парафинов.

Основной путь поступления в организм - через органы дыхания, но может проникать и через кожу, вызывая при соприкосновении ожоги. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - 0,001г/м³. Концентрация 0,1 г/м³ через 0,5-1 ч вызывает боль в горле, онемение. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А, БКФ и гражданские противогазы типа ГП-5, ГП-7.

Синильная кислота (водород цианистый), HCN - бесцветная, легколетучая подвижная жидкость с запахом миндаля, пары немного легче воздуха (относительная плотность паров - 0,9), хорошо растворима в воде, спирте, эфире, бензине. Легко сорбируется различными материалами (резина, кожа, текстиль, кирпич, бетон, пищевые продукты) Температура кипения - 25,6 °С, температура плавления - (-14,0°С). Смесь паров с воздухом взрывоопасна (концентрационные пределы воспламенения от 5,6 до 40 % по объему).

Синильную кислоту используют для получения аминокислот, акрилонитрила, при производстве пластмасс, в сельском хозяйстве - для борьбы с вредителями.

Отравление кислотой возможно при вдыхании паров и при попадании внутрь организма. В зависимости от концентрации паров и времени их действия различают поражения легкой, средней и тяжелой степени, а также молниеносную форму. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - 0,0003 г/м³. Концентрация 0,02 г/м³ переносится организмом без последствий. Нахождение человека в атмосфере синильной кислоты с концентрацией 0,15 г/м³ в течение 30 минут может привести к средним поражениям, а дальнейшее пребывание - к летальному исходу. Через кожу проникает как газообразная, так и жидкая фаза синильной кислоты. Поэтому при длительном пребывании в атмосфере с высокой (более 0,5 г/м³) концентрацией кислоты в противогазе, но без средств защиты кожи появляются признаки отравления. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки В, КФ и МКФ и гражданские противогазы типа ГП-5, ГП-7.

Соляная кислота (концентр.), HCl - концентрированный раствор хлористого водорода в воде с максимальной его концентрацией 38-39%. Кипит при 110°С. Негорючая, агрессивная жидкость, реагирует с металлами с выделением водорода. ПДК рабочей зоны 0,005 г/м³.

Широко используется в промышленности. По масштабам использования из АХОВ после аммиака и хлора занимает прочное третье место. Обладает высокими токсическими свойствами, при проливах соляной кислоты возможно образование очагов химического поражения на значительных территориях. Для нейтрализации концентрированной соляной кислоты рекомендуется использовать 5% раствор щелочи, гашеную известь, аммиачную воду, щелочные отходы промышленного производства и др. В отсутствие щелочных компонентов может использоваться вода.

Защита от паров соляной кислоты обеспечивается промышленным противогазом марки В и гражданскими противогазами всех типов. При работах с проливами соляной кислоты необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи изолирующего типа.

Формальдегид, НСОН - бесцветный газ с резким удушливым запахом, немного тяжелее воздуха (относительная плотность паров - 1,03), хорошо растворяется в воде (40% водный раствор формальдегида — формалин). Температура кипения ($-19,2^\circ\text{C}$), температура плавления (-92°C). В смеси с воздухом и кислородом взрывоопасен, воспламеняется от огня (концентрационные пределы воспламенения от 7 до 73 % по объему).

Формальдегид используется для получения фенолоформальдегидных смол, изопрена, красителей, взрывчатых веществ, лекарств, а также как дубящее, антисептическое и дезодорирующее средства.

Пары формальдегида раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. При попадании на кожу вызывает покраснение, образование пузырей. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - $0,0005\text{г}/\text{м}^3$. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А, М, БКФ, гражданские противогазы типа ГП-5, ГП-7.

Фосген, СОСл_2 - бесцветный газ с запахом прелого сена, в 3,4 раза тяжелее воздуха, на воздухе дымит, образуя соляную кислоту, плохо растворим в воде, хорошо - в органических растворителях, горючих и смазочных материалах. Температура кипения - $8,2^\circ\text{C}$, температура плавления (-118°C), негорюч, взрывобезопасен, но пожароопасен.

Используется при получении красителей трифенилметанового ряда, поликарбонатных полимеров, полиуретанов, при производстве мочевины и других химических продуктов.

Поражает легочную систему организма. Обладает кумулятивным действием. В ряде западных стран фосген находился на вооружении в качестве запасно-табельного отравляющего вещества. ПДК в воздухе рабочей зоны - $0,0005\text{ г}/\text{м}^3$. При концентрации до $0,004\text{ г}/\text{м}^3$ в течение 1 часа безопасен. При длительном воздействии считается уже опасной концентрация, равная $0,005\text{ г}/\text{м}^3$, десятикратное превышение этой концентрации опасно при 30-60- минутном воздействии. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленный противогаз марки В, гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7.

Хлор, Сл_2 зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом в - 2.5 раза тяжелее воздуха. Облако зараженного воздуха вследствие этого может скапливаться в низких участках местности. Мало растворяется в воде (0,07 %), хорошо - в некоторых органических растворителях. Температура кипения ($-34,1^\circ\text{C}$), температура плавления (-101°C), негорюч, но пожароопасен в контакте с горючими материалами.

Находит широкое применение в промышленности, в том числе для отбеливания тканей и бумажной массы, в производстве пластмасс, каучуков, инсектицидов, растворителей, в цветной металлургии, а также в коммунально-бытовом хозяйстве для обеззараживания питьевой воды и др. целей. Ежегодное потребление хлора в мире исчисляется десятками миллионов тонн [79-84].

В первую мировую войну использовался в качестве отравляющего вещества. При воздействии на организм поражает дыхательную систему. ПДК в рабочих помещениях - $0,001\text{ г}/\text{м}^3$. Минимально ощутимая концентрация составляет $0,002\text{ г}/\text{м}^3$. Раздражающее действие хлора появляется при концентрации $0,01\text{ г}/\text{м}^3$, смертельные отравления возможны при концентрации $0,25\text{ г}/\text{м}^3$ и вдыхании в течение 5 минут. Защиту органов дыхания обеспечивают промышленные противогазы марки А, БКФ, МКФ (защитный), В, Е, Г и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7, при высоких концентрациях -

изолирующие противогазы. При проведении работ по ликвидации проливов хлора необходимо использовать изолирующие противогазы и средства защиты кожи, изготовленные из устойчивых к воздействию хлора материалов.

На ряде объектов промышленности его запасы составляют сотни и даже тысячи тонн. Сотни тысяч тонн сжиженного хлора постоянно находятся в железнодорожных транспортных средствах.

Хлорпикрин, CCl_3NO_2 ; - бесцветная маслянистая жидкость с резким раздражающим запахом, его пары в 5,7 раза тяжелее воздуха, плохо растворим в воде, хорошо - в органических растворителях, горючих и смазочных материалах. Температура кипения - $112,3^\circ\text{C}$, температура плавления - (-69°C) . Пожароопасен, при нагревании разлагается с образованием фосгена.

Используется главным образом для борьбы с вредителями сельского хозяйства, а также в качестве учебного опасного химического вещества для подгонки средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Поражает организм при поступлении через органы дыхания, вызывает сильное поражение легких и раздражение глаз. В капельно-жидком состоянии хлорпикрин может вызвать тяжелые поражения кожи.

Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны - $0,0007 \text{ г/м}^3$. При концентрации $0,002 \text{ г/м}^3$ слезотечение начинается через несколько секунд. Смертельная концентрация при 10-минутном воздействии - $2,0 \text{ г/м}^3$.

Защиту органов дыхания обеспечивают промышленный противогаз марки А и гражданские противогазы типа ГП-5 и ГП-7.

5.2. Профилактика возникновения аварий на химически опасных объектах.

Правовые основы безопасности химически опасных объектов.

Основными правовыми документами, определяющими безопасность опасных производственных объектов, в том числе и химически опасных объектов (ХОО) являются Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных объектов" и Декларация безопасности промышленного объекта Российской Федерации.

Эти документы определяют правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлены на предупреждение аварий и катастроф на опасных производственных объектах и обеспечение готовности химически опасных объектов к локализации и ликвидации последствий аварий и катастроф [73-84].

Для предупреждения аварий на химически опасных объектах правовыми документами предусматривается лицензирование (разрешение) их деятельности. Для получения лицензии химически опасный объект должен иметь:

акт приемки или положительное заключение экспертизы промышленной безопасности ХОО; декларацию промышленной безопасности; договор страхования ответственности за причинение вреда при эксплуатации ХОО.

Технические устройства, применяемые на ХОО должны иметь сертификаты на соответствие требованиям промышленной безопасности. Одним из обязательных условий для принятия решения о начале строительства ХОО является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного органом исполнительной власти в области промышленной безопасности. При строительстве ХОО обязательным является авторский надзор со стороны организации, разработавшей проектную документацию на

ХОО. В процессе приемки в эксплуатацию ХОО проверяется соответствие возведенного ХОО проектной документации, готовность организации к безопасной эксплуатации ХОО и к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий и катастроф.

Организация, эксплуатирующая ХОО, обязана:

- соблюдать требования законов, нормативных актов, а также нормативных технических документов в области промышленной безопасности;
- иметь лицензию на эксплуатацию ХОО;
- допускать к работе на ХОО лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям;
- обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;
- организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;
- обеспечивать работу приборов и систем контроля за производственными процессами;
- предотвращать проникновение посторонних лиц на ХОО;
- разрабатывать декларацию промышленной безопасности;
- заключать договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации ХОО.

Работники ХОО обязаны:

- соблюдать требования нормативно правовых актов и нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на ХОО и порядок действия при угрозе возникновения аварии, при аварии или инцидентах на ХОО;
- проходить подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности;
- немедленно оповещать своего руководителя и других должностных лиц об аварии или инциденте на ХОО;
- приостанавливать работу при угрозе аварии, или инциденте на ХОО;

Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

- проектная документация на строительство, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию ХОО;
- технические устройства, применяемые на ХОО;
- здания и сооружения на ХОО;
- декларация промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией ХОО.

Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации ХОО в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварий на ХОО; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба в случае аварии на ХОО.

Законом о промышленной безопасности устанавливается обязательность разработки декларации промышленной безопасности ХОО, на которых производятся, используются, перерабатываются, хранятся, транспортируются или уничтожаются вредные вещества в предельных количествах:

аммиак - 500 т, нитрат аммония - 2500 т, акрилонитрил - 200 т, хлор - 25 т, оксид этилена - 50 т, цианистый водород - 20 т, фтористый водород - 50 т, сернистый

ангидрид - 50 т, диоксид серы - 250 т, триоксид серы - 75 т, алкиды свинца, - 50 т, фосген - 0,75 т, метилизоционат - 0,15 т, другие вредные вещества, эквивалентные 25 т хлора.

Обязательность разработки декларации промышленной безопасности ХОО с меньшими количествами АХОВ может быть установлена правительством Российской Федерации, а также федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности.

Организация, эксплуатирующая ХОО, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью и имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на ХОО. Минимальный размер страховой суммы страхования за причинение вреда жизни, здоровью и имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на ХОО составляет для:

а) ХОО, если на нем получают, используют, транспортируют или уничтожают вредные вещества в количествах, указанных выше, или превышают их – 7 миллионов рублей, если опасные вещества находятся в меньших количествах – 1 миллион рублей;

б) Иного ХОО – 100 тысяч рублей.

Для контроля выполнения требований промышленной безопасности на ХОО в соответствии с законодательством Российской Федерации организуется и осуществляется федеральный надзор в области промышленной безопасности. Федеральный надзор в области промышленной безопасности осуществляется на принципах самостоятельности и независимости от надзорных организаций.

Организационные и инженерно - технические мероприятия по предупреждению аварий и катастроф на химически опасных объектах.

Мероприятия по исключению аварий с выбросом АХОВ в окружающую среду или максимально снижающие материальный ущерб и потери от них:

— исключение из производственного процесса или замена АХОВ малотоксичными веществами путем перевода производственного процесса на современные безопасные технологии;

— строгое соблюдение режимов эксплуатации технологического оборудования, систем и емкостей, содержащих АХОВ;

— содержание в исправном состоянии оборудования, контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации, трубопроводов, запорной аппаратуры и емкостей, содержащих АХОВ;

— выполнение графиков планово-предупредительных ремонтов химического оборудования и транспортных средств, проведение обследования всех находящихся в эксплуатации технологических линий, сооружений и емкостей, содержащих АХОВ;

— плановые проверки режимов эксплуатации технологического оборудования и испытания емкостей, содержащих АХОВ;

— регулярный контроль режимов эксплуатации технологического оборудования, правильности хранения запасов АХОВ, наличия сверхнормативных запасов АХОВ и их хранение;

— перевод технического оборудования и систем, содержащих АХОВ на пониженные режимы эксплуатации без снижения эффективности производственного процесса;

— строгое соблюдение персоналом ХОО требований промышленной безопасности;

— установка и поддержание в рабочем состоянии технических средств обнаружения утечки АХОВ, внедрение автоматических дистанционных систем обнаружения утечки АХОВ из емкостей и технологических линий;

— размещение под землей емкостей с АХОВ, оборудованных дренажной системой орошения и затопления аварийной емкости (емкостей), включаемой автоматически при получении сигнала об утечке АХОВ из емкостей;

— установка резервных емкостей, оборудованных системой перелива АХОВ из аварийной емкости.

Из всех перечисленных мероприятий по предупреждению аварий на ХОО наиболее эффективными являются мероприятия по исключению (замене) высокотоксичных АХОВ на малотоксичные или нетоксичные вещества и технологии, использующие малотоксичные или нетоксичные вещества. В качестве примера такого мероприятия является использование для хлорирования воды на водопроводных станциях раствора гипохлорида кальция (8 % раствор) вместо дорогого и опасного жидкого хлора. Такое мероприятие позволяет исключить из ХОО водопроводные станции, склады для хранения жидкого хлора и транспортные средства для перевозки жидкого хлора. Еще более перспективным мероприятием является использование нового высокоэффективного антисептика и дезинфеканта анавидина для очистки и обеззараживания воды и обработки отходов на станциях аэрации. Для очистки воды необходимо всего 1 грамм анавидина на 1 тонну воды. Другое направление - это использование хлора и двуокиси хлора для отбеливания целлюлозы на целлюлозно-бумажных комбинатах (ЦБК). Во-первых, из-за наличия больших количеств хлора ЦБК относят к самым опасным из ХОО. Во-вторых, использование этих АХОВ приводит к загрязнению целлюлозы и бумаги хлором, они становятся экологически неконкурентными на мировом рынке. Использование передовой технологии отбеливания целлюлозы кислородом позволяет решить две проблемы: ликвидацию ХОО и обеспечить экологически чистую продукцию на ЦБК.

5.3 Оценка химической обстановки. Химическая обстановка может оцениваться предварительно (до аварии) или сразу же после возникновения аварии. Предварительное прогнозирование химической обстановки проводится с целью планирования мероприятий по защите персонала, объектов экономики и населения. Поэтому для оценки обстановки берутся такие исходные данные, при которых будет максимальная глубина химического заражения [73-79].

После аварии на химически опасном объекте предварительный прогноз химической обстановки уточняется по данным о количестве АХОВ, реально вышедших в окружающую среду, и реальным метеоусловиям.

При предварительном прогнозировании химической обстановки в мирное время на случай аварии на химически опасном объекте принимают наихудший вариант обстановки, которая складывается при разрушении максимальной емкости с АХОВ с учетом токсичности, а также метеоусловий, способствующих максимальной глубине распространения облака АХОВ: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Рассматривая процессы формирования химического заражения, следует иметь в виду, что параметры зоны химического заражения будут зависеть от количества АХОВ, вышедшего в атмосферу, его физико-химических свойств, метеоусловий, топографии местности по пути распространения облака, характеристики подстилающей поверхности в месте разлива АХОВ и высоты поддона (обвалования) вокруг емкости.

При прогнозировании зон химического заражения после аварии в первую очередь определяют степень вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА) по таблице 5.5. СВУА, как известно, зависит от скорости ветра, облачности, времени года и суток.

Последовательность оценки химической обстановки в мирное время

1. Определение размера района аварии.

Район аварии – это самое опасное место при аварии на химически опасном объекте, где может быть не только воздействие максимальных концентраций АХОВ в воздухе, когда фильтрующий (или промышленный) противогаз не может обеспечить защиту органов дыхания и нужен изолирующий противогаз, но и жидких АХОВ, когда необходимы средства защиты кожи. Таким образом, район аварии – это зона, куда без изолирующего противогаза и изолирующих средств входить нельзя.

Таблица 5.5

Параметры, характеризующие степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	ночь		утро		день		Вечер	
	ясно, облачность	Сплошная облачность						
2	Ин	из	ин(из)	из	кон(из)	из	ин	Из
2-4	Ин	из	из(ин)	из	из	из	из(ин)	Из
4	Ин	из	из	из	из	из	из	Из

Примечание: СВУА в скобках при снежном покрове, ин – инверсия, из – изотермия, кон – конвекция.

Радиус района аварии: для низкокипящих АХОВ (хлор, аммиак, сероводород, сернистый ангидрид, формальдегид и др.) можно ориентировочно определить по формуле:

$$R_{AH} \cong 50\sqrt{Q_0}, \text{ м}; \quad R_{AH} \leq 1000 \text{ м} \quad (5.1)$$

-для высококипящих АХОВ (сероуглерод, соляная кислота и др.) по формуле:

$$R_{AB} \cong 25\sqrt{Q_0}, \text{ м}; \quad R_{AB} \leq 500 \text{ м} \quad (5.2).$$

В уравнениях: R_A – радиус района аварии, м;

Q_0 – количество АХОВ (τ), вышедшее в окружающую среду.

При возникновении пожара радиус района аварии увеличивается в 1,5-2 раза.

Определение глубины распространения облака АХОВ.

Для определения глубины (дальности) возможного распространения облака АХОВ с пороговыми токсодозами рассчитывают эквивалентное количество АХОВ, поступающее в первичное и вторичное облако и по нему, используя таблицу 3.6, находят глубину зоны химического заражения.

Под эквивалентным количеством АХОВ понимают такое количество хлора, масштаб химического заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Для первичного облака оно определяется по формуле:

$$Q_{э_1} = K_1 * K_3 * K_5 * K_7 * Q_0 \quad (5.3)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения, определяется по табл.3.7; для сжатых газов $K_1=1$;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ, определяется по табл. 5.7

K_5 – коэффициент, учитывающий влияние степени вертикальной устойчивости атмосферы;

$K_5=1$ (при инверсии); $K_5=0,23$ (при изотермии);

$K_5=0,08$ (при конвекции);

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется по табл. 3.7(для сжатых и сжиженных газов $K_7=1$)

Q_0 – количество АХОВ, вышедшее при аварии, т.

Значение коэффициента K_1 для жидкого АХОВ рассчитывается по соотношению 3.4, если значения K_1 нет в табл.5.10

$$K_1 = \frac{C_p * \Delta T}{\lambda}, \quad (5.4),$$

где C_p – удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/кг*град.;

ΔT - разность температуры жидкого АХОВ до и после разрушения емкости, град.;

λ - удельная теплота испарения жидкого АХОВ при температуре испарения, кДж/кг.

Затем определяется эквивалентное количество АХОВ, переходящее во вторичное облако по формуле:

$$Q_{э_2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} \quad (5.5),$$

где K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ, определяется по табл. 3.7;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по табл.3.8;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии (N_A).

Значение K_6 определяется по продолжительности испарения АХОВ из табл.3.9

h – высота слоя АХОВ (при свободном разливе 0,05м, при наличии поддона (обвалования) $h=N_{об}-0,2$, м);

ρ - плотность АХОВ, т/м³, определяется из табл.5.2.

Таблица 5.6

Глубины возможного заражения АХОВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, $Q_{э}$, т													
	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	1,2	3,2	4,7	9,9	12,5	19,2	29,6	38,1	52,7	65,23	81,9	166	231	863
2	0,8	1,9	2,8	5,3	7,2	10,8	16,4	21,0	28,8	35,3	44,1	87,8	121	189
3	0,6	1,5	2,2	4,0	5,3	8,0	11,9	15,2	20,6	25,2	31,3	61,5	84,5	180
4	0,5	1,3	1,8	3,3	4,4	6,5	9,6	12,1	16,4	20,0	24,8	48,2	65,9	101
5	0,5	1,2	1,7	2,9	3,7	5,5	8,2	10,3	13,8	16,9	20,8	40,1	54,7	83,6
6	0,48	1,1	1,5	2,7	3,4	4,9	7,2	9,1	12,1	14,8	18,9	34,7	47,1	71,7
7	0,45	1,0	1,4	2,5	3,2	4,5	6,5	8,1	10,8	13,2	16,2	30,7	41,6	63,2
8	0,42	0,9	1,3	2,3	3,0	4,2	5,9	7,4	9,9	12,0	14,7	27,7	37,5	56,7
9	0,4	0,9	1,2	2,2	2,8	4,0	5,6	6,9	9,1	11,0	13,5	25,4	34,2	51,6

10	0,38	0,8	1,2	2,1	2,7	3,8	5,3	6,5	8,5	10,2	12,5	23,5	31,6	47,5
11	0,36	0,8	1,1	2,0	2,5	3,6	5,1	6,2	8,0	9,6	11,7	21,9	29,4	44,1
12	0,34	0,8	1,1	1,9	2,4	3,5	4,8	5,9	7,7	9,1	11,1	20,6	27,6	41,3
13	0,33	0,7	1,0	1,8	2,4	3,3	4,7	5,7	7,4	8,7	10,5	19,4	26,0	38,9
14	0,32	0,7	1,0	1,7	2,2	3,2	4,5	5,5	7,1	8,4	10,0	18,5	24,7	36,8
15	0,31	0,7	1,0	1,7	2,2	3,1	4,3	5,3	6,9	8,1	9,7	17,6	23,5	35,0

Примечание:

1. При скорости ветра > 15 м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 15 м/с.

2. При глубинах зон заражения свыше 100 км размеры зон рассматриваются как оценка протяженности линии осевых (максимальных) концентраций в зоне.

Таблица 5.7.

Величины вспомогательных коэффициентов

Наименование СДЯВ	Величины коэффициентов					
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₇		
				-20°C	0°C	+20°C
Аммиак:						
Изотермическое хранение	0.01	0.025	0.04	1	1	1
Хранение под давлением собственных паров	0.18	0.025	0.04	0.3/1	0.6/1	1
Синильная кислота	0	0.026	3.0	0	0.4	1
Азотная кислота	0	0.0006	0.04	0	0.4	1
Окислы азота	0	0.04	0.4	0	0.4	1
Двуокись хлора	0.05	0.041	10.0	0.1/1	0.6/1	1
Гидразин	0	0.0006	1.0	0	0.3	1
Ацетонитрил	0	0.004	0.028	0.1	0.3	1
Метил бромистый	0.04	0.039	0.5	0/0.4	0/0.9	1
Сернистый ангидрид	0.11	0.042	0.33	0/0.5	0.3/1	1
Сероводород	0.27	0.042	0.036	0.5/1	0.8/1	1
Хлористый водород	0.28	0.037	0.3	0.6/1	0.8/1	1
Формальдегид	0.19	0.034	1.0	0/0.3	0/0.7	1
Водород фтористый	0	0.023	0.15	0/0.3	0/0.8	1
Диметиламин	0.06	0.041	0.5	0.1	0.3	1
Пиридин	0.	0.0006	0.3	0	0.3	1
Метиламин	0.13	0.034	0.5	0/0.7	0.3/1	1
Дихлорэтан	0	0.005	0.4	0.1	0.3	1
Окись этилена	0.05	0.041	0.27	0/0.3	0/0.7	1
Хлор	0.18	0.052	1.0	0.3/1	0.6/1	1
Метил хлористый	0.125	0.044	0.056	0.1/1	0.5/1	1
Нитрилоакрил	0	0.007	0.80	0.1	0.4	1
Окись углерода	1.0	0	0.05	1	1	1

Хлорпикрин	0	0.002	30.0	0.1	0.3	1
Сероуглерод	0	0.021	0.013	0.2	0.4	1
Ацетонциангидрин	0	0.002	0.316	0.1	0.3	1
Соляная кислота (конц.37%)	0	0.021	0.3	0.1	0.3	1
Фосген	0.05	0.061	1.0	0/0.3	0/0.7	1

Примечание:

1. Величина K_7 в числителе – для первичного, в знаменателе для вторичного облака.
2. При величине $K_1=0$ первичное облако АХОВ не образуется.

Таблица 5.8.

Значение коэффициента (K_4), учитывающего скорость ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
	1	1.33	1.67	2	2.34	2.67	3.0	3.34	3.67	4.0	5.68

Таблица 5.9

Величина коэффициента (K_6), учитывающего время (N_A), прошедшее после аварии, ч

N_A , ч	1	2	3	4	больше 4
K_6	1.0 л	1.74	2.41	3.13	$K_6=N_A^{0.8}$

При $t_u \gg N_A$

$$K_6 = t_u^{0.8} \quad (5.6).$$

В ряде случаев t_u для некоторых жидких АХОВ может составлять несколько суток. В то же время за более короткий период времени могут быть приняты меры по ликвидации аварии и поступление АХОВ во вторичное облако прекратится. Опыт ликвидации аварий свидетельствует, что силы постоянной готовности начинают принимать меры по ликвидации аварии и её последствий не позднее 1 ч после аварии, силы повышенной готовности через 6 ч. Следовательно, можно считать, что при малых и средних авариях (на емкостях до нескольких сотен тонн) время опасного поступления АХОВ в атмосферу будет менее 8-12 ч, а при крупных авариях (на емкостях в тысячи тонн время поступления АХОВ в атмосферу будет не более 70 часов (3-е суток).

Исходя из этих предельных значений величины времени и рассчитывается величина коэффициента K_6 . По формуле 5.6 величина коэффициента K_2 определяется по формуле 5.7, если его величины нет в табл. 3.7

$$K_2 = 8.1 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot M, \quad (5.7),$$

где: P —давление насыщенного пара АХОВ при заданной температуре воздуха, мм рт. ст.;
 M – молекулярный вес АХОВ.

Зная величины эквивалентных количеств АХОВ в первичном и вторичном облаке находим в табл. 3.6 глубины зон химического заражения первичным и вторичным облаком АХОВ. Полная глубина зоны химического заражения Γ (км) от первичного и вторичного облака АХОВ определяется по формуле 5.8:

$$\Gamma = \Gamma_{\max} + 0.5\Gamma_{\min}, \quad (5.8)$$

где: Γ_{\max} —максимальная глубина зоны химического заражения, км; Γ_{\min} —

минимальная глубина зоны химического заражения, км, из глубин от распространения первичного и вторичного облака АХОВ.

Полученное значение глубины зоны химического заражения (Γ) сравнивают с предельно возможным значениями глубин переноса воздушных масс, соответствующим различным скоростям ветра при четырех часовой продолжительности сохранения метеоусловий (табл. 5.10).

При времени после начала аварии $N_A > 4$ ч полученное значение глубины зоны химического заражения сравнивают с предельно возможным значением переноса воздушных масс (Γ_n), определяемым по формуле:

$$\Gamma_n = V_n \cdot t, \quad (5.9),$$

Таблица 5.10.

Предельные значения глубин переноса воздушных масс за 4 часа при различных скоростях ветра, км

Устойчивость приземного атмосферы	Скорость ветра, м/с											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	15
Инверсия	20	40	64	84	—	—	—	—	—	—	—	—
Изотермия	24	48	72	96	116	140	164	188	212	236	304	352
Конвекция	28	56	84	112	—	—	—	—	—	—	—	—

где: V_n — скорость переноса переднего фронта зараженного АХОВ воздуха при данной скорости ветра и вертикальной устойчивости атмосферы, км/ч, определяется по табл. 5.11

За глубину зоны химического заражения принимается меньшее значение из двух сравниваемых между собой величин глубины распространения АХОВ и предельной глубины переноса переднего фронта облака АХОВ (Γ_n).

Влияние реальной топографии на глубину распространения облака АХОВ учитывают приближенно путем умножения найденной глубины распространения облака, на коэффициент влияния местности (K_m), который берется из табл. 5.12.

Таблица 5.11.

Значение скорости переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Скорость переноса переднего фронта АХОВ, км/ч	Инверсия	5	10	16	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
	Конвекция	7	14	21	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 5.12

№№ пп	Наличие и вид растительности, холмистость местности	Величина K_m
1	Открытые и водные поверхности, городская застройка (при совпадении направления ветра с магистралями города)	1
2	Степная растительность, сельскохозяйственные угодья	2.0
3	Кустарник, высокая трава, холмы, отдельные деревья	2.5
4	Лесной массив, сильно пересеченная местность, сплошная городская застройка с разным направлением улиц (несовпадения направления ветра с магистралями города)	3.3

Глубина распространения облака АХОВ, с учетом влияния рельефа местности (Γ_m) определяется по формуле:

$$\Gamma_m = \Gamma / K_m \quad (5.10)$$

Расчет глубины зоны химического заражения химически опасного объекта, которое может произойти в чрезвычайных ситуациях военного времени, проводится для наихудшего варианта, т.е. в атмосферу выходят все АХОВ, находящиеся на объекте и метеоусловия: инверсия и скорость ветра 1 м/с.

Эквивалентное количество АХОВ в воздухе определяется аналогично как для вторичного облака при свободном разливе АХОВ.

При этом суммарное эквивалентное количество АХОВ (Q_j) в облаке зараженного воздуха рассчитывается по формуле:

$$Q_j = 20K_4 \cdot K_5 \cdot \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i} \cdot Q_i / \rho_i \quad (5.11)$$

где: K_{2i} — коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го АХОВ;

K_{3i} — коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -го АХОВ;

K_{6i} — коэффициент зависящий от времени, прошедшего после разрушения объекта;

K_{7i} — коэффициент, учитывающий поправку на температуру для i -го АХОВ.

По величине Q_j определяется глубина зоны химического заражения по табл. 5.6. Затем она сравнивается с предельной глубиной распространения переднего фронта АХОВ. Меньшее из двух значений принимается за глубину зоны химического заражения.

Время поражающего действия определяется по максимальному времени испарения i -го АХОВ.

2а. Глубину зоны химического заражения можно определить аналитически по формуле

$$\Gamma_m = \frac{34,2}{K_m} \left[\frac{Q_0(a+b)}{D_n \cdot V \cdot K} \right]^{2/3}, \text{ м}, \quad (5.12),$$

где D_n — пороговая токсодоза АХОВ, мг.мин/л; K — коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы, равный при инверсии —1; изометрии —1.5; конвекции—2; Q_0 — количество АХОВ, вышедшего в окружающую среду, кг; K_m — коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (табл. 5.12). V — скорость ветра (м/с) на высоте 1м;

a — коэффициент, учитывающий долю АХОВ, переходящего в первичное облако:

для сжатых газов $a = 1$;
 для сжиженных газов $a = 0.2$;
 для сероводорода и хлористого водорода $a = 0.3$;
 для жидких АХОВ с $t_{кип} < 20^{\circ}\text{C}$ $a = 0.07$;
 для жидких АХОВ с $t_{кип} > 20^{\circ}\text{C}$ $a = 0$.
 b — коэффициент, учитывающий переход АХОВ во вторичное облако:
 для сжиженных газов: $b = 0.15$
 для жидкостей с $t_{кип} < 20^{\circ}\text{C}$ $b = 0.15$;
 для жидкостей с $t_{кип} > 20^{\circ}\text{C}$ $b \leq 0.03$.

При разрушении химически опасного объекта определяется общее эквивалентное количество АХОВ по хлору по формуле

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{хл}} + \sum_{i=1}^n Q_i / K_{\text{экви}} ; \quad (5.13),$$

затем ведется расчет Γ_m по формуле 5.12.

3. Ширина зоны химического заражения (B) определяется по формулам:

$B = 0.03\Gamma$ (при инверсии);

$B = 0.15\Gamma$ (при изотермии);

$B = 0.8\Gamma$ (при конвекции).

4. Высота подъема облака АХОВ ($H_{об}$) определяется по формулам:

$H_{об} = 0.01\Gamma$ (при инверсии);

$H_{об} = 0.03\Gamma$ (при изотермии);

$H_{об} = 0.14\Gamma$ (при конвекции).

В городе высота подъема облака АХОВ будет в 2 раза меньше.

5. Площадь зоны возможного химического заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ определяется по формуле

$$S_B = 8.72 \cdot 10^{-3} \Gamma_m^2 \cdot \varphi, \text{ км}^2 \quad (5.14)$$

где: Γ_m — глубина зоны возможного химического заражения, км;

φ — угловые размеры зоны возможного химического заражения, град.

Величина φ зависит от скорости ветра и имеет следующие значения:

При скорости ветра меньше 0.5 м/с $\varphi = 360^{\circ}$;

при скорости ветра (0.6 – 1) м/с $\varphi = 180^{\circ}$;

при скорости ветра (1.1 – 2) м/с $\varphi = 90^{\circ}$;

при скорости ветра более 2м/с $\varphi = 45^{\circ}$.

6. Площадь зоны фактического химического заражения (S_{φ}) рассчитывается по формуле:

$$S_{\varphi} = K_8 \Gamma_m^2 t^{0.2}, \text{ км}^2 \quad (5.15),$$

где: K_8 — коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы, $K_8 = 0.081$ (при инверсии);

$K_8 = 0.133$ (при изотермии); $K_8 = 0.235$ (при конвекции)

t — время, прошедшее после аварии, ч.

7. Для оценки степени опасности химического заражения для людей на объекте, расположенном на любом расстоянии от места аварии, определяется величина токсодозы АХОВ (D) которая сравнивается с ее пороговым значением для данного АХОВ. По результатам сравнения токсодоз определяется степень опасности, возможные потери и мероприятия, обеспечивающие защиту людей в этих условиях.

Величина токсодозы на объекте, расположенном на расстоянии R(м) от места аварии определяется по формуле

$$D_{оз} = \frac{200Q_0(a+b)}{K \cdot K_m \cdot V \cdot R^{3/2}}, \text{ мг*мин/л} \quad (5.16).$$

Значения и единицы измерения величин в формуле 5.16 такие же, как и в формуле 5.12

8. Определение возможности защиты людей от АХОВ в зданиях на территории объекта (населенного пункта):

○ определение величины необходимого для обеспечения безопасности людей коэффициента (K_n) снижения токсодозы на объекте ($D_{оз}$):

$$K_n = \frac{D_{оз}}{D_б} \quad (5.17)$$

где: $D_б$ – токсодоза безопасная для людей за определенный промежуток времени;

$D_б = 0,5 D_n$ (2-3 ПДК в рабочей зоне) для необвалованной емкости (время поражающего действия АХОВ 1,5-3 часа);

$D_б = D_n$ для обвалованной емкости (поражающего действия 8 часов);

○ определение величины уменьшения коэффициента инфильтрации воздуха в герметизированных помещениях:

$$K_{zn} \approx \frac{n}{K} K_{гп}, \quad (5.18),$$

где: n – номер этажа, на котором размещено герметизированное помещение;

K – коэффициент, учитывающий степень подъема паров АХОВ, для инверсии – 1; изотермии – 1,5; конвекции – 2,0;

$K_{гп}$ – коэффициент защиты герметизированного помещения ($K_{гп} = 10-100$)

○ определение коэффициента защиты герметизированного помещения (K_3) в зависимости от времени пребывания в нем людей. Коэффициент защиты герметизированного помещения (K_3) определяется по таблице 5.13

○ определение возможности защиты людей в герметизированных помещениях зданий. Защита людей в герметизированных помещениях на разных этажах возможна, если выполняется условие:

$$K_3 \geq K_n,$$

где: K_3 – взят из таблицы 5.13 для заданного времени пребывания людей в помещении,

K_n – вычислен по формуле 5.17

Таблица 5.13

Время пребывания людей в герметизированном помещении, ч	Величина уменьшения коэффициента инфильтрации герметизированным помещением ($K_{зп}$)									
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	400
	Величина коэффициента защиты (K_3) герметизированного помещен									
1,5	30	45	60	75	90	110	120	155	185	250
3,0	13	20	25	30	40	50	55	70	80	110
6,0	7	10	12	15	20	25	27	35	42	55
8,0	5	7	10	12	15	19	20	25	30	40

9. Для определения времени, которое имеется у рабочих и служащих для принятия мер защиты от АХОВ вычисляют время подхода ($t_{подх}$) облака АХОВ к объекту (ч) по формуле:

$$t_{подх} = \frac{R}{V_n} \quad (5.19),$$

где: R – расстояние от места аварии до объекта, км; V_n – скорость переноса облака АХОВ, км/ч, (величина V_n берется из таблицы 5.11 в зависимости от скорости ветра).

Для ориентированного определения $t_{подх}$ используется формула:

$$t_{подх} = R / 120V, \text{ мин.} \quad (5.20),$$

где: R – расстояние от места аварии до объекта, м; V – скорость ветра, м/с.

10. Время поражающего действия АХОВ (продолжительность испарения) $t_{пор}$ определяется по соотношению:

$$t_{пор} = h\rho/K_2K_4K_7, \text{ ч,} \quad (5.21),$$

где: ρ – плотность АХОВ, т/м³; h – толщина слоя АХОВ при разливе, м (h=0,05м – при свободном разливе; h = 0,8м – при высоте поддона 1м).

10а. Время поражающего действия АХОВ можно определить другим способом:

а) Известно, что время испарения хлора при скорости ветра 1м/с и температурах воздуха 20°C составляет ($t_{исп.}$):

- при свободном разливе (высота слоя жидкости 5 см) – 1,5 ч;

- при разливе в поддон высотой 1м – 24 ч.б) Поправочные коэффициенты при испарении других АХОВ, по отношению к хлору ($K_{исп.}$) имеет значение: аммиак, сероводород, синильная кислота – 0,89, сернистый ангидрид – 0,98, сероуглерод – 2, окислы азота – 2,2.

в) Поправочный коэффициент влияния скорости ветра на время испарения АХОВ, K_v , определяется по таблице 5.14.

Табл.5.14.

Коэффициент (K_v), учитывающий влияние скорости ветра на время испарения АХОВ

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_v	1	0,7	0,55	0,43	0,37	0,32	0,28	0,25	0,22	0,2

Время поражающего действия АХОВ в различных условиях определяются по формуле:

$$t_{пор} = t_{исп} * K_{исп} * K_v \quad (5.22).$$

11. Определение времени предельного пребывания людей в герметизированном помещении:

$$Z_{пред} = \frac{V_{св}}{q \cdot n}, \quad (5.23),$$

где: $V_{св}$ – свободный объем помещения, м³; n – количество людей в помещении, чел; q – удельное потребление воздуха 1 человеком в час.

Для определения q воспользуемся данными ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), согласно которых средний человек употребляет за 8ч рабочего времени 10м³ и за 16ч отдыха – 10м³ воздуха. При укрытии человека в герметизированном помещении примем среднее потребление воздуха, тогда:

$$q = \frac{10\text{ м}^3/8 + 10\text{ м}^3/16}{2} = \frac{1,25 + 0,625}{2} = \frac{1,875}{2} = 0,94\text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{чел}$$

Исходя из этого, формула 5.23 примет вид:

$$t_{пред} = \frac{V_{св}}{0,94n}, \text{ ч} \quad (5.24).$$

12. Определение возможных потерь персонала и населения при авариях на ХОО в мирное и военное время.

Расчет количества пораженных как среди производственного персонала объекта, так и среди населения, проживающего вблизи объекта, производится исходя из количества людей, оказавшихся в очаге поражения, и их защищенности от воздействия паров ядовитых веществ.

Количество людей, оказавшихся в очаге поражения, рассчитывается либо суммированием количества производственного персонала (населения), находящегося на отдельных производственных участках (в жилых кварталах, населенных пунктах и т. д.), подвергшихся воздействию зараженного воздуха, либо путем умножения средней плотности находящегося на территории объекта (населенного пункта) производственного персонала (населения) на площадь зараженной территории.

Формулы для определения числа пораженных для того и другого случая имеют следующий вид:

$$П = L * (1 - K_{\text{защ}}), \quad (5.25),$$

$$П = P * S * (1 - K_{\text{защ}}) \quad (5.26),$$

где: П – количество пораженных на предприятии (в городе, сельской местности и т. п.), чел;

L – количество производственного персонала (населения), оказавшегося в очаге поражения, чел;

P – средняя плотность размещения производственного персонала (населения) на территории объекта (города, загородной зоны и т.д.), чел/км²;

S_{пр} – площадь территории предприятия (города, села,...), приземный воздух на котором был заражен, км²;

K_{защ} – коэффициент защищенности производственного персонала (населения) от поражения ядовитым веществом.

Коэффициент защищенности (K_{защ}) рассчитывается исходя из места пребывания производственного персонала (населения) в момент подхода облака к пораженному объекту и защитных свойств используемых укрытий или табельных средств индивидуальной защиты

$$K_{\text{защ}} = q_1 * K_{1\text{защ}} + q_2 * K_{2\text{защ}} + \dots + q_i * K_{i\text{защ}} \quad (5.27),$$

где: q – доля производственного персонала (населения), находящегося в i-ом укрытии; K_{i защ} – коэффициент защиты i-ого укрытия;

1 – эвакуированный персонал (население);

2 – персонал (население) на открытой местности;

3 – персонал (население), обеспеченный промышленными противогазами;

4 – персонал (население), укрытый в убежищах

5 – персонал (население), находящийся в производственных (жилых) зданиях.

В табл. 5.15 и 5.12 приведены коэффициенты защищенности людей от АХОВ в зависимости от используемых средств защиты, а также средние коэффициенты защищенности городского и сельского населения с учетом использования средств защиты. В табл. 5.17 приведены ориентировочные данные, характеризующие структуру пораженных.

Определение возможных потерь персонала и населения в военное время при авариях (разрушениях) ХОО в зависимости от обеспеченности населения средствами индивидуальной защиты проводится по таблице 5.17

Безвозвратные потери людей в очаге химического поражения АХОВ можно определить по формуле:

$$N_6 = N_6^{yb} \cdot Q_0 \quad (5.28),$$

где: N_6 – средние удельные безвозвратные потери от АХОВ чел/т, определяются из табл.5.19; Q_0 – количество АХОВ, вышедшего из ёмкости, т.

Таблица 5.15.

Коэффициенты защищенности производственного персонала (населения) от АХОВ при использовании средств защиты.

Место пребывания или применяемые средства защиты	Время пребывания, час				
	0,25	0,5	1	2	4
Открыто на местности	0	0	0	0	0
В транспорте	0,95	0,75	0,41	-	-
В производственных помещениях с коэффициентом кратности воздухообмена:					
0,5	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
1,0	0,67	0,52	0,30	0,13	0
2,0	0,18	0,08	0,04	0	0
В убежищах	1	1	1	1	1
В промышленных противогазах	1	1	1	1	0
В жилых зданиях	0,95	0,8	0,5	0	0
В гражданских противогазах дальше 100м от источника	0,97	0,92	0,80	0,38	0,09
	0,7	0,7	0,7	0,7	0

Примечание. В числителе – убежище с режимом регенерации воздуха, в знаменателе – без него.

Таблица 5.16.

Средние значения коэффициентов защищенности ($K_{защ}$) городского и сельского населения с учетом его пребывания в жилых и производственных зданиях, транспорте и открыто на местности.

Время суток, час	Городское население				Сельское население			
	Время, прошедшее после начала воздействия АХОВ							
	30 мин	1 час	2 час	3-4 час	30 мин	1 час	2 час	3-4 час
А. Население не оповещено об опасности.								
1-6	0,89	0,76	0,36	0,09	0,69/0,84	0,60/0,72	0,28/0,33	0,07/0,10
6-7	0,72	0,64	0,29	0,07	0,37/0,57	0,32/0,48	0,15/0,23	0,10/0,16
7-10	0,54	0,35	0,13	0,02	0,023/0,23	0,20/0,20	0,10/0,10	0,02/0,02
10-13	0,58	0,37	0,15	0,03	0,18/0,18	0,16/0,16	0,08/0,08	0,02/0,02
13-15	0,64	0,47	0,20	0,04	0,14/0,23	0,12/0,20	0,06/0,10	0,02/0,02
15-17	0,58	0,37	0,15	0,03	0,14/0,46	0,12/0,40	0,06/0,19	0,02/0,05
17-19	0,62	0,47	0,19	0,04	0,18/0,57	0,16/0,48	0,08/0,23	0,02/0,05
19-1	0,82	0,67	0,3	0,07	0,46/0,73	0,40/0,64	0,19/0,30	0,05/0,07

Б Население оповещено об опасности.								
1-6	0.89	0.20	0,36	0,09	0.73/0.85	0.64/0.74	0,30/0,35	0,08/0,09
6-7	0.87	0.74	0,65	0.10	0.48/0.77	0.42/0.67	0,21/0,20	0,07/0,08
7-10	0.68	0.49	0,22	0.06	0.37/0.37	0.32/0.32	0,15/0,15	0,04/0,04
10-13	0.67	0.47	0,21	0.04	0.31/0.31	0.27/0.27	0,13/0,13	0,13/0,13
13-15	0.74	0.56	0.25	0.05	0.30/0.37	0.26/0.32	0,12/0,15	0,03/0,04
15-17	0.69	0.49	0,22	0.04	0.30/0.57	0.26/0.48	0,12/0,23	0,05/0,05
17-19	0.78	0.63	0,28	0,06	0.38/0.62	0.29/0.55	0.14/0,26	0,03/0,04
19-1	0.85	0.71	0,34	0,09	0,57/0,77	0.48/0.57	0,23/0,32	0,07/0,6

Примечание 1. Для сельского населения в числителе указано значение $K_{защ}$ на период с/х работ, в знаменателе – на зимний период.

2. При определении количества пораженных от первичного облака используется $K_{защ}$ на 30 минут.

Таблица 5.17

Возможные потери людей (П) в очаге химического заражения, в %

Вид АХОВ	Район аварии, Па					В зоне распространения облака, Пр				
	процент обеспечения людей средствами индивидуальной защиты									
	0	20	50	70	100	0	20	50	70	100
Оксид углерода*	—	—	—	—	—	20	15	10	7	1.5
Хлор, аммиак** сернистый ангидрид	90-100	75	50	35	5-10	30	22	15	10	2
Фосген, синильная кислота	—	—	—	—	—	40	30	20	15	3

Примечание:

* При пользовании гражданскими противогазами для защиты от окиси углерода используют дополнительно гопкалитовый патрон.

** Для защиты от аммиака вместо противогазовой коробки используют коробку марки КД.

Примечание:

1. В зданиях и защитных сооружениях ГО с отключенной фильтровентиляцией потери в 2 раза меньше.

Для определения структуры потерь населения как в мирное, так и в военное время используется таблица 5.18

Таблица 5.18

Характеристика структуры пораженных, %

Наименование АХОВ	Характер поражений			
	Смертельные	Тяжелой и средней тяжести	Легкой тяжести	Пороговые
хлор	10	15	20	55

Таблица 5.19

Средняя удельная смертность от некоторых АХОВ, №, чел/т

	Промышленные объекты, хранилища	Все случаи, включая транспорт
Хлор	0.5	0.16
Аммиак	0.05	0.02
Фосген	0.5	—
Фтористый водород	0.13	0.04
Сероводород	0.2	0.07
Сероуглерод	0.02	0.07
Хлорпикрин	0.5	—
Сернистый газ	0.13	0.04
Трихлористый фосфор	0.2	—
Метилизоцианат	2.5	—

5.4. Поражающее действие химического оружия.

Химическое оружие – это один из видов оружия массового поражения, поражающее действие которого основано на использовании боевых токсичных веществ. К боевым токсичным веществам относятся отравляющие вещества (ОВ) и токсины, оказывающие поражающее действие на организм человека и животных, а также фитотоксиканты, которые могут применяться в военных целях для поражения растений [73-84].

Химическое оружие (ХО) предназначается для поражения живой силы противника, снижения ее боеспособности, а также для дезорганизации боевой деятельности войск и объектов тыла.

Фитотоксиканты предназначаются для уничтожения злаковых и др. видов сельскохозяйственной растительности в целях лишения противника продовольственной базы и подрыва военно-экономического потенциала, а также для снижения маскирующей способности лесов и кустарников. В качестве средств доставки химического оружия к объектам поражения используется авиация, ракеты, артиллерия, средства инженерных и химических войск и диверсионные методы.

К числу боевых свойств и особенностей химического оружия относят:

- высокую токсичность, позволяющую в крайне малых дозах вызывать тяжелые и смертельные поражения;
- способность отравляющих веществ и токсинов проникать в вооружение и технику, здания, сооружения и поражать в них незащищенных людей;
- длительность сохранения поражающих свойств на местности, вооружении, технике и атмосфере;
- трудность обнаружения фактического применения химического оружия и установления типа отравляющего вещества;
- возможность управлять характером и степенью поражения живой силы противника;
- необходимость использования для защиты и ликвидации последствий комплекса спецсредств химической разведки, индивидуальной и комплексной защиты, дегазации, санобработки, антидотов и др.;

- способность избирательно поражать живую силу противника без разрушения материальных средств.

Результатом применения химического оружия кроме поражения людей и животных могут быть тяжелые экологические и генетические последствия, устранения которых потребует больших сил и средств и длительного времени. Поражающими факторами ХО являются различные виды боевого состояния ОВ и токсинов: пар, аэрозоли, капли.

Впервые химическое оружие было применено Германией в I Мировой войне 22 апреля 1915 года в районе Ипра (Бельгия), когда была проведена газобаллонная атака хлором (выпущено 180 тонн хлора в результате погибло около 6 тыс. человек, поражено 15 тыс. человек).

В апреле 1997 года Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожения вступила в силу. В течение 10 лет 167 стран мира, подписавших Конвенцию, если они имеют химическое оружие, должны уничтожить его запасы и мощности по его производству. Россия имеет 40 тыс. т. ОВ, США имеет 30 тыс. т., они обязаны уничтожить их в указанный период, в том числе и мощности по его производству. Отказались подписать Конвенцию Ирак, Египет, Сирия, Ливия, Саудовская Аравия и Северная Корея.

Поскольку для достижения максимального эффекта поражения ОВ в применении химического оружия требуются различные способы, то используют две классификации ОВ: тактическую и токсикологическую.

Тактическая классификация.

Согласно тактическому назначению ОВ распределяются по характеру их поражающего действия на смертельные, временно выводящие живую силу из строя и раздражающие.

Смертельные ОВ – это ОВ нервно-паралитического действия, кожно-нарывного действия, общеядовитые и удушающие.

Временно выводящие из строя ОВ – психохимические, ВЗ.

Раздражающие – хлорацетофенон, адамсит, Си-Эс и Си-Ар.

В зависимости от продолжительности сохранения поражающего действия на живую силу при заражении местности, техники, одежды и др. ОВ подразделяют на две группы: стойкие и нестойкие.

Стойкие ОВ – это такие ОВ, поражающее действие которых сохраняется от нескольких часов до трех месяцев – это иприты, V-газы, зоман, зарин (зимой).

Нестойкие ОВ – это такие ОВ, поражающее действие которых сохраняется в течение до 6 часов после их применения – это синильная кислота, хлорциан, фосген, дифосген, зарин (летом).

Токсикологическая классификация.

Отравляющие вещества по характеру их физиологического действия подразделяются:

1. *Отравляющие вещества нервно-паралитического действия* – зарин, зоман, V-газы. Это нервные яды, обладающие чрезвычайно высокой поражающей способностью. Например, V_x-газы при концентрации 0,00005мг/л в воздухе за 2 мин. вызывают поражение людей, а попадание на кожу 7мг – вызывает смертельное поражение. V_x-газы поражают через органы дыхания за счет воздействия паров и тонкодисперсных аэрозолей, а за счет капель и грубодисперсных аэрозолей поражение через кожу, за счет проникания через одежду, даже если люди находятся в противогазах. При

действии через кожу симптомы поражения развиваются медленно. Эти ОВ обладают кумулятивным действием, то есть способностью накапливаться в организме. Начальный симптом поражения – миоз (сужение зрачка глаза), затем светобоязнь, затруднение дыхания, боль в груди, конвульсии, смерть. Антidot (противоядие) – атропин, его необходимо ввести в течение трех-пяти минут после начала поражения. При попадании на кожу провести обработку кожи ИПП-8А за время до пяти минут с момента попадания ОВ. Токсические дозы с разной степенью поражения людей приведены в табл. 3.20.

2. *Отравляющие вещества кожно-нарывного действия* – иприт, «иприт кислородный», «полуторный иприт» и др. Их отличие в поражающем действии состоит в том, что «кислородный иприт» в 3,5 раза, а «полуторный иприт» в 5 раз превосходит обычный иприт по кожно-нарывному действию. В качестве боевого состояния иприты имеют пары, аэрозоли, капли. Обладают периодом скрытого действия (2-12 часов) в зависимости от количества иприта, попавшего в организм. Иприт при попадании в организм через органы дыхания приводит к поражению легких (отек). При попадании на кожу – вызывает покраснение кожи через 2-4 часа, далее идет образование пузырей и язв, долго не заживающих. Наиболее чувствительны к иприту глаза, поражение глаз наблюдается при концентрации 0,001 мг/л, а при концентрации 0,1 мг/л в течение двух минут поражение глаз с потерей зрения. Иприт обладает кумулятивным действием, плохо дегазируется и не имеет антидота. На кожу иприт действует в каплях и парах при концентрации более 0,1 мг/л. Токсические дозы ипритов приведены в таблице 3.20.

3. *Отравляющие вещества общеядовитого действия*: синильная кислота, хлорциан. Это быстродействующие яды. Основное боевое состояние – пар – поражает через органы дыхания и при попадании с пищей и водой в организм.

При концентрации менее 0,04 мг/л синильная кислота не вызывает поражений при длительном воздействии (около 6 часов). При концентрации более 0,05 мг/л при длительном воздействии вызывает поражение человека. Признаки поражения: горечь и металлический привкус во рту. При действии синильной кислоты смерть наступает в результате паралича сердца. Хлорциан раздражает глаза при концентрации 0,002 мг/л, если концентрация больше – наступает общее отравление организма.

Синильная кислота при концентрации более 7 мг/л поражает человека через кожу. Антidot – азотнокислый натрий вместе с тиосульфатом спасает от 20 смертельных доз. Антidotом от синильной кислоты также является и глюкоза (неудачная попытка отравить Распутина цианистым калием в торте). Токсические свойства этой группы ОВ даны в табл. 5.20

4. *Отравляющие вещества удушающего действия* – фосген и дифосген с запахом прелого сена, дифосген более стоек на местности. Раздражает глаза, поражает органы дыхания (отек легких). Имеют скрытый период (2-5 часов). Характерный признак поражения этими ОВ является синюшность лица и губ. При концентрации более 5 мг/л смерть наступает через 2-3 секунды. При поражении этими ОВ нельзя делать искусственное дыхание, обращаться как с тяжелобольными. Токсические характеристики приведены в табл. 5.20

Таблица 5.20.

Токсические свойства ОВ и токсинов

Наименование	Поражение через органы дыхания			Поражение через кожу, LD ₅₀ , г/чел
	LC _{T50} , г·мин/м ³	JC _{T50} , г·мин/м ³	PC _{T50} , г·мин/м ³	
Ви-Икс	0,035	0,005	1·10 ⁻⁴	0,007
Зоман	0,05	0,025	2·10 ⁻⁴	0,1
Зарин	0,1	0,055	25·10 ⁻⁴	1,48
Иприт	1,3	0,2	25·10 ⁻³	5,0
Кислородный иприт	0,3	0,05	7·10 ⁻³	1,5
Полуторный иприт	0,2	0,04	5·10 ⁻³	1,0
Азотистый иприт	1,0	0,1	1·10 ⁻²	1,0
Синильная кислота	2,0	0,3	15·10 ⁻³	-
Хлорциан	11,0	7,0	12·10 ⁻³	-
Фосген	3,2	1,6	8·10 ⁻¹	-
Дифосген	3,4	1,7	9·10 ⁻¹	-
VZ	110	0,11	1·10 ⁻²	-
Хлорацетофенон	85	0,08	2·10 ⁻²	-
Адамсит	30	0,03	1·10 ^{-4*}	-
Хлорпикрин				
Си-Эс	25	0,02	15·10 ⁻⁴	-
Си-Ар	-	0,001	4·10 ⁻⁵	
Ботулический токсин	2·10 ⁻⁵ -5·10 ⁻⁵	~1·10 ⁻⁵	~1·10 ⁻⁷	4·10 ⁻³
Рицин	0,07	0,035	5·10 ⁻⁴	0,021

* минимально действующая концентрация.

Глава 6. НЕФТЯНОЕ И НЕФТЕПРОДУКТОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

В настоящей главе рассматривается комплекс вопросов, связанных с развитием аварийных процессов и оценкой последствий аварий на различных этапах добычи, транспортировки, хранения и применения нефти, нефтепродуктов, нефтяных и природных газов[85-107].

6.1. Чрезвычайные ситуации, связанные с нефтяной индустрией.

Аварийные ситуации, возникающие в процессе добычи, переработки, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов, представляют собой наиболее массовые явления, как правило, перерастающие в чрезвычайные ситуации.

В соответствии с постановлениями Правительства РФ № 613 от августа 2000 года и № 249 от апреля 2002 года в зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

локального значения - разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов (определяется специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды) до 100 тонн нефти и нефтепродуктов на территории объекта;

муниципального значения - разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы муниципального образования либо разлив до 100 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы территории объекта;

территориального значения - разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы субъекта Российской Федерации либо разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы муниципального образования;

регионального значения - разлив от 1000 до 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы субъекта Российской Федерации;

федерального значения - разлив свыше 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив нефти и нефтепродуктов вне зависимости от объема, выходящий за пределы государственной границы Российской Федерации, а также разлив нефти и нефтепродуктов, поступающий с территорий сопредельных государств (**трансграничного значения**).

В зависимости от объема разлива нефти и нефтепродуктов **на море** выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

локального значения - разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов (определяется специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны окружающей среды) до 500 тонн нефти и нефтепродуктов;

регионального значения - разлив от 500 до 5000 тонн нефти и нефтепродуктов;

федерального значения - разлив свыше 5000 тонн нефти и нефтепродуктов. Исходя из местоположения разлива и гидрометеорологических условий, категория чрезвычайной ситуации может быть повышена".

В дальнейшем рассматриваются последствия аварийных ситуаций с выходом нефти и нефтепродуктов на водные и твердые подстилающие поверхности.

6.2. Анализ аварийных ситуаций и распределение источников нефтяного загрязнения водных бассейнов.

Нефть и нефтепродукты - самые распространенные загрязнители морей и океанов.

Различают два типа нефтяного загрязнения морской среды:

- хроническое загрязнение в течение длительного времени сравнительно низкими концентрациями;
- аварийное загрязнение большими количествами нефтепродуктов за короткий промежуток времени.

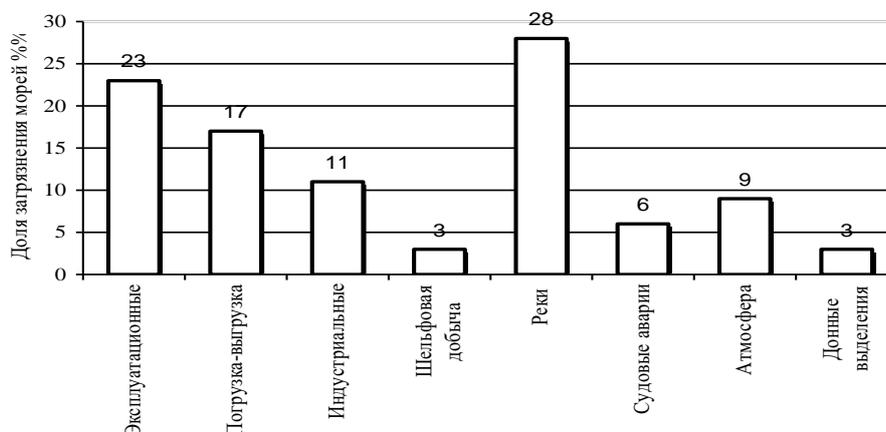
Отечественные специалисты М. Нестерова, А. Смирнов и И. Немировская, критически рассмотрев различные источники информации, пришли к выводу, что наиболее реальная цифра, характеризующая ежегодное поступление нефти в Мировой океан, составляет 6 миллионов тонн. По их данным (рис. 6.2.1), источники и пути поступления нефти в моря и океаны в процентном отношении от общего поступления распределяются следующим образом:

- "эксплуатационные" причины (несанкционированные сбросы балластных вод, аварии при зачистке грузовых танков и т.д.) - 23%;
- погрузочно-разгрузочные работы на акваториях портов - 17%;
- сточные воды прибрежных промышленных объектов - 11%;
- добыча нефти на континентальных шельфах - 3%;
- вынос нефти в моря и океаны впадающими в них реками - 28%;
- аварии судов, в том числе нефтеналивных - 6%;
- атмосферные выпадения - 9%;
- естественные поступления со дна морей и океанов - 3%.

Морские экологи считают, что первой аварией, открывшей счет катастрофам нефтеналивных судов, была гибель американской 12-ти мачтовой парусной шхуны "Томас Лоусон" 19 ноября 1907 г. Трюмы шхуны были загружены 12000 тоннами керосина. После гибели шхуны у островов Силли (Ла-Манш) радужная керосиновая пленка расплзлась по морской поверхности, вызывая гибель его обитателей.

Однако первое серьезное предупреждение человечеству, заставившее задуматься над проблемой защиты океана от нефтяного загрязнения, прозвучало в марте 1967 года, когда погиб супертанкер "Торри Каньен", построенный в США в 1959 году. Катастрофа произошла на скалах Севен Стоунз недалеко от британских островов. В грузовых танках "Торри Каньен" находилось 119328 тонн сырой нефти.

Рис. 6.2.1. Распределение источников поступления нефти и нефтепродуктов в моря и океаны [1].



Английские биологи сразу зарегистрировали опустошение и мор всего живого в зоне катастрофы. У крабов отпали конечности, и они умирали. Часто наблюдались мертвые омары, морские ежи и моллюски. Рыбы понесли сокрушительный урон, причем не столько от нефтяного загрязнения, сколько от применявшихся для локализации нефтяного пятна высокотоксичных детергентов, которых в море было вылито более 13.5 тысяч тонн.

Из-за большой осадки загрузка и разгрузка "суперов" часто происходит на больших глубинах далеко от берега у "морского острова" - искусственного сооружения или швартового буя, соединенного с береговым нефтехранилищем специальными трубопроводными системами. Таких нефтеналивных швартовых буюв насчитывается более ста. В последнее время появились крупные глубоководные распределительные нефтяные базы - терминалы также расположенные в открытой части заливов или бухт, способные осуществлять загрузку и выгрузку крупнотоннажных танкеров.

У берегов Франции в 30 км от Гавра имеется мощный нефтяной терминал Антифер с двумя причалами для супертанкеров дедвейтом 500...700 тысяч тонн. В комплексе сооружений Антифера имеется защищающий нефтегавань мол длиной 3.2 км с причалом длиной 420 м, который обеспечивает разгрузку двух танкеров с осадкой до 31.8 м. На берегу порта расположены нефтяные резервуары по 150 тысяч тонн каждый.

США - это одна из крупнейших стран-импортеров нефти, но запоздавшая со строительством глубоководных портов. Из-за этого арабская нефть доставляется в нефтяные порты Канады, Бермудских или Багамских островов, откуда нефть транспортируется в порты США небольшими танкерами.

Особую значимость в экономике России имеет Балтика. Балтийское море представляет собой полузамкнутое море площадью 415 000 км² и максимальной глубиной 460 м. Водосборный бассейн моря охватывает более 1.7 млн. км² и доставляет в море в среднем 480 км³ пресной воды в год. Почти половину стока обеспечивают семь крупнейших рек: Нева, Висла, Даугава, Неман, Кемийоки, Одер, Гете-Эльв.

Балтийское море внутреннее, и загрязняется нефтью и нефтепродуктами в значительно большей степени, нежели воды Мирового океана. Так, несмотря на то,

что на Балтику приходится всего 0.1% от площади Мирового океана, в ее воды поступает до 50000 т нефтепродуктов в год. Столь высокий уровень загрязнения объясняется не только интенсивным судоходством, но и тем, что на берегах Балтийского моря расположены промышленно развитые страны.

Вследствие хронического загрязнения в воды Балтийского моря ежегодно поступает со сточными водами от 20000 до 40000 тонн нефтепродуктов, а в результате аварий - от 5000 т до 10000 т. Однако именно аварийные разливы наносят наибольший экологический и экономический ущерб, способствуют созданию чрезвычайных ситуаций.

Воздействие нефтяного загрязнения на экосистему Балтики гораздо сильнее, в сравнении с иными открытыми водоемами. Балтийское море соединено с Северным морем сравнительно узкими и мелководными проливами, что обуславливает замедленный водообмен Балтики. Например, время обновления вод Балтийского моря составляет 25...35 лет, тогда как Северного моря - 2...3 года. Кроме того, для Балтийского моря характерна явно выраженная неравномерность распределения температуры воды по глубине. Все это приводит к накоплению в водах Балтики остатков нефти и нефтепродуктов.

Существенное влияние на загрязнение Балтийского моря окажет реализация программы строительства российских нефтеналивных портов в восточной части Финского залива.

Финский залив является крупнейшим водным объектом Ленинградской области и занимает примерно 7% общей площади Балтийского моря.

Основные характеристики Финского залива: площадь 29500 км²; средняя глубина 38 м; максимальная глубина 115 м; объем воды 1125 км³; соленость 3.5‰; преимущественное направление течений в поверхностном слое – против часовой стрелки; доля реки Невы от общего поступления воды по рекам Финского залива составляет 70%, (расход воды в устье равен 2530 м³/с).

Крайнюю северо-восточную часть Финского залива называют Невской губой, имеющей следующие характеристики: длина 21 км; наибольшая ширина около 15 км; площадь водяного зеркала 329 км²; средняя глубина 3.7 м;

Невская губа представляет собой мелкий водоем с сильной проточностью, обусловленной поступлением неврской воды.

В Ленинградской области успешно реализуется строительство портового комплекса в г. Приморске. Комплекс должен состоять из четырех основных терминалов, предназначенных для приема, хранения, перегрузки и отправления: сырой нефти, нефтепродуктов, сжиженных углеводородных газов, генеральных грузов.

Общий планируемый грузооборот терминалов морского порта в районе г. Приморска приведен в сводной табл. 6.2.1.

Сырая нефть по плану должна поступать на нефтебазу по нефтетрубопроводу. Отгрузка нефти будет осуществляться в танкеры дедвейтом до 100...150 тыс. тонн[86].

Нефтепродукты должны поступать на терминал по железной дороге, и отгружаться в танкеры различной грузоподъемностью (от 5000 т, до 50000 т).

Сжиженные газы будут поступать в порт по железной дороге, и их отгрузка будет осуществляться в танкеры дедвейтом от 12 до 40 тыс. тонн. Широкая фракция

легких углеводородов под давлением будет отгружаться в танкеры грузоподъемностью до 20 тыс. тонн.

Общие объемы хранения грузов в резервуарных парках порта в Приморске должны составить: сырой нефти 1 100 000 м³, нефтепродуктов 283 300 м³, сжиженных газов 60 000 м³.

Таблица 6.2.1.

Общие показатели грузооборота портового комплекса г. Приморска.

Наименование груза	Первая очередь, млн. тонн			Полное развитие, млн. тонн		
	экспорт	импорт	итого	экспорт	импорт	итого
1. Наливные грузы всего	27	1.0	28.0	42.0	2.0	44.0
1.1. Нефть	19.0	-	19.0	29.0	-	29.0
1.2. Нефтепродукты	7.0	1.0	8.0	8.0	2.0	10.0
1.3. Сжиженные газы (углеводородные, в перспективе – природные)	1.0	-	1.0	4.0	-	4.0
1.4. Жидкие химические	-	-	-	1.0	-	1.0
2. Генеральные грузы	0.4	0.6	1.0	0.4	0.6	1.0
Всего по порту	27.4	1.6	29.0	42.4	2.6	45.0

Загрязнению нефтепродуктами подвержены не только морские, но и пресноводные водоемы.

Например, 8 мая 2001 г. на Сенгилеевском водохранилище (Ставропольский край) обнаружено нефтяное пятно длиной 5 км и шириной 1 км. Предположительно, загрязнение явилось результатом смыва нефтепродуктов с прибрежной территории водохранилища.

11 мая 2001 г. на подводном переходе нефтепровода Александровское-Анжеро-Судженск в районе устья р. Томь (Томская область) обнаружена утечка нефти (до 0.5 т). Площадь загрязнения составила 0.5 км². Для локализации загрязнения устанавливались боновые ограждения. Авария была ликвидирована только 13 мая.

В мае 2001 г. в результате наводнения на р. Лена было повреждено 89 резервуаров с нефтепродуктами на Лесной нефтебазе Республики Саха (Якутия). По имеющимся данным в р. Лена попало более 12 тыс. т нефтепродуктов.

Нефтяная пленка - одна из самых распространенных форм существования нефти как загрязняющего водную поверхность вещества. Отличительная особенность нефтяных пленок, в частности, состоит в том, что они никогда не растекаются до мономолекулярной толщины. Минимальная толщина нефтяной пленки, которую удалось измерить, составила 0.15 микрона ($1.5 \cdot 10^{-7}$ м).

Растекание нефтяной пленки по воде представляет собой совокупность двух явлений: а) дрейф пленки под действием ветра и течения как единого целого; б) растекание пленки под действием гравитационно-вязкостных сил и сил поверхностного натяжения.

Таблица 6.3.1.

Типовые режимы распространения нефтяного загрязнения на трех стадиях развития процесса растекания пятна нефти при отсутствии ветрового воздействия.

Объем вылива нефти м ³	Граничный переход от стадии 1 к стадии 2			Граничный переход от стадии 2 к стадии 3			Окончание 3 стадии		
	Время мин.	Радиус м	Толщ. плен. мм	Время мин.	Радиус м	Толщ. плен. мм	Время час.	Радиус м	Толщ. плен. мм
5	6.7	37.2	1.15	7.7	38.5	1.1	1.58	252.4	0.025
15	9.6	58.8	1.38	16.1	66.7	1.1	3.29	437.1	0.025
25	11.4	72.7	1.51	22.6	86.1	1.1	4.63	564.3	0.025
42.93	13.7	91.0	1.65	32.4	112.8	1.1	6.63	739.5	0.025
50	14.4	97.0	1.69	35.9	121.7	1.1	7.34	798.1	0.025
75	16.4	114.9	1.81	42.1	149.1	1.1	9.62	977.5	0.025
100	18.2	129.7	1.89	57.0	172.2	1.1	11.66	1128.7	0.025

При моделировании аварий, вследствие которых происходит разлив нефти или нефтепродуктов по водной поверхности, как правило, рассматривают две разновидности аварийного процесса.

Один из них - *залповый сброс* нефти, при котором практически мгновенно на поверхности водоема оказывается заданное количество нефти или нефтепродукта. Такие аварии являются следствием взрыва танкера, его разлома на рифах, значительных размеров пробоины при столкновении судов и т.д.

Второй разновидностью аварийного процесса разлива нефтепродуктов на водной поверхности является *постепенный вылив* нефти через пробоину определенных размеров в корпусе танкера.

Существо задачи состоит в определении размеров нефтяного пятна на водной поверхности в виде зависимости радиуса и скорости дрейфа от времени.

Залповый (почти мгновенный) сброс нефтепродуктов в воду.

В основе оценок по растеканию нефти и нефтепродуктов по водной поверхности (упрощенный вариант для случая несжимаемой и невязкой жидкости) лежит уравнение:

$$\frac{dr}{dt} = \left(\xi \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_в} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{1}{2}}, \quad (6.3.1)$$

где $\xi=1.34$ – коэффициент,

$\rho_{ж}$ – плотность растекающейся жидкости (нефти или нефтепродукта),

$\rho_в$ – плотность воды водоема (моря),

h – высота цилиндра разлива нефти.

Значение коэффициента $\left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_в} \right)$, учитывает степень погружения

нефтепродукта в воду.

Допуская, что вся вылитая нефть объемом V принимает на поверхности моря (водоема) форму цилиндра высотой h и радиусом r (рис. 6.3.1), имеем:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad h = \frac{V}{\pi \cdot r^2}, \quad h^{\frac{1}{2}} = \frac{V^{\frac{1}{2}}}{\pi^{\frac{1}{2}} \cdot r}$$

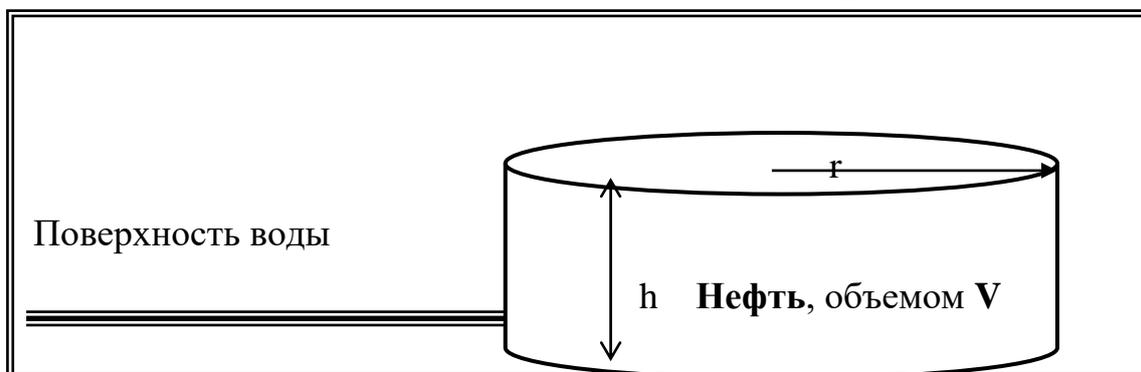


Рис. 6.3.1. Модель "залпового" сброса нефти на водную поверхность.

Подставив в уравнение (6.3.1) вместо высоты цилиндра разливающейся жидкости ее значение, выраженное через интересующий радиус пятна и объем общего разлива нефти или нефтепродукта, получим:

$$\frac{dr}{dt} = \left[\xi \cdot g \cdot \frac{\left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{\text{в}}}\right)}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{r} \cdot V^{\frac{1}{2}} \quad (6.3.2)$$

После разделения переменных уравнение (6.3.2) принимает вид:

$$r \cdot dr = \left[\xi \cdot g \cdot \frac{\left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{\text{в}}}\right)}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot V^{\frac{1}{2}} \cdot dt \quad (6.3.3)$$

После интегрирования уравнения (6.3.3) при начальном условии $r=0$ при $t=0$,

получим:

$$\frac{r^2}{2} = \left[\xi \cdot g \cdot \frac{\left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{\text{в}}}\right)}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot V^{\frac{1}{2}} \cdot t \quad (6.3.4).$$

Откуда окончательно получаем зависимость радиуса пятна нефти (нефтепродукта) от объема залпового сброса и времени распространения:

$$r(t) = \left[4 \cdot \xi \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_е} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{1}{4}} \cdot t^{\frac{1}{2}} \quad (6.3.5)$$

Центр нефтяного пятна дрейфует под действием ветра и течения.

Если скорость ветра над поверхностью воды v_B и скорость течения v_T , то скорость $v_{ц}$ дрейфа центра нефтяного пятна *при совпадении направления ветра и течения* определяется соотношением:

$$v_{ц} = 0.033 \cdot v_е + v_m \quad (6.3.6)$$

При несовпадении направления ветра и течения необходимо решение задачи для каждой интересующей точки границы нефтяного пятна в векторной постановке с учетом разложения вектора скоростей собственно растекания пята, его дрейфа под действием ветра и под действием течения.

Непрерывное истечение нефтепродуктов на водную поверхность.

При непрерывном разливе нефти или нефтепродукта на водную поверхность принимается допущение, что пробоина в корпусе танкера расположена на ватерлинии, а высота верхнего уровня нефти (нефтепродукта) в танке над пробоиной равна H .

При таком допущении объем V нефти на поверхности воды для заданного момента времени t :

$$V = \pi \cdot r(t)^2 \cdot h, \quad (6.3.7)$$

где Q – расход нефтепродукта, m^3/c , определяемый по формуле:

$$Q = S \cdot w, \quad w = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad V(t) = Q \cdot t \quad (6.3.8)$$

где S – площадь пробоины, m^2

w – линейная скорость истечения, m/c .

$\mu \in [0,1]$ - коэффициент сопротивления истечению нефтепродукта через отверстие, приведенное к круглому сечению.

Приравнявая (6.3.8) и (6.3.7) для произвольного t , получим:

$$\pi \cdot r(t)^2 \cdot h = Q \cdot t, \quad h^{\frac{1}{2}} = \frac{Q^{\frac{1}{2}} \cdot t^{\frac{1}{2}}}{\pi^{\frac{1}{2}} \cdot r}$$

Тогда, подставив это выражение в уравнение (6.3.1), имеем:

$$\frac{dr}{dt} = \left[\xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_е} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot t^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{r} \quad (6.3.9)$$

$$\int r dr = \int \left[\xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_е} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot t^{\frac{1}{2}} dt \quad (6.3.10).$$

После интегрирования в начальных условиях ($r=0$ при $t=0$ и $Q=const$), получим:

$$\frac{r^2}{2} = \left[\xi \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_с} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot t^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2}{3} \quad (6.3.11)$$

$$r^2 = \left[\xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_с} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot t^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{4}{3} \quad (6.3.12)$$

$$r(t) = \left[\frac{16}{9} \cdot \xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_с} \right) \right]^{\frac{1}{4}} \cdot Q^{\frac{1}{4}} \cdot t^{\frac{3}{4}} \quad (6.3.13).$$

При медленном истечении время растекания пятна практически ограничено временем истечения нефти или нефтепродуктов из танкера.

Дифференциальное уравнение, описывающее процесс истечения жидкости из сосуда постоянного сечения при отсутствии стороннего притока жидкости и при постоянном давлении, имеет вид:

$$dt = \frac{F}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2g}} \cdot \frac{dh}{\sqrt{h}} \quad (6.3.14),$$

где F - площадь поперечного сечения резервуара (зеркала жидкости), m^2 ;

s - сечение аварийного сливного отверстия, m^2 ;

h - текущее значение высоты уровня жидкости над отверстием, m ;

μ - коэффициент расхода системы, зависящий от вязкости жидкости.

Интегрирование уравнения (6.3.14) (при начальных условиях: $h=H_1$ при $t=0$, где H_1 - исходная высота зеркала жидкости над центром аварийного отверстия) дает возможность определить максимальное время истечения жидкости их танкера:

$$t_m = \frac{2 \cdot F}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (6.3.15),$$

где H_2 - конечное значение высоты зеркала жидкости над центром аварийного отверстия.

В том случае, когда объем V жидкости задан, расчет времени истечения может производиться по формуле:

$$t_m = \frac{V}{Q_{cp}} \quad (6.3.16),$$

где Q_{cp} - средняя пропускная способность системы:

$$Q_{cp} = 0.5 \cdot (Q_{max} + Q_{min})$$

Q_{max} - расход жидкости (пропускная способность системы) при максимальной высоте столба жидкости;

Q_{min} - расход жидкости (пропускная способность системы) при минимальной высоте столба жидкости.

Если слив происходит под действием избыточного давления инертной среды (азота, водяного пара, двуокиси углерода и т.п.), формула определения времени опорожнения постоянного по высоте резервуара приобретает вид:

$$t_m = \frac{2 \cdot F}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot \left[\sqrt{H_1 + \frac{P_1 - P_0}{\rho_{ж} \cdot g}} - \sqrt{H_2 + \frac{P_2 - P_0}{\rho_{ж} \cdot g}} \right] \quad (6.3.17)$$

где P_0 - атмосферное давление; P_1 - давление в сосуде при высоте жидкости над отверстием H_1 ; P_2 - давление в сосуде при высоте жидкости над отверстием H_2 .

Некоторое повышение корректности расчетов параметров нефтяного пятна на водной поверхности может быть достигнуто за счет учета испарения или выгорания нефтепродуктов. В табл. 6.3.2 приведены данные по относительной доле расхода нефтепродуктов в процессе их растекания по водной поверхности.

Таблица 6.3.2.

Испарение, растворение и окисление нефтепродуктов при растекании пятна на акватории от исходного объема (%).

Наименование нефтепродуктов	Причина изменения начального объема			Остаток
	Испарение	Растворение	Фотохимическое окисление	
Нефть сырая	30	10	1	59
Дизельное топливо	40	10	1	49
Моторное топливо	12	10	1	77
Мазут	10	10	1	79
Бензин	95	5	-	-
Керосин	65	5	-	30

Особенности распространения нефтяного пятна в ледовой обстановке.

Особенностью взаимодействия нефти со льдом [87-89] является многообразие форм и параметров льда, их изменение во времени и их зависимость от температуры воды и воздуха. Так, например, характеристика арктического пакового льда существенно отличаются от характеристик морского льда, которые, в свою очередь, весьма отличны от параметров льда пресноводных водоемов. Изменение характеристик льда определяет изменение степени взаимодействия нефти (нефтепродуктов) со льдом, т.е. меняет условия распространения нефтяного пятна по водной поверхности при наличии льда.

Существенное влияние оказывает также внутренняя структура льда. Формируемый на начальном этапе замерзания воды лед толщиной порядка 10 см состоит из кристаллов произвольной ориентации. По мере увеличения толщины льда, когда намерзание происходит медленнее, структура льда становится более упорядоченной.

При замерзании морской воды происходит выдавливание соли по вертикальным «тоннелям», образуя каналы на расстоянии 0.5...10 мм друг от друга. По этим каналам из льда выходит вода с повышенной концентрацией солей. Движение воды по каналам неустойчивое и определяется разностью плотностей рассола и морской воды. В ряде случаев по этим каналам нефть (при сравнительно низкой ее вязкости) может подниматься по толще льда, не достигая, однако, его поверхности, до тех пор, пока лед не начнет таять.

При таянии размеры каналов увеличиваются и нефть выделяется на поверхности льда, образуя нефтяные лужи. Эти лужи меняют альбедо и ускоряют процесс таяния льда.

Лед пресноводный не имеет каналов рассола и подъем нефти на его поверхность возможен только по трещинам или полыньям, если таковые имеются.

Присутствие нефти изменяет скорость нарастания льда, поскольку теплопроводность нефти в 12...16 раз меньше, чем льда. При этом возможно замерзание капель или скоплений нефти в лед.

На процесс распространения нефти наибольшее влияние оказывает скорость перемещения нефти относительно нижней поверхности льда. Скорость течения воды, при которой нефть начинает двигаться относительно нижней поверхности льда (скорость трогания), составляет 3.5 см/с, но при возрастании вязкости нефтепродуктов свыше 1.0 Ст, эта скорость течения повышается до 7 см/с. После начала движения скорость нефти составляет около 40% от скорости течения. При повышении шероховатости нижней поверхности льда скорость нефти уменьшается.

Разбитый лед или отдельно плавающие льдины по иному взаимодействуют с нефтью. Последняя поднимается к свободной поверхности, которая имеется между льдинами, перемешиваясь с шугой.

Поскольку плавающие льдины возвышаются над поверхностью воды, они действуют как барьер, препятствуя распространению нефти. Вязкие сорта нефти остаются в пределах площади, ограниченной разбитым льдом, тогда как легкие, маловязкие сорта быстро распространяются как по свободной поверхности воды между льдинами, так и по нижней поверхности плавающего льда, достигая толщины пленки, соответствующей толщине пленки нефти на свободной ото льда акватории.

6.4. Влияние выгорания нефтепродуктов на площадь разлива.

В ходе разработки и апробации средств и способов борьбы с растекающимися нефтяными пятнами, в частности, имели место попытки искусственного поджига плавающих нефтепродуктов. Однако было установлено, что это не приводит к ожидаемому эффекту, поскольку во-первых, горение продолжается недолго, а во-вторых, при горении образуются тяжелые фракции, которые погружаются на дно, но через некоторое время вновь всплывают на поверхность.

При горении нефтепродукта над его поверхностью устанавливается пламя, которое быстро увеличивается по высоте и через небольшой промежуток времени достигает максимальной величины. Это говорит о том, что между зоной горения и поверхностью плавающего нефтепродукта устанавливается определенный теплообмен и верхний тонкий слой нефтепродукта нагревается до температуры, близкой к температуре кипения. При этом существенную роль играют толщина пленки нефтепродукта и температура воды.

Передача тепла из зоны горения поверхностному слою нефтепродукта осуществляется лучеиспусканием. Тепло, воспринимаемое пленкой нефтепродукта, в большей степени расходуется на нагревание нефтепродукта и его испарение, остальная часть тепла передается окружающей атмосфере.

В процессе горения нефтепродукты прогреваются в глубину. Жидкости, температура кипения которых выше температуры воды, могут прогреваться на глубину 2...5 см, если это позволяет толщина плавающей пленки. Для керосина, солярового масла, трансформаторного масла, дизельного топлива температура резко уменьшается с глубиной прогреваемого слоя пленки.

Жидкости, температура кипения которых ниже температуры воды прогреваются путем конвекции на глубину всего слоя, что характерно для бензина, нефти и мазута.

Одной из основных характеристик, определяющих сокращение объема вылитых нефтепродуктов, является скорость их выгорания. При этом различают линейную V_L , массовую V_M и объемную V_{OB} скорости выгорания.

Массовой скоростью выгорания называется масса нефтепродукта, выгорающего в единицу времени с единицы площади, $кг/(м^2 \cdot с)$.

Линейной скоростью выгорания называется высота слоя нефтепродукта, выгорающего в единицу времени.

Объемной скоростью выгорания называется объем нефтепродукта, выгорающего в единицу времени с заданной площади, $м^3/с$.

Указанные скорости выгорания связаны между собой простыми соотношениями:

$$V_M \left[\frac{кг}{м^2 \cdot с} \right] = \rho \left[\frac{кг}{м^3} \right] \cdot V_L \left[\frac{м}{с} \right] \quad (6.4.1)$$

$$V_{OB} \left[\frac{м^3}{с} \right] = \frac{V_M \left[\frac{кг}{м^2 \cdot с} \right] \cdot S \left[м^2 \right]}{\rho \left[\frac{кг}{м^3} \right]} \quad (6.4.2)$$

где ρ - плотность нефтепродукта $кг/м^3$,

S - площадь горения, принимаемая равной площади растекания $м^2$.

Таблица 6.4.1.

Массовая скорость выгорания, $кг/м^2 \cdot с$

Нефтепродукты	Плотность, $кг/м^3$	Температура кипения, К ($^{\circ}C$)	Массовая скорость V_M выгорания, $кг/м^2 \cdot с$
Бензин	710	330 (57)	$70 \cdot 10^{-3}$
Керосин	780	390 (117)	$60 \cdot 10^{-3}$
Диз. топливо	820	400 (127)	$55 \cdot 10^{-3}$
Нефть	800	340 (63)	$30 \cdot 10^{-3}$
Мазут	850	560 (287)	$20 \cdot 10^{-3}$
Метанол	795	338 (65)	$16 \cdot 10^{-3}$
Ацетон	790	329 (56)	$49 \cdot 10^{-3}$
Толуол	867	384 (111)	$85 \cdot 10^{-3}$
Бензол	879	353 (80)	$110 \cdot 10^{-3}$

Для учета изменения радиуса растекающегося нефтяного пятна при его одновременном горении необходимо определить объем выгорающего нефтепродукта, вернее, изменение значения результирующего объема во времени.

При постоянной скорости выгорания изменение объема V_B нефтепродукта соответствует зависимости:

$$\frac{dV_B(t)}{dt} = \pi \cdot r^2(t) \cdot V_L \quad (6.4.3)$$

где $V_B(t)$ - функция изменения объема нефтяного пятна во времени за счет выгорания нефтепродукта,

$r(t)$ – функция изменения радиуса нефтяного пятна во времени,
 $V_{\text{л}}$ - линейная скорость выгорания нефтепродукта.

Функция $V_B(t)$ может быть выражена через массовую скорость выгорания:

$$V_B(t) = V_M \cdot \frac{1}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \int_0^t \tau \cdot S(\tau) \cdot d\tau = \frac{V_M \cdot \pi}{\rho_{\text{ж}}} \int_0^t \tau \cdot r^2(\tau) \cdot d\tau \quad (6.4.4)$$

где $S(t)$ - функция изменения площади растекания нефтяного пятна с учетом выгорания, м^2 ;

$\rho_{\text{ж}}$ - плотность растекающейся жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Полученное значение выгорающего объема $V_B(t)$ нефтепродукта необходимо вычесть из начального объема, что позволит на данный момент времени определить истинный объем и, следовательно, радиус нефтяного пятна.

Например, выражение (6.3.5) в этом случае принимает вид:

$$r(t) = \left[4 \cdot \xi \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\text{жс}}}{\rho_{\text{с}}} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{4}} \cdot [V - V_B(t)]^{\frac{1}{4}} \cdot t^{\frac{1}{2}} \quad (6.4.5)$$

Аналитическое решение уравнения (6.4.5) представляет собой достаточно трудоемкую задачу. В том случае, когда функция $r(t)$ определена с помощью эмпирических зависимостей, аналитическое решение уравнений, изменения радиуса нефтяного пятна с учетом выгорания может быть вообще нереальным.

Изменение радиуса нефтяного пятна, выполненные по программе VYGOR-B на основании изложенного выше алгоритма с учетом выгорания, представлены на рис. 6.4.1 при массовой скорости выгорания нефти равной $30 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Эти результаты расчетов, выполненные по формуле (6.4.5), учитывают прекращение горения нефтепродукта при достижении нефтяной пленкой определенной толщины, что обусловлено особенностями процесса горения при различных температурах нефтепродукта и подстилающей поверхности, в данном случае - температуры воды.

На рис. 6.4.2 приведены оценки времени горения нефти на воде в зависимости от объема сброшенной нефти и предельного значения толщины пленки, при которой еще возможно горение.

В реальной обстановке плавающая нефть достаточно быстро смешивается в верхних слоях с водой, образуя водонефтяную эмульсию, препятствующую горению. Кроме того, при наличии ветра и волнения, затекание воды на нефтяное пятно в виде тумана или капель существенно сокращает возможность горения.

Таким образом, корректное решение задачи определения площади нефтяного пятна требует решения уравнений, описывающих с одной стороны увеличение радиуса растекания за счет действия инерционных или гравитационно-вязкостных процессов, с другой стороны - уменьшение радиуса пятна за счет выгорания нефтепродукта.

Кроме того, необходимо учитывать, что при достижении нефтяной пленкой определенной толщины, процесс горения прекращается и дальнейшее растекание нефтепродукта подчиняется законам, изложенным в п. 6.3. настоящего раздела.

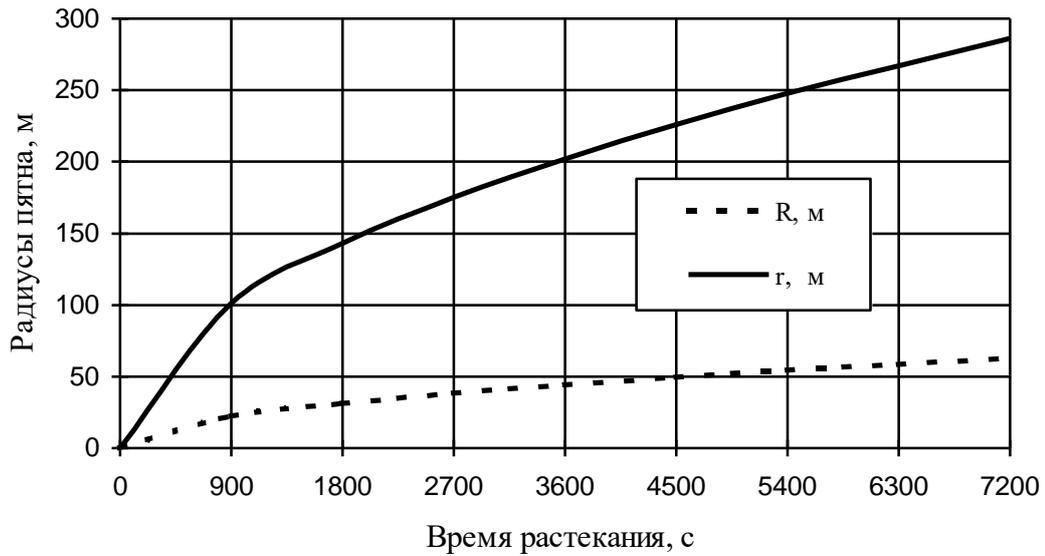


Рис. 6.4.1. Изменение радиуса растекания 50 м³ нефти без учета скорости выгорания (R), и с учетом этой скорости (r) при значении линейной скорости выгорания, рассчитанной по программе VIGOR-B.

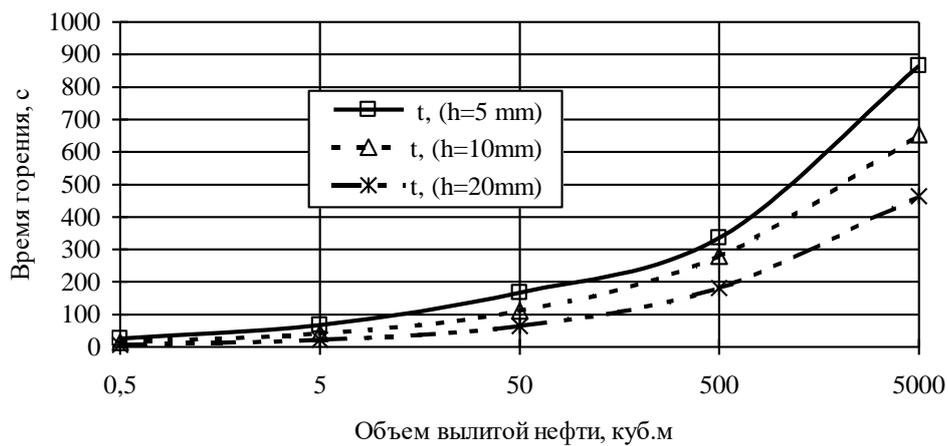


Рис. 6.4.2. Изменение времени горения нефти в зависимости от объема и предельного значения нефтяной пленки, допускающей горение нефти на воде.

6.5. Влияние испарения нефтепродуктов на их распространение по водной поверхности.

Процесс испарения нефтепродуктов при их нахождении на водной поверхности моделируется весьма сложно.

При разливе нефтепродуктов, имеющих температуру кипения при атмосферном давлении значительно выше температуры окружающей среды, испарение происходит с ее поверхности за счет диффузионного тепло- и массообмена с воздухом.

Массовая интенсивность испарения, кг/м²·с определяется формулой [5]:

$$V_{МИ} = \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_S \cdot 10^{-6} \quad (6.5.2)$$

где M - молярная масса нефтепродукта, г/моль;

P_s - давление насыщенных паров при данной температуре, кПа;
 η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние скорости ветра W_0 над поверхностью нефтепродукта, значения которого приведены в табл. 6.5.1.

Давление насыщенных паров нефтепродукта может быть определено с помощью уравнения Антуана:

$$P_s = 0.13332 * 10^{\left(\frac{A - B}{t_0 + C_A} \right)} \quad (6.5.3)$$

где P_s - давление насыщенных паров, кПа; A, B, C_A - константы Антуана, значения которых приведены в справочных данных по каждому нефтепродукту;
 t_0 - температура воздуха над нефтепродуктом, °C.

Таблица 6.5.1.

Значения коэффициента η :

Скорость воздушного потока, м/с	Значения коэффициента η .
0	2.57
0.1	3.13
0.2	3.69
0.5	5.38
1.0	8.18

На рис. 6.5.1, рис. 6.5.2 приведены кривые изменения давления насыщенных паров дизельного топлива (ГОСТ 305-73) и бензина АИ-93, рассчитанные согласно уравнению Антуана [91].

Дальнейший порядок расчета изменения параметров растекающегося нефтепродукта аналогичен алгоритму, изложенному в предыдущем разделе при учете вырогания. Результаты расчетов остальных параметров, выполненных по программам ISP-F, FEY, основанных на методике Фэй, приведены на рис. 6.5.3.

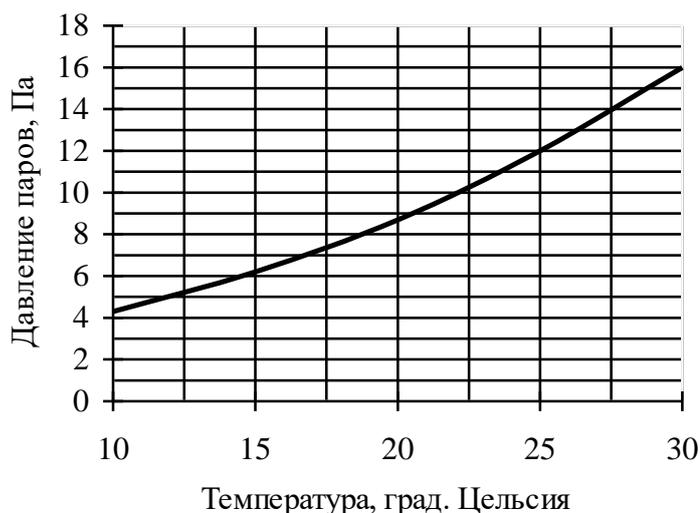


Рис. 6.5.1. Давление насыщенных паров (Па) дизельного топлива при различных температурах топлива.

Анализ изменения радиуса растекания бензина с учетом его испарения (рис. 6.5.3) кривая (R) показывает, что вначале радиус пятна растет за счет превышения скорости изменения инерционных сил над скоростью испарения. Затем, примерно через 20...40 мин растекания с процесс испарения начинает превалировать, что приводит к уменьшению радиуса пятна. Через 120...130 мин испарение практически прекращается вследствие малого значения толщины пленки бензина на воде и влияния температуры воды на условия испарения. С этого момента продолжается процесс расширения пятна оставшегося бензина без испарения.

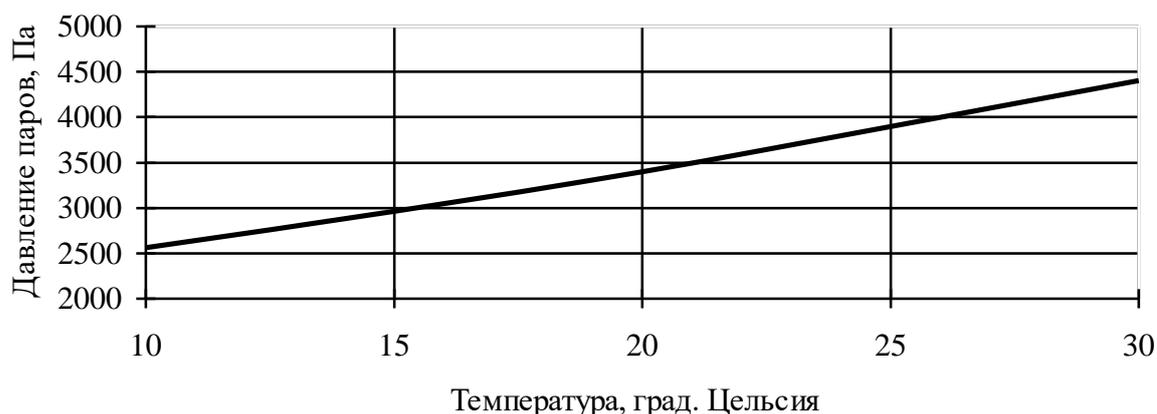


Рис. 6.5.2. Давление насыщенных паров бензина АИ-93 при различных температурах нефтепродукта.

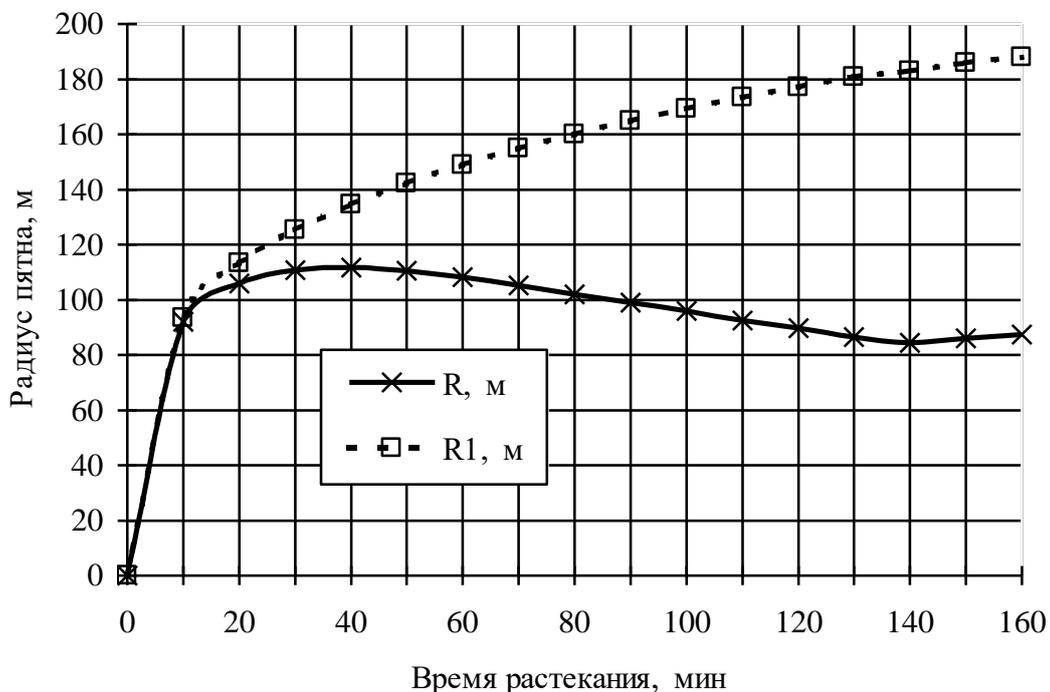


Рис. 6.5.3. Решение примера 6.5.1. Изменение радиуса растекания бензина с учетом испарения (R), рассчитанного по программе ISP-F, и без учета испарения (R1), рассчитанного по методике Фэй (программа FEY).

Для сравнения на рис. 6.5.4 приведены результаты решения того же примера 6.5.1, но при разовом сбросе в воду 5 м³ бензина АИ-93.

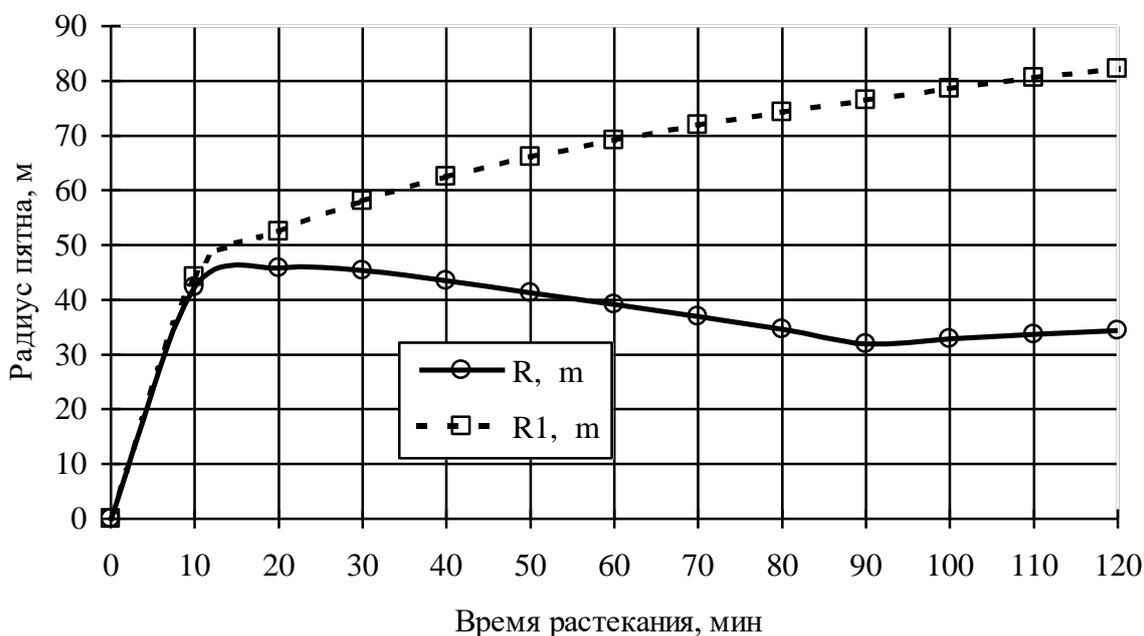


Рис. 6.5.4. Изменение радиуса пятна распространения бензина на воде при начальном сбросе 5 м³ с учетом испарения (R) и без учета испарения (R1). Расчеты выполнены по методике Фэй (программы FEY, ISP-F).

Испарение (решение на рис. 6.5.4) закончилось через 90 мин. Рост радиуса пятна прекратился через 2 часа по признаку достижения пленкой предельной толщины, равной 0.1 мм. Скорость ветра равна 0.5 м/с, температура 20°C.

6.6. Последствия аварий с выходом нефти и нефтепродуктов на твердые подстилающие поверхности.

Аварии, вследствие которых происходит истечение нефти и нефтепродуктов на грунт, бетон, асфальт, связаны с транспортировкой энергоресурсов сухопутными видами транспорта, в том числе, трубопроводного, а также с хранением нефтепродуктов в резервуарных парках морских или производственных терминалов, на складах предприятий и автомобильных заправочных станциях.

По данным Федерального горного и промышленного надзора России в 2000 г. при авариях на трубопроводном транспорте погибло 7 человек. Основными причинами аварий явились: коррозия - 18%; брак строительных и монтажных работ - 14%; внешние механические воздействия, в том числе несанкционированные врезки в целях хищения - 15%.

В отличие от предыдущего раздела, при авариях на железнодорожном, трубопроводном, автомобильном транспорте и в резервуарных парках хранения нефтепродуктов наибольшую трудность представляют решения следующих задач: расчета времени полного истечения жидкости из емкости через аварийное отверстие, расчета параметров процесса растекания нефтепродуктов по твердым подстилающим поверхностям в реальных метеоусловиях, определение массы испарившегося продукта, оценка поражающего действия факторов пожара на

различные материалы и человека при возгорании растекающегося или хранящегося нефтепродукта.

Особого внимания заслуживают методы расчета изменения во времени массы и объема испаряющихся нефтепродуктов как в помещениях, так и в реальных метеоусловиях открытой атмосферы.

В общем случае, как известно из основ гидродинамики [7] время понижения уровня жидкости в сосуде произвольного профиля от значения высоты *над аварийным отверстием* H_1 до значения H_2 определяется уравнением:

$$t = \int_{H_1}^{H_2} \frac{f(h)dh}{Q - \mu \cdot s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}} \quad (6.6.1)$$

где $f(h)$ - функция изменения площади свободной поверхности резервуара с высотой; h - текущее значение высоты зеркала жидкости над центром аварийного отверстия; Q - приток жидкости в резервуар; μ - коэффициент расхода или коэффициент сопротивления истечению нефтепродукта; s - площадь отверстия или пробоины, приведенная к круглому сечению.

Если внешний приток отсутствует, т.е. при $Q = 0$ и профиль сосуда не изменяется с высотой h , время изменения уровня жидкости от уровня H_1 до уровня H_2 определится зависимостью:

$$t = \frac{2 \cdot F}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2 \cdot g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) \quad (6.6.2)$$

При $H_2 = 0$, т.е. при определении времени полного истечения жидкости из резервуара (от высоты H_1 зеркала нефтепродукта над пробоиной до середины сечения аварийного отверстия), выражение (6.6.2) принимает вид:

$$t = \frac{2 \cdot F \cdot \sqrt{H_1}}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = \frac{2 \cdot F \cdot H_1}{\mu \cdot s \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}} \quad (6.6.3)$$

где H_1 – начальное значение расстояния по вертикали от поверхности жидкости до середины сечения пробоины;

F - площадь зеркала жидкости (площадь резервуара).

Значения коэффициентов сопротивления истечению нефтепродуктов μ в зависимости от кинематической вязкости жидкости при истечении через круглое (или приведенное к круговому сечению) отверстие представлены в табл. 6.6.1, [107].

Таблица 6.6.1.

Зависимость значений коэффициента расхода μ от вязкости.

Кинематический коэффициент вязкости, Ст	0.01-0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0
Коэффициент расхода μ	0.61	0.51	0.41	0.36	0.33	0.3	0.26

6.7. Гидравлические удары в трубопроводах.

Большие внутренние напряжения в стенках трубопроводов и технологических аппаратов могут возникать в результате резкого торможения движущегося потока жидкости, т.е. в результате так называемого гидравлического удара.

Воздействию гидравлических ударов чаще всего подвержены трубопроводы и насосы. Гидравлические удары возникают обычно в результате быстрого закрытия или открытия вентилей на трубопроводах, при больших пульсациях подаваемой насосами жидкости, при резком изменении давления на конкретном участке трубопровода.

Величину ΔP , на которую повысится давление в трубопроводе при гидравлическом ударе, можно определить по формуле Н.Е. Жуковского:

$$\Delta P = \rho_{жс} \cdot c \cdot \Delta w, \quad (6.7.1),$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³; c – скорость распространения ударной волны по трубе, м/с; Δw – изменение скорости движения жидкости, м/с.

Скорость распространения ударной волны может быть определена из следующего выражения:

$$c = \sqrt{\frac{E_{жс}}{\rho_{жс} \cdot \left(1 + \frac{d}{\delta} \cdot \frac{E_{жс}}{E}\right)}}, \quad (6.7.2)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, м; δ - толщина стенки трубопровода, м; E – модуль упругости материала трубопровода, Па; $E_{ж}$ – модуль упругости жидкости, Па. Модуль упругости жидкости – величина, обратная коэффициенту ее сжимаемости.

6.8. Оценка растекания нефтепродуктов по твердой поверхности.

Площадь растекания жидкости при авариях аппаратов и трубопроводов зависит от количества излившейся жидкости, ее вязкости, температуры, интенсивности истечения, высоты падения струи, вида подстилающей поверхности, уклона местности и т.д. По этим причинам корректное решение задачи определения параметров растекающегося пятна представляет собой не менее сложную задачу чем при растекании по воде. В дальнейшем рассмотрены две наиболее апробированные методики определения параметров растекания нефтяного пятна по твердой поверхности.

Донецкая пожарно-техническая станция исследовала радиус растекания горючих жидкостей различной вязкости (дизельное топливо, бензин, автол) по поверхности полированного стекла. В зависимости от кинематического коэффициента вязкости ν и времени растекания t получены зависимости для небольших объемов:

- при разовом истечении жидкости объемом V :

$$R = 3.018 \cdot V^{0.393} \cdot \nu^{-0.116} \cdot t^{0.115} \cdot K_{п} \quad (6.8.1)$$

- при непрерывном истечении с объемным расходом Q :

$$R = 2.358 \cdot Q^{0.333} \cdot \nu^{-0.155} \cdot t^{0.519} \cdot K_{п} \quad (6.8.2)$$

В формулах (6.8.1), (6.8.2) приняты обозначения: V - объем выхода на поверхность нефтепродукта, м³; R - радиус нефтяного пятна на момент времени t после аварии, м; t - время растекания нефтяного пятна, с; $K_{п}$ - коэффициент

поверхности растекания; ν - коэффициент кинематической вязкости нефтепродукта, Ст.

Для учета характеристик поверхностей (смачиваемость, шероховатость, поглощаемость) введен коэффициент состояния поверхности K_n , определяющий соотношение фактического радиуса растекания по реальной поверхности и радиуса растекания по идеальной поверхности.

Приняв для идеальной поверхности $K_n = 1.0$, экспериментально нашли: для метлахской плитки $K_n = 0.9$, для грунта $K_n = 0.9$, для железобетонной плиты $K_n = 1.1$, для асфальта $K_n = 1.1$, для бетона с вкраплением мраморной крошки $K_n = 0.5$.

При частичном или полном разрушении транспортных средств нефтепродукты растекаются по твердой поверхности как правило в виде лужи.

В работах [90], [94] получены эмпирические выражения для оценки радиуса лужи растекания нефтепродуктов, приведенной к круговой форме:

при однократном истечении

$$R(t) = V^{\frac{1}{3}} \cdot 0.58 \cdot \left(\frac{g \cdot V}{\nu^2} \right)^{0.08} \cdot \left(\frac{g \cdot t^2}{V^{\frac{1}{3}}} \right)^{0.06} \cdot K_n \quad (6.8.3)$$

при непрерывном истечении

$$R(t) = 0.46 \cdot (Q(t) \cdot t)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{g \cdot Q(t) \cdot t}{\nu^2} \right)^{0.08} \cdot \left(\frac{g \cdot t^2}{(Q(t) \cdot t)^{\frac{1}{3}}} \right)^{0.06} \cdot K_n \quad (6.8.4)$$

где $Q(t)$ - объемный расход нефтепродукта через аварийное отверстие, м³/с; ν - коэффициент кинематической вязкости нефтепродукта, м²/с.; g - ускорение силы тяжести, м/с².

Коэффициенты вида поверхности K_n при разливе некоторых нефтепродуктов для формул (6.8.3), (6.8.4) представлены в табл. 6.8.1.

Таблица 6.8.1.

Значения коэффициента вида поверхности [107].

Жидкость	Грунт	Цемент	Бетон	Плитка	Асфальт
Бензин	0.1	0.4	0.3	0.4	0.1
Диз. Топл.	0.4	0.7	0.6	0.9	0.6
Нефть	0.6	0.8	1.0	0.9	0.9

6.9. Испарение разлитых горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в неподвижную среду.

Утечки нефтепродуктов вследствие испарения составляют примерно 75% от общих потерь нефтепродуктов в нормальных условиях эксплуатации магистральной трубопроводной системы. При этом потери вследствие испарения достаточно ощутимы в оценках материального ущерба.

Рассмотрим несколько типичных моделей испарения нефтепродуктов.

Пусть в резервуаре, имеющем некоторое количество нефтепродукта, газовое пространство заполнено паровоздушной смесью. Масса G_n нефтепродукта в этой смеси определяется формулой:

$$G_{II} = C_{II} \cdot \rho_{II} \cdot V \text{ кг,}$$

где C_{II} - объемная концентрация паров нефтепродукта, объемные доли;

ρ_{II} - плотность паров нефтепродукта, кг/м³; V - объем паровоздушного пространства, м³.

Из уравнения состояния идеального газа получим значение плотности паров нефтепродукта:

$$\rho_{II} = \frac{P}{T} \cdot \frac{M_{II}}{R},$$

где P - давление в паровоздушном пространстве резервуара, Па; T - температура паровоздушного пространства, К; M_{II} - молярная масса паров нефтепродукта, г/моль; R - универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

Тогда масса испарившегося нефтепродукта может быть определена из соотношения:

$$G_{II} = C_{II} \cdot \frac{P}{T} \cdot \frac{M_{II}}{R} \cdot V,$$

Всякое выталкивание паровоздушной смеси из газового пространства сопровождается формированием паровоздушного облака, способного при определенных условиях воспламениться или взрываться.

Основными причинами испарения нефтепродуктов в резервуарных парках являются:

• *Вентиляция парового пространства.* Если в крыше резервуара имеются два отверстия, расположенные на разных высотах (H), то более тяжелые бензиновые пары будут выходить через нижнее отверстие, а через верхнее отверстие будет проникать атмосферный воздух. В результате устанавливается естественная циркуляция воздуха и паров в резервуаре, при этом образуется так называемый газовый сифон. Объемный расход паров определяется с помощью уравнения:

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P}{\rho_c}},$$

где Q - объемный расход паровоздушной смеси, м³/с; F - площадь отверстия истечения паров, м²; P - давление, под которым происходит истечение, Па; ρ_c - плотность паровоздушной смеси, кг/м³.

Давление P равно разности весов столбов высотой H паровоздушной смеси и воздуха:

$$P = H \cdot (\rho_c - \rho_B) \cdot g, \text{ Па,}$$

где H - разность высот вентиляционных отверстий, м; ρ_B - плотность воздуха, кг/м³; g - ускорение силы тяжести, м/с².

Утечки от вентиляции могут происходить через открытые люки резервуаров или транспортных цистерн, что определяет необходимость их тщательной герметизации.

• *Утечка при так называемом "большом дыхании"* резервуара или от вытеснения паров нефтепродуктов из парового пространства емкости при ее заполнении.

Нефтепродукт, поступая в герметизированный резервуар, сжимает паровоздушную смесь до давления, на которое отрегулирована аппаратура. Как только давление станет равным установленному давлению срабатывания дыхательного клапана, из резервуара будут выходить пары нефтепродукта, начнется "большое дыхание" ("выдох") резервуара. Чем больше давление, на которое отрегулирован дыхательный клапан, тем позднее начнется "большое дыхание".

При откачке нефтепродукта из резервуара происходит обратное явление: как только вакуум в паровом пространстве резервуара станет равен вакууму, на который установлен дыхательный клапан, в паровое пространство начнет поступать атмосферный воздух, произойдет "вдох" резервуара.

• *Утечка паров нефтепродуктов вследствие "обратного выдоха"* резервуара. Вошедший в резервуар воздух начнет насыщаться парами нефтепродукта, что приведет к возрастанию массы паров, повышению давления смеси и через некоторое время из резервуара может начаться выход паровоздушной смеси или так называемый "обратный выдох".

• *Утечка паровоздушной смеси вследствие "малого дыхания"* резервуара происходит по одной из следующих причин:

- из-за повышения температуры парового пространства в дневное время, когда стенки резервуара и поверхность нефтепродукта нагреваются за счет солнечной радиации. Паровоздушная смесь стремится расшириться. С поверхности нефтепродукта испаряются наиболее легкие фракции. Концентрация паров нефтепродукта в паровом пространстве повышается, давление растет. Когда избыточное давление в резервуаре станет равным давлению, на которое отрегулирован дыхательный клапан, он открывается и из резервуара начинает выходить паровоздушная смесь - происходит "вдох" резервуара.

- из-за снижения атмосферного давления. При этом разность давлений в газовом пространстве и атмосферного может превысить перепад давлений, на который установлен дыхательный клапан, он откроется и произойдет "выдох" ("барометрические малые дыхания"). При повышении атмосферного давления может произойти "вдох" резервуара.

Испарение с открытой поверхностью в атмосферу [10].

В сосуде с открытой поверхностью (рис. 6.9.1) испаряющейся жидкости концентрация пара в вертикальном направлении изменяется по кривой от значения насыщенной концентрации C_s у поверхности жидкости до нуля на определенном расстоянии от нее.

В дальнейшем принято допущение, что рассеивание паров жидкости за пределы вертикального столба над поверхностью резервуара отсутствует.

Кривая изменения концентрации паров имеет вид:

$$C(y) = a \cdot y^n + b \quad (6.9.1)$$

где a , b – константы; y – координата точки, в которой определяется концентрация паров жидкости; $C(y)$ – концентрация пара в рассматриваемой точке y .

Константы a и b могут быть определены из граничных условий:

при $y=0$, в точке с нулевым значением концентрации, $C(0) = 0$, следовательно $b=0$,

при $y = x$, непосредственно у поверхности жидкости, $C(y) = C_s$, следовательно:

$C_s = a \cdot x^n$; $a = \frac{C_s}{x^n}$, где C_s – концентрация насыщенных паров рассматриваемой жидкости.

Подставив значения констант в (6.9.1), получим:

$$C(y) = \frac{C_s}{x^n} \cdot y^n = C_s \cdot \left(\frac{y}{x}\right)^n, \quad (6.9.2).$$

Средняя концентрация паров C_{cp} будет равна:

$$C_{cp} = \frac{\int C(y) \cdot dv}{\int dv} = \frac{\int_0^{y=x} C_s \cdot \left(\frac{y}{x}\right)^n \cdot F \cdot dy}{\int_0^{y=x} F \cdot dy} = \frac{C_s \cdot x^{n+1}}{(n+1) \cdot x^{n+1}} = \frac{C_s}{n+1} \quad (6.9.3).$$

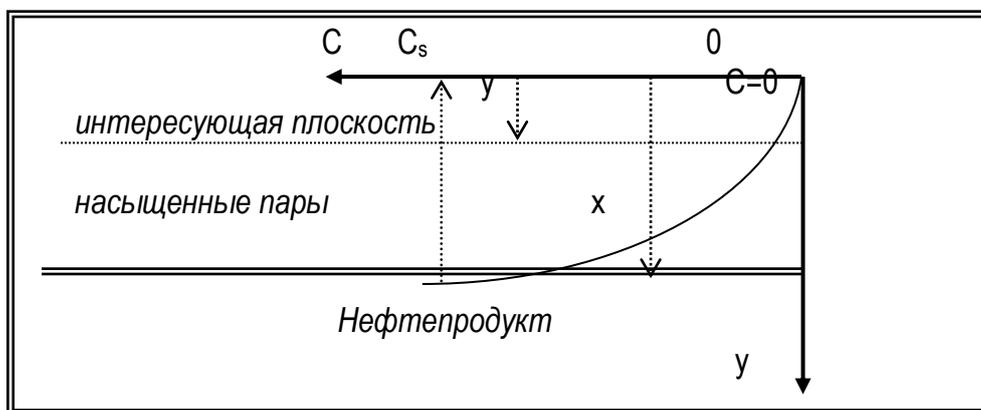


Рис. 6.9.1. Координатная система определения концентрации паров испаряющейся жидкости.

Таким образом, при известном расстоянии x и известном показателе степени n , можно определить как среднюю концентрацию, так и концентрацию пара нефтепродукта в любой точке по высоте над испаряющейся жидкостью.

Естественно, что расстояние x изменяется для каждого продукта в зависимости от длительности испарения и температуры. Чтобы связать концентрацию паров $C(y,t)$ с расстоянием x и временем испарения t , составим дифференциальное уравнение материального баланса, в предположении, что все пары нефтепродукта находятся в вертикальном объеме столба воздуха площадью F , равной площади испарения (сосуда) [95]:

$$dG_H = dG_A \quad (6.9.4),$$

где G_H – масса испарившейся жидкости, G_A – масса паров, находящихся (аккумулированных) в воздухе.

Массу испаряющейся со свободной поверхности жидкости можно определить на основании закона Фика с учетом поправки Стефана на конвективную диффузию:

$$dG_H = D \cdot \left(\frac{1}{1-C(y,t)}\right) \cdot \frac{\partial C(y,t)}{\partial y} \cdot \rho_H \cdot F \cdot dt \quad (6.9.5),$$

где D - коэффициент диффузии паров нефтепродукта в воздухе с поправкой на температуру,

$\frac{\partial C(y,t)}{\partial y}$ - градиент концентрации паров по вертикали (частная

производная по координате y), ρ_{II} - плотность паров нефтепродукта.

Значение градиента концентрации можно получить, если продифференцировать уравнение (6.9.2):

$$\frac{\partial C(y,t)}{\partial y} = \left[C_S \cdot \left(\frac{y}{x} \right)^n \right]' = n \cdot \frac{C_S}{x^n} y^{n-1} \quad (6.9.6).$$

Непосредственно на поверхности жидкости (при $y = x$) это уравнение принимает вид:

$$\frac{\partial C(y,t)}{\partial y} = n \cdot \frac{C_S}{x^n} \cdot x^{n-1} = n \cdot \frac{C_S}{x} \quad (6.9.7).$$

После подстановки (6.9.7) в (6.9.5) получим:

$$dG_{II} = D \cdot \left(\frac{1}{1-C_S} \right) \cdot n \cdot \frac{C_S}{x} \cdot \rho_{II} \cdot F \cdot dt \quad (6.9.8)$$

Масса G_A паров жидкости, находящихся в воздухе, может быть вычислена с учетом предположения, что при изменении времени на dt будет изменяться только высота зоны распространения паров на величину dx .

Тогда, с учетом (6.9.3), получим:

$$dG_A = dV_x \cdot C_{CP} \cdot \rho_{II} = F \cdot dx \cdot C_{CP} \cdot \rho_{II} = \frac{C_S}{n+1} \cdot \rho_{II} \cdot F \cdot dx \quad (6.9.9)$$

где V_x - объем, занимаемый парами нефтепродукта.

Подставив (6.9.9) и (6.9.8) в уравнение (6.9.4) и проинтегрировав его в предположении, что при изменении времени от 0 до t высота зоны паров меняется от 0 до x , получим:

$$D \cdot \left(\frac{1}{1-C_S} \right) \cdot n \cdot \frac{C_S}{x} \cdot \rho_{II} \cdot F \cdot dt = \left(\frac{C_S}{n+1} \right) \cdot \rho_{II} \cdot F \cdot dx \quad (6.9.10)$$

$$D \cdot n \cdot (n+1) \cdot \int_0^t d\tau = (1-C_S) \cdot \int_0^x \chi \cdot d\chi \quad (6.9.11)$$

$$D \cdot n \cdot (n+1) \cdot t = (1-C_S) \cdot \frac{x^2}{2} \quad (6.9.12)$$

Разрешив уравнение (6.9.12) относительно x , найдем расстояние от поверхности жидкости до плоскости, где концентрация паров испаряющегося нефтепродукта будет равна нулю:

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot n \cdot (n+1) \cdot t}{1-C_S}} \quad (6.9.13)$$

Подставив найденное значение x в выражение (6.9.2), получим уравнение для определения концентрации пара в любой плоскости над поверхностью жидкости в зависимости от продолжительности испарения:

$$C(y,t) = C_s \cdot \left[y \cdot \sqrt{\frac{1 - C_s}{2 \cdot D \cdot n \cdot (n + 1) \cdot t}} \right]^n \quad (6.9.14).$$

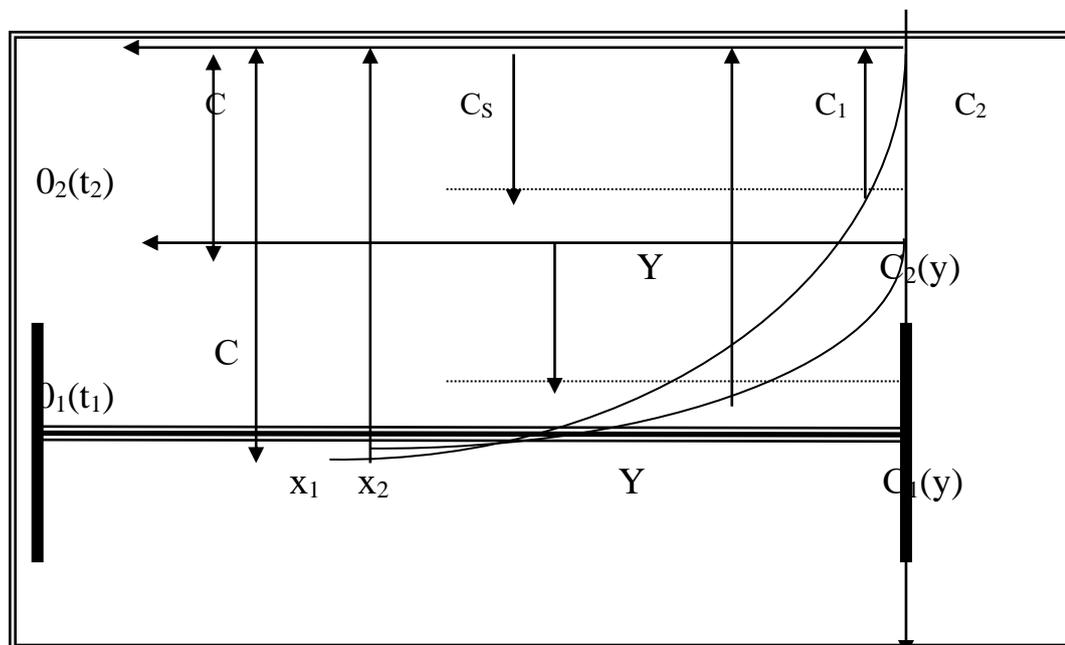


Рис. 6.9.2. Изменение процесса испарения во времени, связанное со смещением начала координат функции изменения концентрации паров по высоте столба паровоздушной смеси в разные моменты времени ($t_2 > t_1$).

При исследовании испаряемости нефтепродуктов установлено, что показатель степени n кривой изменения концентрации паров при испарении в условиях молекулярной диффузии колеблется около значения 2.

Тогда из уравнения (6.9.13):

$$x = \sqrt{\frac{12 \cdot D \cdot t}{1 - C_s}} \quad (6.9.15).$$

Аналогично, из уравнения (6.9.14), имеем:

$$C(y,t) = C_s \cdot y^2 \cdot \frac{(1 - C_s)}{12 \cdot D \cdot t} \quad (6.9.16),$$

где y - интересующее расстояние над поверхностью испаряющейся жидкости, м; x - расстояние от поверхности нефтепродукта по вертикали до плоскости, где концентрация паров равна нулю, м; D - коэффициент диффузии с поправкой на температуру, m^2/c ; C_s - концентрация насыщенных паров при данной температуре нефтепродукта, объемн. доли.

Чтобы определить высоту зоны взрывоопасности над поверхностью испаряющегося нефтепродукта x_0 , достаточно, задать длительность испарения и принять опасную концентрацию в виде:

$$C_0 = k \cdot C_{НПВ} \quad (6.9.17),$$

где C_0 - опасная концентрация паров, объемн. доли; $k < 1$ - коэффициент безопасности, учитывающий возможные методические неточности и неточности исходных данных.

Определяя значение y из (5.7.6), получим:

$$x_0 = x - y = \sqrt{\frac{12 \cdot D \cdot t}{1 - C_s}} \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{k \cdot C_{\text{НПВ}}}{C_s}} \right) \quad (6.9.18)$$

Массу нефтепродукта, находящегося в неподвижном воздухе высотой x за любой промежуток времени можно определить, подставив найденное значение x из (6.9.15) в формулу (6.9.9):

$$G_{\text{И}} = \frac{C_s}{3} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot D \cdot t}{1 - C_s}} \cdot \rho_{\text{П}} \cdot F = 2 \cdot C_s \cdot \rho_{\text{П}} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{D \cdot t}{3 \cdot (1 - C_s)}} \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right) \quad (6.9.19),$$

где $G_{\text{И}}$ - масса нефтепродукта, находящегося при нормальном давлении и температуре T в зоне испарения высотой x ;

$$\rho_{\text{П}} = \frac{M_{\text{П}}}{V_A} - \text{плотность паров нефтепродукта, кг/м}^3, \text{ вычисленная для}$$

нормального атмосферного давления при температуре 0°C (273.15 К); $M_{\text{П}} \cdot 10^{-3}$ - молярная масса нефтепродукта, кг/моль; T - температура среды, К; $T_0 = 237.16$ К; $V_A = 22.4 \cdot 10^{-3}$ м³/моль - объем, занимаемый одним молем идеального газа при нормальном давлении и температуре .

6.10. Испарение нефтепродуктов в реальных метеоусловиях.

Молекулярная диффузия нефтепродуктов в неподвижный воздух протекает весьма медленно. Значительно быстрее протекает процесс диффузии паров в движущийся над поверхностью испарения воздух.

При конвективной диффузии масса переходит из одной фазы в другую не только вследствие молекулярного движения, но и в результате движения воздуха, а также более интенсивного теплообмена. За счет этих явлений, естественно, увеличивается масса испаряющихся нефтепродуктов.

Характер изменения концентрации паров по высоте от поверхности испарения нефтепродукта при наличии ветра резко отличается от закономерности изменения концентрации при испарении в неподвижный воздух. При конвективной диффузии над поверхностью нефтепродукта образуется небольшой толщины пограничный слой с насыщенной концентрацией паров. Затем (по высоте) происходит резкий перепад концентрации и в выше расположенных слоях вследствие перемешивания воздуха с паром концентрация будет практически одинаковой для всех слоев (рис. 6.10.1).

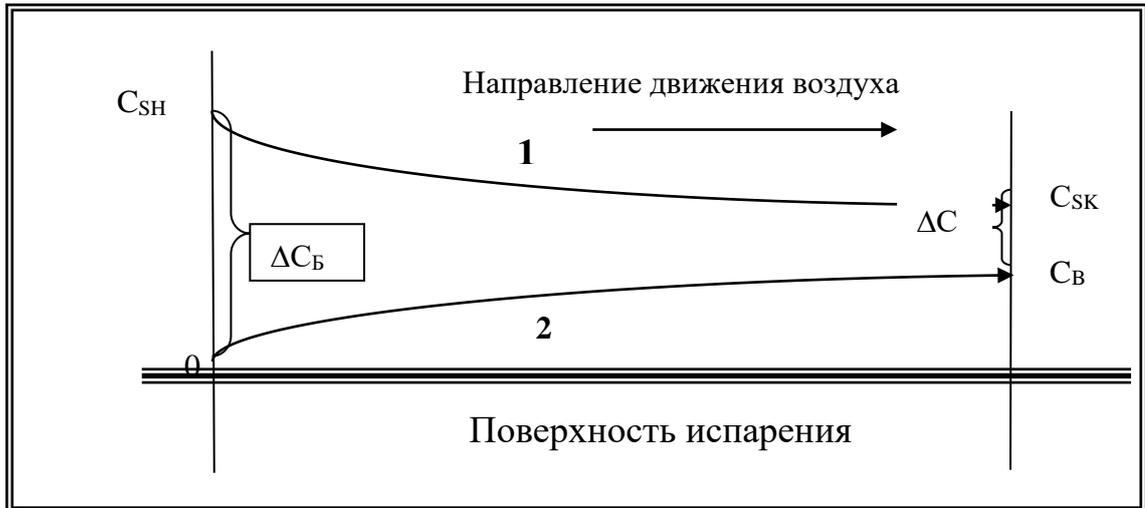


Рис. 6.10.1. Изменение концентрации паров в пограничном слое нефтепродукта, испаряющегося в движущемся воздухе.

Скорость процессов массопередачи пропорциональна движущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению среды. В рассматриваемом примере скорость испарения нефтепродукта (масса $G_{и}$ испарившегося с площади F за время t продукта) в движущийся воздух будет пропорциональна движущей силе процесса испарения ΔC_x и обратно пропорциональна сопротивлению R_x :

$$\frac{dG_{и}}{F \cdot dt} = \frac{\Delta C_x}{R_x} \quad (6.10.1),$$

откуда

$$dG_{исп} = \frac{1}{R_x} \cdot F \cdot \Delta C_x \cdot dt \quad (6.10.2).$$

Величину, обратную сопротивлению, называют коэффициентом массопередачи и обозначают K_x . Тогда, после введения этого обозначения и после интегрирования (6.10.2), получим с учетом начальных условий (равенство нулю массы испарившегося нефтепродукта в начальный (нулевой) момент времени:

$$G_{и} = K_x \cdot F \cdot \Delta C_x \cdot t \quad (6.10.3),$$

где ΔC_x - средняя движущая сила массопередачи,
 K_x - коэффициент массопередачи, кг/м²·ч.

Уравнение (6.10.3) имеет много общего с соответствующим уравнением теплопередачи и коэффициент массопередачи также как коэффициент теплообмена может быть определен полуэмпирическим методом.

Известно, что при переносе тепла конвекцией от нагретой поверхности в среду коэффициент теплообмена находят, исходя из величины критерия Нуссельта Nu :

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (6.10.4),$$

где Re - критерий Рейнольдса, Pr - критерий Прандтля, Gr - критерий Грасгофа.

При испарении нефтепродуктов коэффициент массопередачи может быть также определен, исходя из функциональной зависимости критерия Рейнольдса (Re) и диффузионных критериев Нуссельта, Прандтля (Pr) и Гухмана (Gu):

$$Nu = \varphi(Re, Pr, Gu) \quad (6.10.5),$$

где знак \wedge указывает на диффузионный характер соответствующего критерия.

Формулы определения значений критериев подобия диффузионных процессов приведены в табл. 6.10.2. В той же таблице для сравнения приведены критерии передачи тепла конвекцией.

Таблица 6.10.2.

Критерии подобия.

Критерий	Вид критерия в процессе		Физический смысл диффузионного критерия
	Тепловом	Диффузионном	
Рейнольдса	$Re = \frac{V_B \cdot l}{\mu}$	$Re = \frac{V_B \cdot l}{\mu}$	Характеризует режим движения среды
Нуссельта	$Nu = \frac{dl}{\lambda}$	$Nu = \frac{K_x \cdot l}{\rho_{п} \cdot g \cdot D}$	Характеризует процесс массопередачи у поверхности раздела фаз.
Прандтля	$Pr = \frac{3600 \cdot \eta \cdot g \cdot c}{\lambda}$	$Pr = \frac{\mu}{D}$	Характеризует физические свойства среды
Гухмана	-	$Gu = \frac{r \cdot K_x \cdot l}{\alpha \cdot t}$	Характеризует процесс тепло - массообмена при испарении.

Для величин, входящих в табл. 6.10.2 приняты следующие обозначения:

D - коэффициент диффузии с поправкой на температуру, м²/с;

μ - кинематический коэффициент вязкости воздуха при данной температуре, м²/с;

η - динамический коэффициент вязкости воздуха, кг·с/м²;

g - ускорение силы тяжести, м/с²; r - теплота испарения, ккал/кг;

α - коэффициент теплообмена от нефтепродукта к воздуху, ккал/м²·ч·град; V_B - скорость движения воздуха, м/с;

$\rho_{п}$ - плотность паров испаряющегося нефтепродукта, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град) или (ккал/(м·с·град));

c - коэффициент теплоемкости, м/с²;

l - длина поверхности испарения по направлению движения воздуха, м.

Обработка результатов экспериментального исследования процессов испарения нефтепродуктов дала возможность получить следующую зависимость, которая может быть использована для определения коэффициента массопередачи K_x [90]:

$$Nu_{Г} = A \cdot Re_{Г}^n \cdot (Pr)_{Г}^{0.33} \cdot Gu^{0.135} \quad (6.10.6),$$

где индекс "Г" свидетельствует о том, что значение данного критерия необходимо брать для газовой фазы.

Величины A и n уравнения (6.10.6) зависят от числа Рейнольдса и приведены в табл. 6.10.3. [95, 107].

Таблица 6.10.3.

Значения констант уравнения (6.10.6).

Re	1...200	200....6000	6000...70 000
A	0.9	0.87	0.347
n	0.5	0.54	0.65

Движущая сила массопереноса ΔC_X , входящая в уравнение (6.10.3), представляет собой среднюю логарифмическую разность концентрации ΔC_B в пограничном слое испаряющейся жидкости и ΔC_M - концентрации в движущемся воздухе (рис. 6.10.1):

$$\Delta C_X = \Delta C = \frac{\Delta C_B - \Delta C_M}{2.3 \cdot \lg\left(\frac{\Delta C_B}{\Delta C_M}\right)} \quad (6.10.7).$$

Так как по абсолютной величине значение концентраций всегда меньше единицы и тем более мало значение ΔC_B и ΔC_M , то среднее значение движущей силы массопереноса ΔC можно принять как среднее арифметическое между средней концентрацией в пограничном слое и в самой удаленной точке воздуха:

$$\Delta C = \frac{\frac{C_s}{3} + 0}{2} = \frac{C_s}{6} \quad (6.10.8)$$

или

$$\Delta C = \frac{P_s}{6 \cdot P_0} = \frac{C_s}{6} \quad (6.10.9),$$

где C_s - концентрация насыщенных паров при температуре испарения, объемн. доли; P_0 - атмосферное давление, Па; P_s - давление насыщенных паров при температуре испарения, Па.

Таким образом, определив из (6.10.6) величину коэффициента K_X и из формулы (6.10.9) движущую силу массопереноса ΔC_{CP} , можно найти по формуле (6.10.3) массу испарившегося нефтепродукта за любой промежуток времени.

Коэффициенты диффузии при данной температуре T и данном давлении P вычисляются по формуле:

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{P_0}{P}\right) \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^n \quad (6.10.10),$$

где D_0 - значение коэффициента диффузии при $T_0=273.15$ К и давлении $P_0=101.325$ кПа; P - действующее давление, кПа; T - температура, К; n - эмпирический показатель (справочная для данного нефтепродукта величина).

6.11. Упрощенные методы оценки концентрации паров, вытесненных в атмосферу нефтепродуктов при типичных условиях работы резервуаров их хранения [87-95].

Пусть в резервуаре с дыхательным устройством находится нефтепродукт. Объем V газового пространства в процессе эксплуатации резервуара меняется от V_1 до V_2 , соответственно могут изменяться: температура от T_1 до T_2 и давление от P_1 до P_2 . Концентрация паров при этом изменяется от C_1 до C_2 .

Массу вытесненных из резервуара паров можно определить, если рассчитать массу вытесненного воздуха и концентрацию паров нефтепродукта в нем.

Из уравнения состояния идеального газа в общем случае имеем:

$$P \cdot V \cdot C = G \cdot R_i \cdot T \quad (6.11.1)$$

или

$$G = \frac{P \cdot V}{R_i \cdot T} \cdot C \quad (6.11.2),$$

где P - давление в резервуаре, Па; V - объем резервуара, м³; T - температура, К; R_i - газовая постоянная i -го газа; C - концентрация газа, объемные доли.

Для перечисленных выше двух состояний резервуара получим массу газа в составе паровоздушной смеси, находящейся в резервуаре:

$$G_1 = \frac{P_1 \cdot V_1}{R_r \cdot T_1} \cdot C_1 \quad (6.11.3),$$

$$G_2 = \frac{P_2 \cdot V_2}{R_r \cdot T_2} \cdot C_2 \quad (6.11.4),$$

где R_r - газовая постоянная рассматриваемого газа, Дж/(г·моль)

Масса G вытесненного из резервуара нефтепродукта вследствие перехода от объема V_1 к объему V_2 может быть определена по формуле:

$$G = G_1 - G_2 = \left[\frac{V_1 \cdot P_1}{T_1} \cdot C_1 - \frac{V_2 \cdot P_2}{T_2} \cdot C_2 \right] \cdot \frac{M_H}{R} \quad (6.11.5),$$

где M_H - молярная масса нефтепродукта, г/моль; R - универсальная газовая постоянная, $R = 8.314$ Дж/(моль·К),

$$\frac{1}{R_r} = \frac{M_r}{R}, \quad M_r - \text{молярная масса паров или нефтепродукта;}$$

C_1, C_2 - концентрации паров нефтепродукта в паровоздушной смеси резервуара в первом и втором состоянии резервуара.

Вместе с воздухом из резервуара будут выходить пары нефтепродукта. Отношение объема воздуха к объему паров в паровоздушной смеси приближенно можно оценить и отношением их средних концентраций:

$$\frac{V_B}{V_{\Pi}} \approx \frac{(1 - C_{CP})}{C_{CP}} \quad (6.11.6),$$

где V_B, V_{Π} - объемы воздуха и паров нефтепродукта в вытесняемой из резервуара газовой смеси, C_{CP} - средняя концентрация паров нефтепродукта в вытесненной паровоздушной смеси.

Учитывая, что масса паров и газов в одинаковом пространстве пропорциональна их молекулярным массам, получим отношение массы воздуха и паров нефтепродукта в вытесненной паровоздушной смеси:

$$\frac{G_B}{G_{\Pi}} = \frac{V_B \cdot \rho_B}{V_{\Pi} \cdot \rho_{\Pi}} = \frac{(1 - C_{CP})}{C_{CP}} \cdot \frac{M_B}{M_{\Pi}} \quad (6.11.7),$$

где M_B, M_{Π} - молярные массы воздуха и нефтепродукта соответственно; ρ_B, ρ_{Π} - плотности воздуха и паров нефтепродукта;

G_B, G_{Π} - массы вытесненного воздуха и паров нефтепродукта.

Откуда:

$$G_{\Pi} = G_B \cdot \left(\frac{C_{CP}}{1 - C_{CP}} \right) \cdot \frac{M_{\Pi}}{M_B} \quad (6.11.8).$$

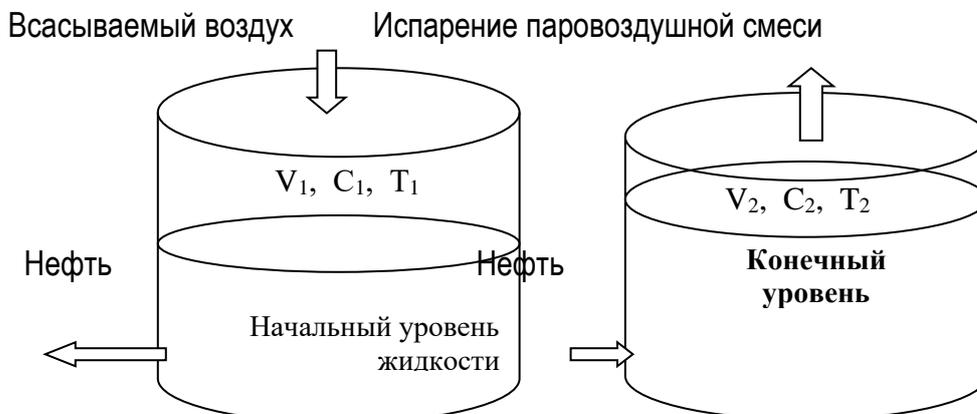


Рис. 6.11.1. Изменения в состоянии парового пространства резервуара.

Окончательно получаем приближенную формулу:

$$G = \left[V_1 \cdot C_1 \cdot \frac{P_1}{T_1} - V_2 \cdot C_2 \cdot \frac{P_2}{T_2} \right] \cdot \frac{M_H}{R} \quad (6.11.9)$$

где $R = 8.314$ Дж/(моль·К) - универсальная газовая постоянная.

Объемные концентрации паров могут быть выражены через парциальные давления:

$$C_i = \frac{P_i}{P_{ri}}, \quad \text{где } P_i - \text{парциальное давление паров нефтепродукта; } P_{ri} -$$

абсолютное давление в паровоздушном пространстве.

Непосредственно после "вдоха" резервуара:

$$P_{r1} = P_A - P_{KB}$$

при "выдохе" резервуара:

$$P_{r2} = P_A + P_{KD}$$

где P_A - атмосферное давление; P_{KB} - нагрузка (установка) резервуарного клапана вакуума; P_{KD} - нагрузка (установка) резервуарного клапана давления.

Таким образом, заменив концентрации в (6.11.9) давлениями и принимая среднее давление P в виде:

$$P \approx \frac{P_1 + P_2}{2}, \text{ с учетом соотношения между удельной газовой постоянной и}$$

универсальной газовой постоянной: $R_{\Pi} = \frac{R}{M_{\Pi}}$ получим окончательно:

$$G_{\Pi} \approx \left[(P_A - P_{KB} - P_1) \cdot \frac{V_1}{T_1} - (P_A + P_{KD} - P_2) \cdot \frac{V_2}{T_2} \right] \cdot \frac{P \cdot M_{\Pi}}{(P_{r2} - P) \cdot R}$$

Можно заметить идентичность полученного выражения с (6.11.9).

Рассмотрим так называемое «большое дыхание» резервуара. Пусть перед началом наполнения в резервуаре был объем жидкости V_1 , а в конце наполнения – V_2 . Наполнение, как правило, происходит при неменяющейся температуре $T_{раб}$ и постоянном давлении в резервуаре $P_{раб}$.

$$\text{Тогда: } P_1 \approx P_2 = P_{раб}; \quad T_1 \approx T_2 = T_{раб}; \quad C_1 = C_2 = C_s,$$

и уравнение (5.9.9) приводится к виду:

$$G \approx (V_1 - V_2) \cdot \frac{P_{раб}}{T_{раб}} \cdot C_s(t_{раб}) \cdot \frac{M_H}{R} \quad (6.11.10)$$

Последнее выражение может быть уточнено за счет введения вставок вакуумного клапана и клапана давления дыхательного устройства резервуара:

$$G \approx \left[(V_2 - V_1) \cdot \frac{(P_{КД} + P_{КВ})}{(P_A + P_{КД} - P_{раб})} \right] \cdot \frac{P_{раб} \cdot M_H}{T_{раб} \cdot R} \quad (6.11.11)$$

Рассмотрим «малое дыхание» резервуара.

В процессе хранения или транспортировки нефтепродуктов при изменении температуры окружающей среды, т.е. и температуры в резервуаре, уровень нефтепродукта в емкости (занимаемый объем) считается неизменным. Рабочее давление в резервуаре также считается постоянным, поскольку избыток воздушной смеси выходит в воздух.

В этом случае уравнение (6.11.9) принимает вид:

$$G_{II} = V \cdot P_{раб} \cdot \left(\frac{C_1}{T_1} - \frac{C_2}{T_2} \right) \cdot \frac{M_H}{R} \quad (6.11.12)$$

С учетом установок клапанов вакуума и давления дыхательного устройства резервуара выражение (6.11.12) по аналогии с (6.11.11) принимает вид:

$$G_{II} = V \cdot \left[\frac{P_A - P_{КВ} - P_1}{T_1} - \frac{P_A + P_{КД} - P_2}{T_2} \right] \cdot \frac{P}{(P_{r2} - P)} \cdot \frac{M_{II}}{R} \quad (6.11.13)$$

$$\text{где} \quad P_{r2} = P_A + P_{КД} \quad (6.11.14)$$

6.12. Пожар разлития нефтепродуктов и пожар в резервуарах.

Интенсивность теплового облучения $q(r)$ мишени при пожаре разлития нефтепродуктов на расстоянии r от центра пожара вычисляется по формуле:

$$q(r) = E \cdot F_{\Sigma}(r) \cdot T_p(r) \quad (6.12.1)$$

где E - среднеповерхностная интенсивность излучения пламени, кВт/м²;

$F_{\Sigma}(r)$ - угловой коэффициент облученности мишени;

$T_p(r)$ - коэффициент теплопроводности воздуха,

r - расстояние от геометрического центра пламени до мишени, м.

Эффективный диаметр горящего пролития нефтепродуктов определяется как диаметр горячей лужи, приведенной по форме к кругу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (6.12.2),$$

где S - площадь разлившегося нефтепродукта, m^2 .

Высота пламени H (м) определяется через удельную массовую скорость V_M ($kg/m^2 \cdot c$) выгорания нефтепродукта, плотность воздуха ρ_B (kg/m^3) и эффективный диаметр разлития d (м):

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{V_M}{\rho_B \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0.61} \quad (6.12.3)$$

Коэффициент теплопередачи воздуха T_p вычисляется по одной из приведенных ниже формул:

$$T_p = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0.5 \cdot d)], \text{ без учета влажности воздуха} \quad (6.12.4)$$

$$T_p = 1.00 - 0.12 \cdot \ln(r), \text{ при относительной влажности до 20\%} \quad (6.12.5)$$

$$T_p = 0.96 - 0.12 \cdot \ln(r), \text{ при относительной влажности от 20\% до 50\%} \quad (6.12.6)$$

$$T_p = 0.92 - 0.12 \cdot \ln(r), \text{ при относительной влажности 50\%...100\%} \quad (6.12.7)$$

где r - расстояние от геометрического центра пролива нефтепродукта до мишени, м.

Видовой коэффициент F_Σ , являющийся геометрической характеристикой теплообмена излучением системы тел в непоглощающей среде, в общем случае определяется уравнением:

$$F_\Sigma = \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos \beta_2}{\pi \cdot r^2} dF_2 \quad (6.12.8),$$

где r - расстояние между центрами элементарных площадок dF_1 , dF_2 облучающего и облучаемого тел, F_1 , F_2 - площади облучаемого и облучающего тел системы, β_1 и β_2 - соответствующие углы между нормалью к одной площадке и направлением на другую.

Достаточно корректным является решение задачи определения углового коэффициента F_Σ через факторы облученности в вертикальной и горизонтальной плоскостях [6]:

$$F_\Sigma = \sqrt{F_V^2 + F_h^2} \quad (6.12.9),$$

где F_V , F_h - факторы облученности в вертикальной и горизонтальной плоскости соответственно.

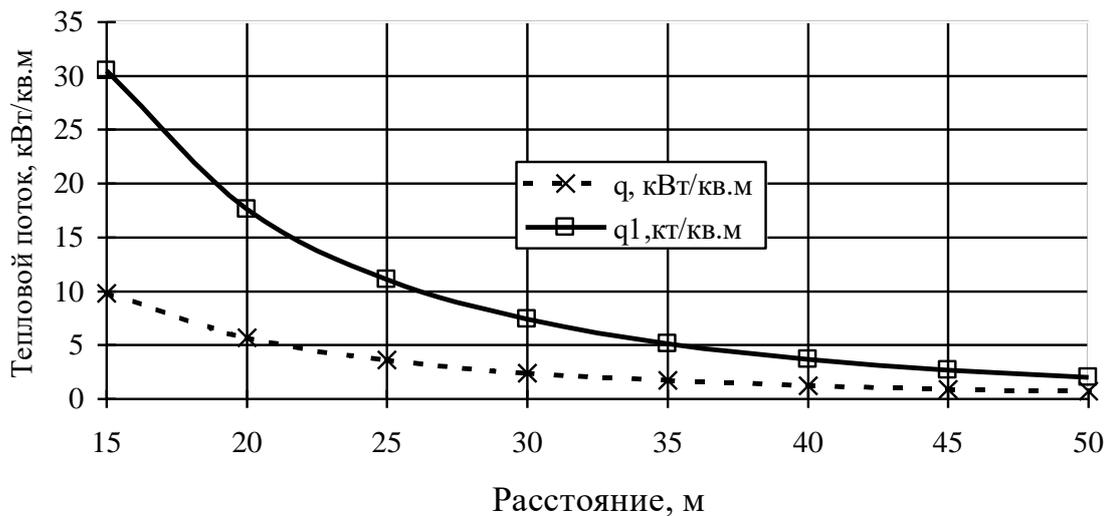


Рис. 6.12.1. Изменение интенсивности теплового облучения при горении бензина на площади 314 м², при скорости выгорания 70·10⁻³ кг/м²·с, для случая учета (q) эффекта задымления (E = 42 кВт/м²) и без учета задымления (q1) пламени (E = 130 кВт/м²). Расчетная высота пламени при этом составила 29.3 м. Расчеты выполнены по программе Pognef.

$$F_v = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \frac{1}{S} \cdot \arctg\left(\frac{\hat{h}}{\sqrt{S^2 - 1}}\right) + \frac{\hat{h}}{S} \cdot \left[\arctg\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right] \right\}$$

$$F_h = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{\left(B - \frac{1}{S}\right)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}}\right) - \frac{A - \frac{1}{S}}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right] \quad (6.12.10),$$

$$A = \frac{\hat{h}^2 + S^2 + 1}{2 \cdot S}, \quad B = \frac{(1 + S^2)}{2 \cdot S}, \quad \hat{h} = \frac{2 \cdot H}{d}, \quad S = \frac{2 \cdot r}{d} \quad (6.12.11),$$

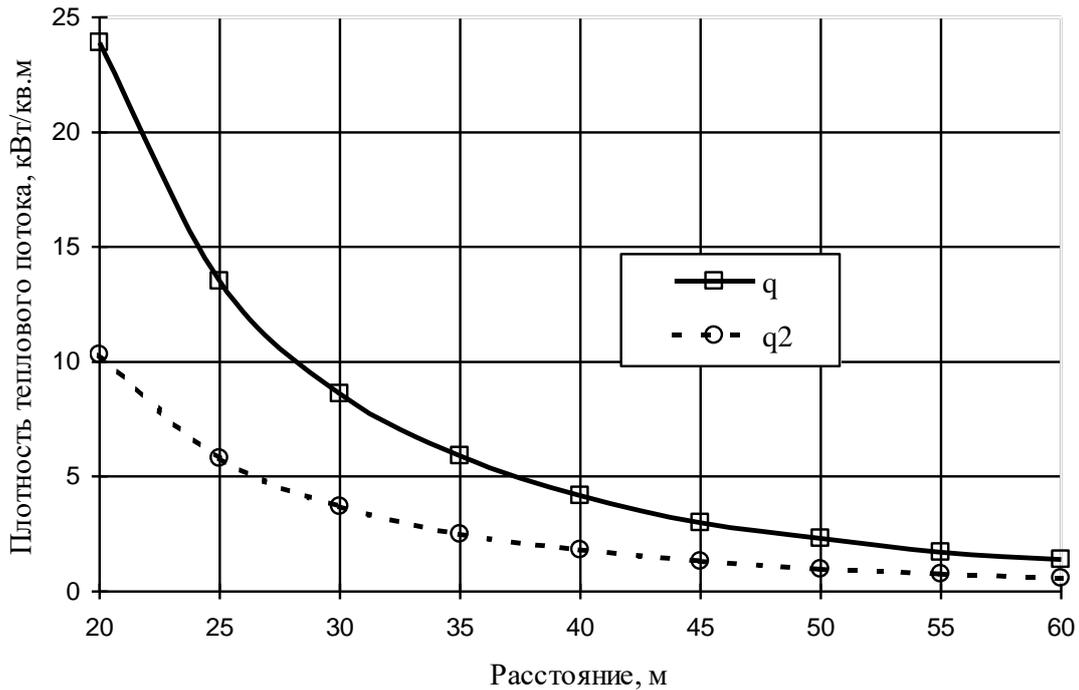


Рис. 6.12.2. Изменение интенсивности теплового потока при возгорании нефти на площади 1000 м² без учета задымления пламени (q) при $E=69$ кВт/м² и с учетом задымления (q2) при $E=29.8$ кВт/м². ($E=0.8 \cdot 20 + 0.2 \cdot 69=29.8$ кВт/м²).

Интенсивность теплового облучения q (плотность теплового потока), как один из основных параметров поражающего действия горящих нефтепродуктов в составе аргументов содержит интенсивность E теплового излучения пламени.

Определение интенсивности теплового излучения факела пламени является чрезвычайно сложной задачей. Вклад в мощность тепловой эмиссии пламени вносят как газообразные продукты сгорания (пары воды, окись и двуокись углерода), испускающие энергию на определенных длинах волн, так и частицы сажи, для которых характерно излучение во всем спектральном диапазоне.

В опытах с использованием узкоугольных и широкоугольных радиометров установлено, что часто используемые значения плотности излучения 110...130 кВт/м² представляют для бензина и керосина максимальные значения. В опытах с этими нефтепродуктами определено, что ярко светящиеся зоны с указанной интенсивностью и температурой 1150 К в среднем занимают лишь 20% площади поверхности пламени.

Остальную часть занимают затененные дымом и сажой зоны с плотностью излучения с поверхности пламени около 20 кВт/м² и средней температурой около 800 К.

При горении нефти или дизельного топлива температура пламени принимается равной 1050 К, а максимальное значение тепловой эмиссии яркой части пламени составляет примерно 80...100 кВт/м².

С учетом этих исследований среднее значение плотности поверхностного излучения пламени определяется соотношением:

$$E = 0.2 \cdot E_{я} + 0.8 \cdot E_{д} \quad (6.12.12)$$

где $E_{я}$, $E_{д}$ - интенсивность теплового излучения яркой и задымленной части пламени соответственно.

Например, при горении бензина или керосина $E_{я} = 130$ кВт/м²,
 $E_{д} = 20$ кВт/м², среднее по поверхности пламени значение интенсивности теплового излучения с учетом экранирующего эффекта задымления будет равно 42 кВт/м².

Результаты расчетов изменения падающего теплового потока с расстоянием при горении бензина с учетом и без учета экранирующего эффекта задымления пламени представлены на рис. 6.12.1, для горячей нефти - на рис. 6.12.2.

Для расчета поражающего действия теплового излучения при горении нефти или нефтепродуктов нормы НПБ 105-95 рекомендуют использование критических значений плотности падающего теплового потока, значения которых приведены в табл. 6.12.1 [49], [91].

Однако с этими рекомендациями трудно согласиться по следующим соображениям.

Количество тепла, *излучаемого в единицу времени* и воздействующего на ту или иную поверхность, пропорционально площади пламени, его температуре в четвертой степени и обратно пропорционально квадрату расстояния, на котором находится рассматриваемая поверхность.

Высота пламени при разливе нефтепродуктов и горючих жидкостей на твердых поверхностях, как правило, не превосходит 10...30 м. Длина пламени принимается равной диаметру лужи растекающегося нефтепродукта, определяемого по зависимостям, приведенным в разделе 5.6. Интегральное количество тепла, приходящегося на облучаемую мишень, кроме того, зависит от времени воздействия теплового потока.

Таблица 6.12.1.

Критические значения плотности падающего теплового потока, кВт/м²

Материалы	$q_{кр}$, кВт/м ²
Древесина (сосна, влажность 12%)	13.9
Древесина (стружечные плиты плотностью 417 кг/м ³)	8.3
Торф брикетный	13.2
Торф кусковой	9.8
Хлопок-волокно	7.5
Слоистый пластик	15.4
Стеклопластик	15.3
Пергамин	17.4
Резина	14.8
Уголь	35.0
Рулонная кровля	17.4
Сено, солома (влажность до 8%)	7.0
Кожа искусственная ТУ 17-21-488-84, ТУ 17-21-328-80	20.0
Линолеум ПВХ однослойный	10.0
Линолеум ПВХ марки ТТН-2, ТУ 21-29-5-69	12.0
ЛВЖ и ГЖ с температурой самовоспламенения до 300°С	12.1
ЛВЖ и ГЖ с температурой самовоспламенения до 350°С	15.5
ЛВЖ и ГЖ с температурой самовоспламенения до 400°С	19.9
ЛВЖ и ГЖ с температурой самовоспламенения 500°С и выше	28.0

Таблица 6.12.2.

Пороговые значения тепловых потоков и их зависимость от времени облучения для некоторых материалов.

Материал	Продолжительность облучения,		
	180 с	300 с	900 с
Древесина (сосна, 12% влажность, шероховатая)	20.9	17.5	12.9
Древесина, крашенная светлой масляной краской	26.5	23.2	17.5
Хлопок-волокно	11.2	9.7	7.4
Слоистый пластик	21.6	19.1	15.3
Стеклопластик	19.4	18.7	15.3
Пергамин	19.4	18.7	15.3
Жидкости с температурой кипения:			
до 520 К	26.1	21.6	16.8
520...570 К	34.9	26.0	20.9
570...620 К	35.6	31.4	24.4
620... 670 К и более	39.8	35.6	27.9

Одна из зависимостей порогового значения плотности теплового потока от времени облучения, приводящего к возгоранию некоторых материалов приведена в табл. 6.12.2 [90, 101,107].

Аппроксимация данных, приведенных в табл. 6.12.2, с точностью, достаточной для инженерных оценок, имеет следующий вид для $t \in [100 \text{ с}, 1000 \text{ с}]$.

Древесина шероховатая, влажность до 12% :

$$q = 21.7 - 0.01 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.13).$$

Древесина крашенная светлой масляной краской:

$$q = 27.7 - 0.0115 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.14).$$

Хлопок - волокно:

$$q = 11.65 - 0.0048 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.15).$$

Стеклопластик:

$$q = 20.41 - 0.00568 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.16).$$

Жидкости с температурой кипения до 520 К (большинство нефтепродуктов):

$$q = 26.71 - 0.0113 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.17).$$

Жидкости с температурой кипения 520...570 К:

$$q = 34.58 - 0.00159 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.18)$$

Жидкости с температурой кипения 570...620 К:

$$q = 37.05 - 0.0143 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.19).$$

Жидкости с температурой кипения 620...670 К и более:

$$q = 41.49 - 0.0153 \cdot t \text{ кВт} / \text{м}^2 \quad (6.12.20).$$

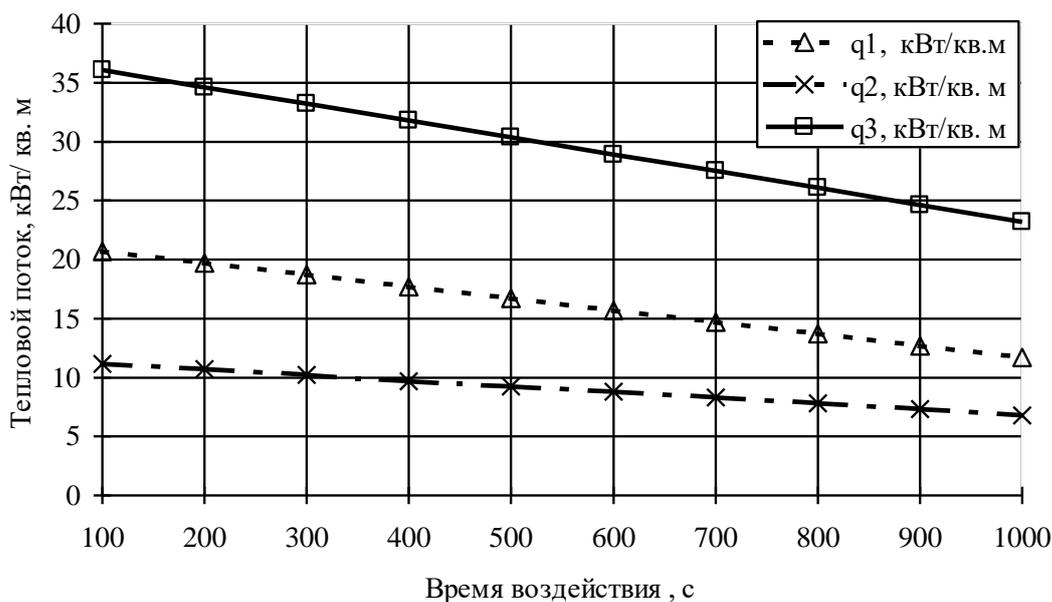


Рис. 6.12.3. Результаты расчетов зависимости интенсивности тепловых потоков, критических для возгорания некрашеной древесины (q_1 , формула (6.12.13)), хлопка-волокна (q_2 , формула (6.12.15)), бензина с температурой кипения 330°C (q_3 , формула (6.12.19)) от времени воздействия теплового потока.

Анализ приведенных выше данных о критических и пороговых значениях падающего теплового потока показывает, что критические значения следует воспринимать как минимальные значения плотности падающего теплового потока, начиная с которых возможно возгорание данного вещества при экспозиции (времени непрерывного воздействия), превышающей 15 мин. В случае облучения в течение времени менее 900 с (15 мин) значение плотности падающего теплового потока возрастает в обратно пропорциональной зависимости от времени. Кроме того, следует отметить, что интегральное значение тепловой энергии, передаваемой веществу для его воспламенения (как произведение времени экспозиции на плотность падающего теплового потока), не остается постоянной при различных тепловых потоках и различной экспозиции.

Следует также иметь в виду, что энергия, необходимая для воспламенения конкретного вещества зависит от его температуры и состояния атмосферы (давления, влажности и т.д.).

6.13. Поражение человека тепловой радиацией горящих нефтепродуктов.

Наиболее трудоемкой является задача определения поражающего действия теплового потока на человека вследствие расхождения в значениях опубликованных экспериментальных данных, разночтения в критериях и обилия различных методических подходов.

Поражающее действие тепловой радиации на человека при сгорании углеводородов вследствие их аварийных выбросов и дефлаграционных взрывов оцениваются по различным критериям, одним из которых является величина теплового потока $q(r)$.

Степень поражающего действия теплового облучения на человека можно определить по значению параметра J [2,89:-91]:

$$J = q(r)^{4/3} \cdot t \quad (6.13.1)$$

где $q(r)$ - падающий на тело человека тепловой поток, Вт/м²;

t - время теплового облучения, с,

r - расстояние между центром пламени и человеком, м.

Например, для фиксированного расстояния r при плотности теплового потока $q(r)=10\,000$ Вт/м² и времени облучения 15 с значение критерия J составит:

$$J = (10000)^{4/3} \cdot 15 = 215443.46 \cdot 15 = 3231652.03 \approx 3.23 \cdot 10^6 \text{ (Вт/м}^2)^{4/3} \cdot \text{с}$$

В некоторых нормативных документах, например [91-95], встречаются рекомендации по оценке степени поражения человека тепловым облучением с помощью так называемого индекса поражения:

$$J = 60 \cdot q(r)^{4/3} \quad (6.13.2),$$

где $q(r)$ - плотность теплового потока, Вт/м²·с.

Легко заметить, что выражение (6.13.2) представляет собой (6.13.1) за время воздействия теплового излучения в течение одной минуты.

Как правило, различают три степени поражения человека тепловой радиацией.

Первая степень соответствует ожогу кожи на глубину до 0.12 мм, вторая степень поражения соответствует ожогу кожи на глубину до 2 мм, третья степень поражения соответствует ожогу кожи на глубину более 2 мм.

Критические значения параметра J для различных степеней поражения человека [91-96,107] приведены в табл. 6.13.1. В той же таблице приведены соответствующие критические значения теплового потока q , кВт/м², рассчитанные для времени облучения 60 с.

Таблица 6.13.1.

Безопасные и поражающие значения параметра J , и соответствующие значения теплового потока q , при времени облучения человека 60 с.

1 степень поражения		2 степень поражения		3 степень поражения	
J безопасное	J поражающее	J безопасное	J поражающее	J безопасное	J поражающее
$1 \cdot 10^6$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с	$1 \cdot 10^7$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с	$0.3 \cdot 10^7$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с	$2.5 \cdot 10^7$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с	$0.7 \cdot 10^7$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с	$4 \cdot 10^7$ (Вт/м ²) ^{4/3} · с
q безопасное	q поражающее	q безопасное	q поражающее	q безопасное	q поражающее
1.47 кВт/м ²	8.2 кВт/м ²	3.3 кВт/м ²	16.4 кВт/м ²	6.3 кВт/м ²	23.3 кВт/м ²

Таким образом, полученное значение $J=3.23 \cdot 10^6$ (Вт/м²)^{4/3}·с показателя теплового воздействия немного превышает безопасное для поражения второй степени, но следует полагать, что при таких условиях облучения поражение первой степени неизбежно, второй и третьей - практически невозможно.

По другим источникам воздействие тепловой радиации на человека несколько иное и представлено в табл. 6.13.2.

Таблица 6.13.2.

Действие теплового излучения на человека.

q, кВт/м ²	Наблюдаемый эффект
0.67	Аналогичен действию солнечного излучения летом на широте Великобритании
1.4	Максимальное значение при неопределенно долгом воздействии на кожу.
6.4	Боль спустя 8 с после начала воздействия на кожу.
10.4	Боль спустя 3 с после воздействия на кожу.
16.0	Появление волдырей на коже спустя 5 с после начала воздействия.

Для сравнения изложенных выше подходов к оценке поражения человека тепловым излучением рассмотрим простой пример.

Пример 6.13.1.

Определить вероятность поражения человека при действии теплового потока $q = 20\,000 \text{ Вт/м}^2$ в течение времени от 10 до 60 с.

Решение.

Расчет вероятности поражения человека произведем на основе использования методики построения координатного закона поражения [16] для нормального закона распределения случайной величины, которой, естественно, является плотность падающего теплового потока.

Воспользуемся зависимостью (6.13.1) и получим результаты, представленные на рис. 6.13.2.

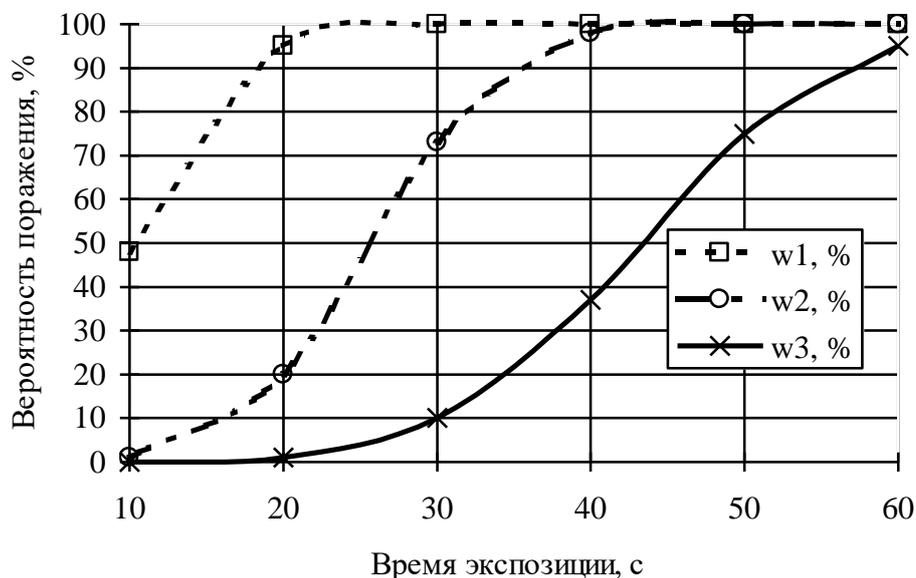


Рис. 6.13.2.

Решение примера 6.13.1.

Вероятность поражения человека тепловым облучением первой (w_1), второй (w_2) и третьей (w_3) степени при падающем на тело тепловом потоке $20\,000 \text{ Вт/м}^2$ по критериям, приведенным в табл. 6.13.1.

Значение индекса (6.13.2) при этом составит:

$$J = 60 \cdot (20)^{4/3} \cong 3.257 \cdot 10^7 \text{ (Вт/м}^2\text{)}^{4/3} \cdot \text{с,}$$

Наиболее корректным представляется решение задачи о поражающем действии тепловой радиации на человека с использованием критериев интегральной величины тепла, полученного телом человека за время облучения.

В работе [2, 97] приведены критерии поражения человека тепловым облучением, представленные в табл. 6.13.3, при этом интегральный показатель $\hat{Q}(t, r)$ рассчитывается как произведение плотности теплового потока на конкретное время облучения, т.е. рассчитывается удельная (приведенная к 1 м²) тепловая энергия, полученная телом человека за время облучения:

$\hat{Q}(t, r) = q(r) \cdot t$ (6.13.3), где $\hat{Q}(t, r)$ - тепловая энергия, приходящаяся на единицу площади тела человека за время t на расстоянии r от центра пожара, кДж/м²; $q(r)$ - плотность падающего теплового потока на расстоянии r от центра пожара, кВт/м²; t - время облучения, с.

Таблица 6.13.3.

Интегральные критерии поражения человека тепловым облучением.

Степень ожога	\hat{Q} , кДж/м ²	Характер поражения и последствия	
Первая	80...500	Покраснение и припухлость кожи. Ожоги быстро заживают.	Работоспособность не теряется.
Вторая	200...1000	Образование пузырей, наполненных жидкостью. Требуется лечение.	Потеря работоспособности. Санитарные потери.
Третья	400...1400	Полное разрушение кожного покрова, образование язв. Требуется госпитализация.	Длительная потеря работоспособности. Санитарные потери.
Четвертая	Более 1400	Омертвление кожной клетчатки, мышц и костей, обугливание. Обязательная госпитализация.	Возможен летальный исход. Безвозвратные потери.

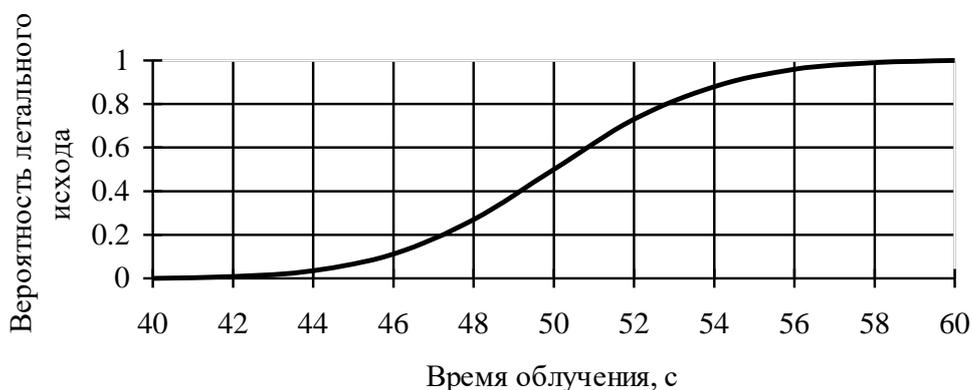


Рис. 6.13.3. Изменение вероятности летального исхода при облучении тела человека тепловым потоком 10 кВт/м² при различной экспозиции. Безопасное значение интегрального показателя выбрано равным 400 кДж/м², поражающее - 600 кДж/м².

Подводя итог изложенному, можно заключить, что наиболее приемлемой остается вероятностная оценка результатов воздействия теплового излучения на человека при горении нефтепродуктов. При этом основным физическим параметром является показатель количества тепла, воспринятого телом человека.

Алгоритм комплексной оценки последствий пожара разлития или резервуара хранения нефтепродуктов сводится к следующему.

Пожар разлития нефтепродуктов.

1. По методике, изложенной в п. 6.8, рассчитывается радиус растекания на заданный момент времени.

2. Определяется мощность тепловой эмиссии пламени горящего нефтепродукта с учетом задымления.

3. Для заданного расстояния рассчитывается плотность теплового потока, действующего на рассматриваемый объект.

4. По данным о времени облучения, безопасным и поражающим значениям плотности теплового потока определяются математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, нормированное отклонение действующего теплового потока.

5. По методике [98] вычисляется вероятность поражения рассматриваемого объекта в заданных условиях теплового воздействия.

При решении задачи о воздействии пожара в резервуарах хранения нефтепродуктов алгоритм отличается от изложенного выше только в части определения мощности тепловой эмиссии пламени и учета влияния на эту величину диаметра резервуара.

6.14. Оценка риска аварийных ситуаций с нефтью и нефтепродуктами.

Особенность аварий с нефтью, нефтепродуктами, нефтяными и природными газами состоит в том, что при этом может происходить одновременное воздействие на воздух, воду, почву, а также на людей и объекты экономики различных поражающих факторов.

Рассмотренные в предыдущих разделах материалы позволяют рассчитать вероятность поражения различных объектов в различных ситуациях при воздействии на них одного поражающего фактора.

К сожалению, нет инженерных методик оценки степени поражения объектов при комплексном воздействии различных по своей природе поражающих факторов, что определяет необходимость использования вероятностной меры.

Пусть W_i - вероятность поражения объекта i -м фактором, тогда вероятность W_Σ поражения объекта m – факторами рассчитывается в предположении о совместимом, но независимом их воздействии:

$$W_\Sigma = 1 - (1 - W_1) \cdot (1 - W_2) \cdot \dots \cdot (1 - W_m) = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - W_i) \quad (6.14.1)$$

Значения вероятности поражения объекта экономики или населения каждым i – м фактором рассчитывается на основе определения значений параметров поражающих факторов и соответствующих пределов стойкости объектов (человека).

Альтернативой к оценке комплексного воздействия различных факторов является анализ риска.

Многие специалисты по теории риска рекомендуют применять качественный и количественный анализ риска. Учитывая, что погрешность значений вероятностных оценок риска даже в случае наличия всей необходимой информации, как правило, не менее одного порядка, в первую очередь следует производить качественный анализ, затем, по возможности, произвести количественную оценку риска.

Качественный анализ.

Для управления силами и средствами обеспечения безопасности или снижения ожидаемого ущерба в аварийной ситуации необходимо определить критерии риска, его верхнюю и нижнюю границы. Критерии риска должны удовлетворять следующим условиям:

- количественно характеризовать степень опасности;
- реагировать на вариации в стратегии превентивных мер снижения возможного ущерба (чувствительность критерия);
- численное значение критерия должно базироваться на модели, характеризующей функционирование исследуемой системы в аварийной обстановке и ее реакции на воздействие поражающих факторов;
- методика оценки численного значения риска должна опираться на доступную базу данных;
- критерии должны отражать стохастический характер изменения характеристик системы в процессе воздействия случайных значений параметров поражающих факторов.

Выбор уровней приемлемого риска в техногенной сфере может базироваться на следующих основополагающих принципах:

- невозможность обеспечения абсолютной безопасности (нулевого риска) независимо от рассматриваемой аварийной ситуации;
- введение предельно допустимого уровня риска, выше которого риск признается абсолютно недопустимым, и одновременное введение пренебрежимо малого уровня риска, ниже которого проблемами борьбы с опасностью можно пренебрегать.

В работе [99,100] на основе оценки экономической эффективности системы делается вывод о практической значимости уровня риска со значениями в диапазоне $10^{-3} \dots 10^{-6}$. При этом значение $5 \cdot 10^{-5}$ рассматривается как предельно допустимое.

В литературе по критериям риска встречается информация о том, что уровень 10^{-6} принят в ряде стран в качестве порога приемлемого риска. Значение риска, превышающее 10^{-4} во всех странах считается неприемлемым.

В отечественных нормативных документах пока нет жестких требований по уровням приемлемого риска. В [9] представлены временные требования, разработанные под руководством профессора Е.Е. Ковалева. В соответствии с этими требованиями рекомендованы следующие нормативные значения приемлемого уровня риска:

- для профессиональных сотрудников предприятий 10^{-5} ;
- для населения 10^{-6} .

В [9] приведены характерные для России риски гибели людей по неестественным причинам $(1.0 \dots 1.7) \cdot 10^{-3}$, в том числе:

- убийства $6 \cdot 10^{-5}$;

- самоубийства $1.9 \cdot 10^{-4}$;
- дорожно-транспортные происшествия $2.68 \cdot 10^{-4}$.

На территории СССР оценка рисков для производственного персонала (транспортные аварии, пожары, взрывы, аварийно химически опасные вещества и т.д.) составляла:

- летальный исход $1.9 \cdot 10^{-5}$;
- травмирование $1.6 \cdot 10^{-4}$.

В настоящее время в среднем по России по оценкам, выполненным в работе [77] индивидуальные риски от природных опасностей находятся в пределах $10^{-4} \dots 1.6 \cdot 10^{-3}$.

Методические указания РД 08-120-96 по проведению анализа риска опасных производственных объектов, анализируя тяжесть последствий аварий, в качестве катастрофического (неприемлемого) риска выбирают риск, соответствующий частоте более 1 аварии в год на потенциально опасном производстве (табл. 6.14.2).

Таблица 6.14.2

Матрица «вероятность – тяжесть последствий» [107].

Ожидаемая частота возникновения (1/год)		Тяжесть последствий			
		Катастрофическая	Критическая	Некритическая	Пренебрежимая
Часто	≥ 1	А	А	А	С
Вероятно	$1 \dots 10^{-2}$	А	А	В	С
Возможно	$10^{-2} \dots 10^{-4}$	А	В	В	С
Редко	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	А	В	С	Д
Невероятно	$\leq 10^{-6}$	В	С	С	Д

В соответствии с данными матрицы «вероятность-тяжесть последствий» (табл. 6.14.2) проведение риск-анализа сводится к следующим рекомендациям:

А – обязателен детальный анализ риска, требуются особые меры для снижения риска;

В - желателен детальный анализ риска, требуются меры повышения безопасности;

С – рекомендуется проведение анализа риска и принятие необходимых мер безопасности;

Д – анализ риска и принятие дополнительных мер безопасности не требуются.

Приведенные в табл. 6.14.2 критерии могут применяться для ранжирования опасности и определения степени риска как отдельных технологических блоков, так и объекта в целом.

В этом случае состояние «А» соответствует наиболее высокой (неприемлемой) степени риска, требующей незамедлительных мер обеспечения безопасности. Состояния «В» и «С» соответствуют промежуточной степени риска, а состояние «Д» отвечает требованиям приемлемого риска.

Среди разнообразных методов количественной оценки риска заслуживают внимания два: мультипликативный подход [99] и метод целевой функции [18].

При мультипликативном подходе мера риска R определяется как мультипликативная свертка вероятности W реализации аварии и вероятного относительного ущерба M по формуле

$$R = W \cdot M \quad (6.14.2),$$

где R – количественная мера (степень) риска;

W - вероятность возникновения аварии;

M - вероятный относительный ущерб при аварии.

Вероятность W возникновения аварии определяется на основе анализа условий эксплуатации объекта или технической системы и обработки статистических данных об авариях.

В простейшем представлении можно воспользоваться законом Пуассона распределения времени между авариями, полагая, что наступления аварий образуют простейший поток случайных событий.

Как известно, при таком подходе вероятность $P(N, t)$ появления ровно N аварий за время t рассчитывается по среднему значению λ интенсивности возникновения аварийных ситуаций:

$$P(N, t) = \frac{(\lambda \cdot t)^N}{N!} \cdot \exp(-\lambda \cdot t), \quad N = 0, 1, 2, \dots, \quad \lambda \cdot t > 0 \quad (6.14.3).$$

Из (9.3) следует, что в течение времени t ни одной аварии не произойдет с вероятностью $P(0, t)$:

$$P(0, t) = \exp(-\lambda \cdot t) \quad (6.14.4).$$

Вероятность $P(1, t)$ того, что за время t произойдет ровно одна авария:

$$P(1, t) = \lambda \cdot t \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \quad (6.14.5).$$

Вероятность того, что за это время произойдет хотя бы одна авария (одна или более):

$$P(\geq 1, t) = 1 - P(0, t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t) = W \quad (6.14.6).$$

Последняя вероятность и принимается как мера риска возникновения аварии на рассматриваемом объекте за интересующее время.

Пример 6.14.1.

Пусть установлено, что на объекте аварийная ситуация с выходом метана происходит в среднем 2 раза в течение 50 лет.

Требуется определить вероятность возникновения одной аварии в течение ближайших 10 лет, а также оценить меру риска возникновения аварийных ситуаций за это же время в предположении о том, что появление аварий подчинено простейшему потоку случайных событий.

Решение.

Интенсивность возникновения аварийных ситуаций:

$$\lambda = \frac{2}{50} = 0.04 \quad 1/\text{год}$$

Вероятность возникновения за 10 лет ровно одной аварии:

$$P(1, t) = \lambda \cdot t \cdot \exp(-\lambda \cdot t) = 0.04 \cdot 10 \cdot \exp(-0.04 \cdot 10) = 0.268$$

Вероятность того, что за 10 лет не произойдет ни одной аварии:

$$P(0, t) = \exp(-\lambda \cdot t) = \exp(-0.04 \cdot 10) = 0.67$$

Риск возникновения аварии за 10 лет (вероятность того, что произойдет хотя одна авария с выходом метана):

$$W = P(\geq 1, t) = 1 - P(0, t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t) = 1 - 0.67 = 0.33$$

Таким образом в инженерных оценках может быть рассчитана вероятность W возникновения аварии.

Вероятный относительный ущерб M рассчитывается по следующей методике.

На основе моделирования аварийной ситуации прогнозируются материальные M_v и людские потери N_v вследствие воздействия формируемых в аварии поражающих факторов.

По таблице 6.17.1 определяется вид чрезвычайной ситуации и соответствующие максимальные значения возможного материального ущерба M_{\max} или гибели людей N_{\max} . Тогда:

$$M_m = \frac{M_v}{M_{\max}}, \quad (6.14.7)$$

или

$$M_n = \frac{N_v}{N_{\max}} \quad (6.14.8),$$

где M_m и M_n – вероятный относительный материальный и людской ущербы соответственно.

Возникает естественный вопрос об определении вероятного относительного ущерба в случае, когда в одной аварийной ситуации гибнут люди и наносится материальный ущерб, например, в виде разрушенных (сгоревших) корпусов или потери иных ценностей объекта.

В этом случае можно воспользоваться так называемой стоимостью жизни, принимаемой в среднем по цивилизованным странам в размере 120000 долларов. При аварии подводной лодки «Курск» (август 2000 г.) правительство РФ выплачивало компенсацию семьям погибших моряков в размере примерно 700000 руб., а семьям погибших в результате террористического акта в Москве (октябрь 2002г.) компенсация составила 100000 руб. В проекте «Методических рекомендаций по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [23] несчастный случай со смертельным исходом взрослого человека оценивается суммой 80 000 руб.

Тогда окончательно получаем:

$$M = \frac{k \cdot M_v + N_v}{k \cdot M_{\max} + N_{\max}}, \quad (6.14.9),$$

где коэффициент k приводит к единой мере финансовые единицы измерения ущербов, например, МРОТ и доллары.

Пример 6.14.2.

Пусть в рамках исходных данных примера 6.14.1. прогнозируется гибель 7 человек и нанесенный материальный ущерб в размере 800 МРОТ, т.е. рассматриваемая чрезвычайная ситуация относится к классу локальных. Стоимость жизни человека принимаем равной 120000 долларов.

Из табл. 6.17.1 имеем:

$$M_{\max} = 1000 \text{ МРОТ}, \quad N_{\max} = 10 \text{ чел.}$$

По исходным данным:

Материальный ущерб = 800 МРОТ,

Потери населения составляют 7 человек.

Принимая 1 МРОТ = 100 руб. = 3.2 доллара, получим при $k=3.2$:

$$N_v = 120000 \cdot 7 = 840000 \text{ долларов,}$$

$$M_v = 3.2 \cdot 800 = 2560 \text{ долларов.}$$

$$M_{\max} = 1000 \cdot 3.2 = 3200 \text{ долларов.}$$

$$N_{\max} = 10 \cdot 120000 = 1200000 \text{ долларов.}$$

Значение вероятного относительного ущерба M составит:

$$M = \frac{840000 + 2560}{3200 + 1200000} = \frac{842560}{1203200} = 0.7$$

С учетом решения примера 6.14.1 получим значение риска в мультипликативном подходе:

$$R = W \cdot M = 0.33 \cdot 0.7 = 0.231$$

Метод целевой функции предполагает несколько иное определение существа риска. В работе [19] приводится следующее определение.

Риск – это мера ответственности за решения, принимаемые в условиях неопределенности. Речь, естественно, идет не об уголовной ответственности, а об ответственности экономической.

Такое определение риска ставит *обязательным* выполнение следующих двух условий.

Риск имеет право на существование (определение) только в том случае, если:

- имеется возможность выбора того или иного решения из множества представленных на рассмотрение (условие альтернативности);
- имеет место неопределенность реализации принимаемых решений (условие стохастичности).

При таком подходе, кроме параметров, участвующих в решении задачи определения значений риска по мультипликативному критерию, необходима дополнительная информация о затратах и о потенциальной экономической (платежной) способности предприятия, региона или лица, ответственного за принятие решения.

В статической постановке целевая функция риска $L(c)$ рекомендована в работе [22] в следующем виде:

$$L(c) = \frac{c_0 \cdot (1 - W(c_k))}{S} + \frac{[(k \cdot M_v + N_v) - m(c_1)] \cdot W(c_k)}{k \cdot M_{\max} + N_{\max}} \quad (6.14.10),$$

где c_0 – затраты на создание технической системы (объекта);

c_1 – затраты на обеспечение безопасности системы (снижение ожидаемого ущерба);

c_k – средства, выделяемые на предотвращение аварий;

$m(c_1)$ – функция предотвращенного ущерба, значение которой определяется выделяемыми средствами c_1 .

$$m(c_1) = k \cdot m_v(c_M) + n_v(c_N) \quad (6.14.11),$$

$m_v(c_M)$ – предотвращенный материальный ущерб;

$n_V(c_N)$ - предотвращенный ущерб вследствие людских потерь;

$$c_1 = c_M + c_N$$

S – потенциальная платежная способность заказчика или лица, ответственного за принятие решения.

$$S \geq c_0 + c_M + c_N + c_k \quad (6.14.12).$$

Проведем краткий анализ целевой функции $L(c)$.

При стремлении вероятности возникновения аварии к нулю величина функции риска стремится к отношению затрат на создание системы (объекта) к потенциальным платежным способностям (состоянию) заказчика.

При стремлении вероятности возникновения аварии к единице – значение показателя риска определяется вторым слагаемым, т.е. относительным ущербом.

Напрашивается вывод о том, что для высоконадежных, хорошо защищенных систем следует обращать внимание на риск в виде относительной стоимости системы.

В случае, когда вероятность возникновения аварийной ситуации достаточно высока, особого внимания заслуживает вклад средств на предотвращение ожидаемого ущерба, защиту населения и ценностей.

Приоритетной остается задача выделения достаточных средств для снижения вероятности возникновения аварии перед мерами по снижению ожидаемого ущерба.

Упрощенная оценка риска при авариях с нефтепродуктами.

Ущерб, наносимый в чрезвычайных ситуациях с выходом нефти или нефтепродуктов можно разделить на следующие составляющие:

- загрязнение водоемов M_B ;
- загрязнение земель M_3 ;
- загрязнение атмосферного воздуха M_A ;
- воздействие поражающих факторов пожаров или взрывов паровоздушных смесей углеводородов M_{Π} .

Итоговый ущерб определяется суммой перечисленных составляющих:

$$M(C_B) = M_B(C_B, V, t) + M_3(C_3, r) + M_A(C_A, G_{исп}) + M_{\Pi}(C_{\Pi}, G_{исп}, R) \quad (6.14.13),$$

где C_B, C_3, C_A, C_{Π} – средства, выделяемые на обеспечение безопасности в целом, в том числе на превентивные меры предотвращения ущерба от загрязнения водной среды, грунта, атмосферного воздуха и пожаров;

$r, G_{исп}, V, R, t$ – радиус нефтяного пятна, масса испарившейся жидкости, объем вылитой нефти, расстояние до объекта и время соответственно.

$$C_B = C_B + C_3 + C_A + C_{\Pi} \quad (6.14.14).$$

Задача управления риском в чрезвычайной ситуации при разливе нефти и нефтепродуктов сводится к определению таких значений $C_B^*, C_3^*, C_A^*, C_{\Pi}^*$, для которых при выполнении условия (6.14.12) показатель риска $L(C)$ принимает минимальное значение. Т.е. задача управления риском может быть трансформирована в типовую задачу оптимального распределения ресурсов:

$$L(C^*) = \min_C [L(C^*)]$$

при ограничениях

$$C = C_B + C_k \leq S$$

Каждая составляющая ущерба в (6.14.13) при реализации аварийной ситуации в свою очередь зависит от конкретных физических параметров (объемов вылитой нефти V , радиуса нефтяного пятна r , скорости растекания пятна $\frac{dr}{dt}$, площади разлива F , массы испарившейся жидкости $G_{исп}$ и т.д.).

Расчет ущерба и платы за загрязнение водных объектов и атмосферного воздуха вследствие разлива нефтепродуктов при авариях на нефтепроводах производится в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28.08.92 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия». Размер ущерба и компенсационной платы за загрязнение земель определяется согласно нормативному документу «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (М., 1993 г.). В соответствии с письмом Госкомэкологии РФ от 25.11.99 № 01-14/24-298 коэффициент индексации платы на 2000 год установлен равным 80, а региональный коэффициент экологической ситуации для Ленинградской области установлен равным 1.5.

Оценка ущерба при загрязнении водоемов нефтепродуктами.

Ущерб, подлежащий компенсации при загрязнении водных объектов, рассчитывается по формуле

$$M_B = 5 \cdot K_i \cdot C_V \cdot G_H \quad (6.14.15),$$

где K_i – коэффициент инфляции,

M_B – плата за сверхлимитный сброс загрязняющих веществ;

G_H – общая исходная масса нефти на поверхности воды, т;

$$G_H = G_{H_1} + G_P$$

G_{H_1} – масса остаточных пленочных нефтепродуктов т;

G_P – масса испарившихся и растворившихся нефтепродуктов, т;

В зависимости от размеров водного объекта доля остаточных нефтепродуктов меняется от 1 до 20 % от общего объема пленочных нефтепродуктов на поверхности воды;

C_V – ставка платы за загрязнение поверхностного слоя водного объекта одной тонной растворенных и эмульгированных нефтепродуктов в пределах установленного лимита

$$C_V = H_{B.V} \cdot K_{EV}$$

$$H_{B.V} = 221.75 \text{ руб.},$$

Для Ленинградской области коэффициент экологической ситуации $K_{EV} = 1.5$.

Расчет ущерба M_3 при загрязнении земель нефтепродуктами.

$$M_3 = H_X \cdot F_g \cdot K$$

где обобщенный коэффициент K вычисляется по формуле:

$$K = K_P \cdot K_V \cdot K_c \cdot K_i \cdot K_{EV}$$

$H_X = 2270 \text{ руб/га}$ - ставка за загрязнение одного гектара земельных угодий;

F_g – загрязненная нефтепродуктами площадь, м²;

$K_{EV} = 1.5$ для экологической значимости для Ленинградской области;

$K_i = 80$ – коэффициент инфляции;

$K_C = 0.0868$ – коэффициент восстанавливаемости земельных угодий.

Оценивая продолжительность восстановления земель в результате сильного загрязнения, равную 5 годам, принимаются $K_p = 3.8$, $K_V = 2.0$.

Расчет ущерба при загрязнении атмосферного воздуха.

$$M_A = 5 \cdot K_i \cdot C_A \cdot G_{исп} \quad (6.14.16),$$

где M_A – ущерб, подлежащий компенсации от выбросов углеводородов в атмосферу;

K_i – коэффициент инфляции,

$G_{исп}$ – масса испарившихся углеводородов,

C_A – ставка платы за выброс одной тонны углеводородов,

$$C_A = H_{БА} \cdot K_{ЭА}$$

$H_{БА} = 50$ руб. – базовый норматив платы за выброс одной тонны углеводородов,

$K_{ЭА}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферы в регионе.

6.15. Средства и способы предотвращения и ликвидации последствий аварийных ситуаций с нефтепродуктами и углеводородными газами [99].

Влияние физико-химических свойств нефтепродуктов на развитие аварийной ситуации.

Для оценки характера нефтяного загрязнения, выбора технических средств и технологических приемов его ликвидации пользуются признаками фактического состояния нефтяного загрязняющего вещества. К моменту начала работ по ликвидации загрязнения необходимо знать некоторые его свойства [99-107].

При этом нельзя отождествлять пролитую нефть или нефтепродукты с веществами, которые предстоит собирать. Ни одно из свойств нефти или нефтепродуктов до момента их утечки нельзя относить к загрязняющему веществу. Принципиальное отличие состоит еще и в том, что нефтяным загрязняющим веществом является не только нефть в чистом виде, но и загрязненные нефтью вода, грунт, а также смесь нефти с мусором.

Каждое состояние нефтяного загрязняющего вещества имеет свои особенности, влияющие на характер загрязнения и условия его ликвидации. Если пролиты легкие нефти с фракциями, испаряющимися до 200°C, то 90% их массы улетучивается в течение 3...4 часов, после чего остается маслянистая радужная пленка, а при температуре воды и воздуха выше 20°C на ветру подобная нефть испаряется полностью. Такая ситуация складывается при утечке бензинов и керосинов. Легкоиспаряющиеся фракции, кипящие при температуре до 300°C (топливо для реактивных двигателей) характерны тем, что в течение 10...12 часов из них улетучиваются фракции, кипящие при температуре до 200°C, после чего на воде остается 50...60% массы пролитого нефтепродукта, который после указанного срока представляет собой жидкость вязкостью ниже 0,06 Па·с и температурой вспышки выше 60°C. Такая нефть не отлагается на береговой полосе, не загрязняет растительность. Сбор этой массы производится только с поверхности

воды. При нахождении на воде в течение 2...3 суток и при достаточно высокой температуре воздуха она может полностью испариться.

Нефтепродукты вязкостью более 0,06 Па·с могут появиться в результате утечки топлива для реактивных двигателей, для дизелей, а также керосина. Они в меньшей степени изменяют свои свойства с течением времени, и отлагаются на береговой полосе, растительности и предметах, с которыми соприкасаются. Их сбор производится только с воды.

Нефтяное загрязнение вязкостью от 0,06 до 0,08 Па·с может появиться в результате утечки и последующих изменений дизельного топлива, длительное время находившегося на воде, а также турбинного топлива, мазута топочного марки «40», сырой нефти некоторых месторождений, потерявшей легкие фракции. Оно характерно тем, что хотя и отлагается на береговой полосе, растительности и предметах тонким слоем, но сравнительно легко смывается холодной водой. На воде такая нефть обильно образует радужную пленку. Собирают ее в основном с воды, а с берега смывают водой. В некоторых случаях эта нефть может пропитать грунт, тогда сбор целесообразно проводить землеройно-транспортными машинами.

Нефть вязкостью 0,08...0,09 Па·с образуется в результате пролива сырых нефтей некоторых месторождений после потери ими легких фракций, а также утечки мазутов для мартеновских печей. Из-за высокой вязкости ее сбор нефтесборными устройствами, имеющими малые проходные сечения, затруднен. На береговой полосе такая нефть отлагается слоем до нескольких сантиметров. Сбор с воды производится нефтесборщиками, предназначенными для работы с вязкой нефтью. Растительность и предметы очищают горячей водой, а при перекачивании такой нефти необходим подогрев.

Нефть вязкостью более 0,09 Па·с на береговой полосе отлагается толстым слоем, а по поверхности воды не растекается, с переходом от жидкого состояния к застывшему концентрируется. Перекачка ее невозможна без предварительного подогрева, а это создает затруднения в работе систем отделения нефти на нефтесборщиках.

С понижением температуры окружающей среды вязкость застывшей нефти увеличивается, что приводит к уменьшению производительности технических средств. Вязкая нефть при отсутствии волнения скапливается на заплесках сплошным слоем, а при волнении отлагается в виде вальков или комов. При понижении уровня воды вязкая и застывшая нефть не уходит вместе с водой, а остается на берегу слоем до нескольких сантиметров.

Нефтяная масса плотностью 1000 кг/м^3 и более появляется на воде в результате утечки тяжелых нефтей и нефтепродуктов, плотность которых до разлива была не менее $900...950 \text{ кг/м}^3$, и если они находились на воде не менее 10—15 суток.

В общем же нефть с любой плотностью не может бесконечно долго находиться на поверхности воды. Со временем часть ее испаряется, а оставшаяся часть оседает на дно.

Чаще всего нефть и нефтепродукты имеют плотность меньше 1000 кг/м^3 и не могут утонуть сразу после разлива. Нефть приобретает плотность, близкую к 1000 кг/м^3 , лишь после определенного периода пребывания на воде. Такую нефть

нельзя смывать с береговой полосы в воду, ее приходится собирать с помощью скребковых средств.

Не застывшая нефть с температурой вспышки до 60°C может образовываться в результате утечки бензина, керосина, топлива для реактивных двигателей, арктического и зимнего дизельных топлив и сырой нефти. Такое состояние нефти непродолжительно, через 5—6 часов в результате испарения легких фракций температура вспышки превысит 60°C.

По условиям пожарной безопасности сбор нефти с температурой вспышки паров ниже 60°C не производится. Зоны загрязнения локализуют и выдерживают до тех пор, пока температура вспышки не станет выше 60°C, т.е. нефть перейдет в такое состояние, при котором ее сбор будет менее пожароопасным.

Застывшая нефть с температурой вспышки ниже 60°C может появиться в результате утечки высокопарафинистой сырой нефти с температурой застывания выше температуры окружающей среды. Такая нефть испаряется незначительно, процесс выделения легких фракций и повышение температуры вспышки паров происходит медленно, что не позволяет применить выдержку. Сбор подобной нефти производят по специальной технологии при обеспечении пожарной безопасности.

В итоге можно отметить, что светлые нефтепродукты незначительно загрязняют берег и их сбор предпочтительнее производить с воды. Темные нефтепродукты и сырая нефть в большей степени загрязняют берег, сбор их производится как с воды, так и с берега.

Влияние некоторых природных факторов на процесс растекания нефти.

Характер нефтяного загрязнения и состояние пролитой нефти во многом зависят от состояния природных факторов, типа берегов, гидрологических и погодных условий, и т.д.

Гидрологические условия на реке в большей степени определяются принадлежностью данного участка к свободному или искусственному водному пути. Несмотря на большие глубины в районе фарватера, значительная часть водохранилищ мелководна, на обширных акваториях глубины менее 1 м.

Мелководье изобилует островами и подводными препятствиями, в водохранилище высока вероятность встретить плавающую нефть, так как нефтяное пятно не скоро достигает берега. Также весьма вероятно, что зона загрязнения будет располагаться на открытой мелководной акватории и не стремиться к берегу.

Для свободных участков рек характерно течение, которое может достигать скорости 25 км/ч.

Типы берегов и геологические особенности участка реки во многом определяют характер загрязнения. Берега можно разделить по следующим признакам:

- крутые с твердыми или мягкими породами;
- песчаные или галечные;
- низкие болотистые.

Наиболее подвержены нефтяным загрязнениям низкие болотистые берега, очистка их представляет наибольшую трудность. Галечные берега менее уязвимы, так как они обычно находятся в зоне течения, но очистка их также представляет немалую трудность, так как нефть проникает в глубину слоя гальки.

Песчаные берега чаще всего загрязняются только в районах заплесков, где нефть в глубину не проникает. Они более доступны для очистки как с воды с помощью нефтесборщиков, так и с берега с помощью землеройно-транспортных машин.

Крутые берега в меньшей степени подвержены загрязнению. Нефть здесь оседает в виде узкой полосы. Берег из твердых пород целесообразно очищать струями воды, на мягких породах нефть удаляют вместе с частью грунта.

Волнение и дождь способствуют эмульгированию пролитой нефти, а снег - ее потоплению. Массы нефти, отлагающиеся на берегу, в среднем составляют (на 1 км) для маловязкой нефти - 1...2 т при средней вязкости, 5...8 т - для высоковязкой и 20...30 т - для застывшей нефти. При понижении уровня воды большая часть вязкой и застывшей нефти остается на береговой полосе.

Методы и средства удаления нефтепродуктов с водной поверхности.

Многие специалисты считают, что механическое удаление нефтепродуктов с поверхности моря является более эффективным в сравнении использованием химических средств, не говоря об экономическом преимуществе. Очевидно, что с разлитой нефтью легче бороться, если она занимает ограниченную акваторию. Чтобы уменьшить растекание нефтяного пятна, используют различные оградительные приспособления, например, боновые или в простейших вариантах - обыкновенные бревна, скрепленные мешковиной. В прибрежных районах применяют боновые заграждения из трубчатых камер, устанавливаемых на якорях.

Весьма надежным заграждением для нефти считается "пневматический барьер". Его главная рабочая часть представляет собой уложенный на дно перфорированный трубопровод, в который подается сжатый воздух. Всплывающие пузырьки создают восходящий поток воды, образующий на поверхности стоячую волну. От пузырьковой завесы происходит отток воды, препятствующий распространению нефтяного пятна.

В настоящее время разработано и создано немало методов и средств, даже специальных судов для сбора нефти с поверхности воды. Например, применяется легкий пористый эластичный материал, который разбрасывается в пределах площади нефтяного пятна. Этот материал, как губка, пропитывается нефтью. Материал периодически извлекается из воды, отжимается и снова бросается в нефтяное пятно.

Нефтяную пленку собирают и свободно плавающими бонами с приемной решеткой-фильтром, которая, развернувшись по ветру, постепенно заполняется нефтью. Имеются также специальные суда - чистильщики, собирающие ("всасывающие") нефть с водной поверхности.

Во время аварии танкера "Торри Каньен" нефтяное пятно убиралось с поверхности с помощью растолченного мела. При этом нефть оседала на дно, но, находясь там длительное время, она оказывала токсическое действие на донные живые организмы.

Недавно канадские специалисты предложили акустический метод борьбы с распространением нефтяного пятна. Был сконструирован мощный ультразвуковой излучатель, который размещался в специальном корпусе в форме диска. Работающий излучатель опускался под воду в центре нефтяного пятна. Под действием акустических колебаний нефть сбивалась над диском в толстый "блин",

который значительно проще убирается с поверхности воды с помощью механического нефтесборщика. Если мощность акустических колебаний достаточно высока, то над диском излучателя происходит фонтанирование нефтewодяной эмульсии. Высоковольтный разряд, произведенный специальным устройством того же диска, зажигает этот фонтан и разлитая на поверхность воды нефть сгорает почти полностью.

В некоторых случаях в открытом море для рассеяния нефти могут применяться малотоксичные детергенты, не содержащие бензола, четыреххлористого углерода или других хлорированных углеводородов, фенола, крезола, едких щелочей и свободных минеральных кислот. Применяются также нефтеокисляющие бактерии, свыше 100 различных видов которых окисляют углеводороды и нефтепродукты.

Существуют и так называемые "неэкономичные методы", при использовании которых плавающая нефть теряется, но эффективность устранения загрязнения при этом достаточно высокая. Например, одна голландская фирма разработала экспериментальную судовую установку, состоящую из погружаемых под воду труб с отверстиями, из которых впрыскиваются покрытые специальным составом песчинки. Песчинки обволакиваются нефтью и тонут. За один час такая установка способна ликвидировать нефтяное пятно массой около 100 тонн (115...120 м³ нефти).

Применение сорбентов.

Сбор нефти можно осуществлять с помощью сорбентов. Сорбенты - вещества, которые применяются таким способом, чтобы достичь максимально возможного увеличения площади соприкосновения поверхности частиц сорбента с поверхностью загрязненной углеводородными соединениями воды [101-107].

Гранулы сорбента «Праймсорб», например, могут быть упакованы различными способами, которые позволяют спрессовать его до небольшого объема без потери абсорбционных свойств.

При распаковке продукта происходит увеличение его объема до нормального состояния независимо от температуры и влажности окружающей среды. Материал, используемый для упаковки, может быть либо хлопчатобумажной тканью, либо полиэтиленовой пленкой.

На водной поверхности (под которой понимается морская поверхность, поверхность рек, озер, болот, искусственных водоемов и прочих участков с уровнем воды выше уровня суши) *при скорости ветра менее 0,3 м/сек* сорбент распространяется при помощи гидравлических насосов или компрессоров, установленных либо на твердой поверхности, либо на борту судна.

Сорбент подается в транспортирующий водяной или воздушный поток по гибкому трубопроводу большого диаметра (около 250 мм), направленному прямо на водную поверхность.

При взаимодействии с водной поверхностью гранулы начинают немедленно собирать (впитывать) нефть или нефтепродукты, причем вода ими не абсорбируется. Максимальное насыщение достигается в период первых десяти секунд (если нефтепродукты имеют среднюю плотность), после чего насыщенные гранулы устремляются друг к другу, образуя комья материала, насыщенного нефтью.

Такой процесс удаляет нефть с поверхности воды и возвращает к нормальному функционированию водный растительный и животный мир. Отработанный продукт, оставаясь на поверхности воды, не допускает утечки нефти обратно в водную среду и может оставаться на поверхности воды длительный период времени. Это особенно важно при неблагоприятных погодных условиях и при длительных перерывах в ходе очистки.

Насыщенные гранулы сорбента могут быть собраны позднее обычными сетчатыми конструкциями, а именно - специальными устройствами для сбора плавающих загрязнений, при помощи насосов с контролем величины заглубления всасывающей трубы. Собранная смесь поступает в сетчатый резервуар, где отработанный продукт отделяется от воды, которая сбрасывается обратно в море, в реку или в иной водоем.

Сетчатые конструкции периодически очищаются, и сорбент поступает в специальные емкости для его последующего использования (выделения нефтепродуктов или использования в качестве топлива).

Насыщенный сорбент может храниться в буртах, достигая в высоту 4 м без утечки нефти.

Температура и плотность нефтепродуктов и окружающей среды влияют на процесс и скорость насыщения сорбента. Если нефтепродукты представляют собой бензин или легкие фракции нефти, которые растворяются в воде, то применение сорбента затруднено и рекомендуется применение других методов.

Если скорость ветра в регионе превышает 0,3 м/сек, то сорбент должен быть введен в водную среду ниже уровня поверхности воды с целью предотвращения выдувания материала на участки, не загрязненные нефтью. Разбрасывающая насадка на палубе судна оборудуется гибким шлангом, который опускают под воду. Гранулы сорбента вводятся ниже поверхности воды, и они всплывают на поверхность, насыщаясь нефтью.

При разливах нефти на поверхности суши сорбент «Праймсорб» используется путем нанесения с помощью механических разбрасывающих устройств прямо на загрязненную поверхность, затем перемешивается с загрязненным грунтом фрезами, дисковыми или роторными рыхлителями.

Поверхностный слой снимается скреперами, землеройными машинами и транспортируется в емкости с водой, где происходит сепарация: грунт опускается на дно, а сорбент, насыщенный нефтепродуктами, всплывает. Сорбент собирается с помощью устройств сетчатой конструкции и ловушек, после чего используется как топливо или подвергается регенерации при помощи отжимного устройства. Регенерированный сорбент можно использовать повторно с эффективностью 94% от первоначальной. Регенерацию можно осуществлять 8 раз и более без существенной потери эффективности.

В случае когда нефтью или нефтепродуктами загрязнена каменистая поверхность, сорбент наносится на нее механическим способом. Грунт разбрасывается, и смесь сорбента и нефти смывается напором воды в специально открытые каналы или на водную поверхность, где собирается так же, как описано в предыдущих примерах.

Основные характеристики отечественного сорбента «Праймсорб». Препарат поглощает свыше 99,5% пролитой нефти в течение 5...10 мин. с момента

контакта с нею, причем масса поглощенной нефти превышает массу сорбента в 35 раз. Остаточное содержание нефтепродуктов в воде составляет 0,3...0,5%, и последующая тонкая доочистка не требуется.

Высокая скорость абсорбции снижает время и соответственно стоимость проводимых работ. Эффективность применения сорбента не зависит от температуры окружающей среды и погодных условий.

Если нефть удаляется с поверхности воды, то волны, ветер, дождь и т.д. *только ускоряют* процесс сорбции.

Сорбент гидрофобен, он сорбирует только нефтепродукты и имеет исключительно малую плотность, в результате чего не тонет ни до, ни после сорбции, даже если на поглощенную им нефть налипают большое количество песка, грязи и т.д. Он держится на воде, полностью удерживая нефть, неопределенно долгое время, что облегчает сбор отработанного сорбента.

Использованный продукт можно отжать, получив при этом 98% собранной нефти, и использовать повторно 8...10 раз, что значительно снижает общее количество сорбента, необходимого для проведения очистных работ. Собранная нефть пригодна к использованию. Работа с сорбентом не требует от исполнителей никаких специальных знаний и подготовки, т. е. для работы не требуется профессиональный персонал.

Сорбент не требует специальных условий хранения, не подвержен гниению и старению, а также не впитывает влагу, как некоторые вещества растительного происхождения, используемые для этих же целей.

Сорбент может быть сжат в три раза, что уменьшает расходы на хранение и транспортировку. Данная характеристика является уникальной и не присуща большинству видов конкурирующей продукции.

Сорбент выпускается в различных видах (порошок, гранулы, подушечки, боны, маты и т. д.) для повышения эффективности процесса очистки в зависимости от расположения, размера и типа нефтяного разлива.

Для конкретных задач может быть налажен выпуск сорбента специально разработанных конфигураций.

В процессе работы электростатически заряженные частицы сорбента, уже насыщенные нефтью, притягиваются друг к другу, что уменьшает опасность вторичного загрязнения и упрощает сборку, т. к. отработанный сорбент не расплывается по поверхности воды. Это свойство сорбента позволяет увеличить период между началом работ и сбором уже отработанного продукта. Отработанный сорбент, содержащий абсорбированную нефть, может складироваться на высоту до 4 метров, при этом нефть из него не вытекает даже при неблагоприятных погодных условиях.

Отработанный сорбент вместе с абсорбированной нефтью при сжигании обладает более высоким коэффициентом теплоотдачи, чем чистая нефть, что позволяет применять его в качестве топлива для котельных, теплостанций, парогенераторов, морских судов и цементных заводов. Образующаяся при сжигании зола не токсична. Сорбент в равной степени химически и биологически инертен, а также безвреден как для животного, растительного и подводного мира, так и для здоровья человека.

Технология извлечения сорбированной нефти является весьма гибкой и зависит от конкретных условий и имеющейся в наличии техники.

При регенерации нефти сорбент подается на ровную металлическую пластину, накрывается сверху другой и прессуется. При этом отжатая нефть стекает в специальный резервуар. Нижняя металлическая плита имеет отверстия (каналы), по которым нефть направляется в сборник.

Избыточное давление, при котором сорбированная нефть начинает вытекать из сорбента, равно 31.4 кПа; средняя величина избыточного давления для извлечения нефти лежит около 41.8 кПа.

Различия в величинах оптимального давления зависят от типа сорбированной нефти: чем тяжелее нефть, тем выше давление. Если же сорбированная нефть имеет очень высокую вязкость, необходимо периодически применять добавки поверхностно-активных веществ, что снижает ее адгезию.

Применение диспергентов. Диспергенты - это средства активизации естественного рассеивания нефти с целью облегчения условий ее удаления с поверхности воды до момента, когда она достигнет берега.

Известно, что нефть не остается постоянно на поверхности воды. Она может полностью или частично рассеяться в толще воды под действием природных сил, а также может быть выброшена на берег.

Если нефть разлита близко к берегу, имеется мало шансов на то, что она рассеется до достижения берега. В этих условиях загрязнение берега представляется практически неизбежным. Вместе с тем при разливе нефти с танкера «Амоко Кадиз» было установлено, что около 50% нефти рассеялось в воде, поскольку погодные условия способствовали интенсивной естественной турбулизации нефти.

С развитием разведки и добычи нефти в Северном море были проведены работы по установлению количества нефти, которая может достичь берега при предполагаемых соотношениях интенсивности факторов естественного рассеивания и скорости дрейфа нефти под действием ветра и течения.

Высоковязкие сырые нефти, такие как босканская, и тяжелые мазуты, теряющие полностью или частично текучесть при обычной температуре воды и более стойкие по отношению к естественному рассеиванию, скорее достигнут берега. Степень естественного рассеивания зависит от типа и количества разлитой нефти, а также от расстояния до берега.

Если интенсивность естественного рассеивания окажется недостаточной, например при крупных разливах вблизи берега, то возможно активизировать процесс естественного рассеивания с помощью диспергентов.

Несомненно, при этом потребуется обработать огромную площадь, однако в этом методе заложен не всем заметный смысл. Дело в том, что явление растекания является одной из форм рассеивания, и использование диспергента добавляет в этот процесс третье измерение: рассеивание поверхностной нефтяной пленки в толще морской воды.

Требования к диспергентам. Методика анализа свойств диспергента связана с определением таких его показателей, как тип сольвента, наличие запрещенных компонентов, температура вспышки, вязкость, тара, отличительные надписи на таре, срок годности и т.д.

В интересах снижения токсичности по отношению к морским организмам в диспергентах ограничивается содержание ароматического и нефтяного сольвентов. С этой же целью запрещено применение компонентов, содержащих хлорированные углеводороды, бензол и фенол.

Особая значимость придается пожарной опасности при хранении и применении препаратов. С этой целью принято, что температура вспышки диспергента должна быть не ниже 60°C. Высокая температура вспышки имеет еще одно преимущество, т. к. при этом снижаются потери сольвента при хранении в вентилируемых танках судов.

Температура помутнения не должна превышать -58°C, расслаиваться диспергент не должен при температуре -10°C. Если диспергент реализован на углеводородной основе и предназначен для применения в неразбавляемом виде, вязкость, измеренная при 0°C, не должна превышать 50 сСт. В случае разбавления допускается вязкость 250 сСт. при 0°C.

Поставка диспергентов, как правило, должна осуществляться в стандартных стальных или полиэтиленовых бочках вместительностью 200 л. Тара должна иметь бирки с наименованием изготовителя и опознавательной маркой препарата, номером партии и температурой вспышки. Та же информация требуется при перевозках диспергентов наливом.

Срок годности диспергента должен быть не менее 5 лет. Поставщик должен дать информацию о масштабах производства, на которое можно рассчитывать в случае длительных, крупных операций по ликвидации разлива нефтепродуктов.

Средства нанесения диспергентов. Суда. Оборудование для обработки диспергентами нефтяных пятен было разработано и изготовлено в Англии вскоре после разлива нефти с танкера «Торри Каньен». Это оборудование стало основой системы ликвидации разливов нефти и широко применяется во всем мире.

В то время считали необходимым введение дополнительной турбулизации после нанесения диспергента на нефть. С этой целью были предусмотрены в качестве составной части нанесения диспергентов буксируемые плотикитурбулизаторы. Выстрелы (по одному с каждого борта), оснащенные тремя соплами, обеспечивают сплошное равномерное покрытие нефти диспергентом. Плотикитурбулизаторы буксируются позади выстрелов тросами, прикрепленными к выстрелам. При скорости 5—10 узлов происходит подача диспергента с интенсивностью, примерно 91 л/мин.

Типовая ширина обрабатываемой полосы равна 20 м. Модель меньших размеров была разработана для меньших плавсредств, работающих на мелководье (подача 32 л/мин). Когда начали применяться концентрированные диспергенты, которые при тех же удельных расходах действовали в 10 раз эффективнее, чем первые образцы, возникла необходимость модификации системы нанесения диспергентов.

Рассматривались два принципиальных пути использования новых препаратов повышенной эффективности. Первый из них состоял в том, чтобы, сохраняя

существующий насос подачи, увеличить скорость судна и длину выстрела соплами (количество сопел) и этим путем обрабатывать десятикратно большую площадь, покрытую нефтью. Вторым способом состоял в разбавлении диспергента водой на месте применения, учитывая малые объемы резервуаров для диспергентов на применяемых плавсредствах и необходимость частого возвращения в порт для заправки. В этом случае длительность пребывания судна в море увеличивается в 10 раз.

Количество нефти на поверхности воды, подвергающееся диспергированию с судна, оказалось очень малым (примерно 15 т/ч на одно судно). Необходимость увеличить потенциальную производительность процесса заставила задуматься над вариантом использования авиасредств и концентрированных препаратов. В первую очередь это требовалось для того, чтобы доказать возможность получения хороших результатов без турбулизирующих устройств. Таким образом была открыта дорога применению авиасредств при удалении разливов нефти.

Если капли диспергента в момент его выпуска из сопел имели диаметр порядка 1 мм, то обработка нефтяных пятен с помощью авиасредств была более эффективной.

Несомненно, что там, где имеются в наличии плавсредства, они будут постоянно использоваться и с новым оборудованием дополнять успехи, достигнутые при применении авиасредств.

Там, где суда смогут быстро достичь места разлива, они будут по-прежнему применяться в операциях по диспергированию нефти.

Авиация. Если при использовании концентрированного диспергента не требуются турбулизирующие плотники, то становится возможным применять для нанесения диспергентов авиационные средства.

Применение авиасредств для диспергирования нефти дает большие преимущества по сравнению с диспергированием с плавсредств, т. к. снижаются затраты времени на достижение места применения и достигается более высокая интенсивность обработки нефтяного пятна.

Важным является выбор наиболее подходящего в данной ситуации авиасредства (самолета или вертолета). Для этой цели должна быть четко сформулирована задача. На первом этапе следует выяснить, какое количество нефти требует обработки и каким временем располагают участники операции для ее осуществления. Это, в свою очередь, определяет расход диспергентов на обработку пятен нефти. Любой расход можно обеспечить либо сравнительно малым числом крупных авиасредств (самолетов транспортной авиации), либо соответственно большим количеством мелких. Решение может быть принято на основании экономических соображений.

Вариант применения малых авиасредств отличается более низкой стоимостью техники и не столь высокими эксплуатационными расходами. Недостатки «малой» авиации состоят в необходимости использования большего количества авиатехники и большей численности обслуживающего персонала, в увеличении числа базовых аэродромов и складов вследствие меньших грузоподъемности, скорости и продолжительности полета авиационной техники.

Использование биологических препаратов для борьбы с разливами нефти.

Специалистам-микробиологам давно известны виды микроорганизмов, питающиеся нефтяными углеводородами. Обыкновенно они обитают в местах естественного выхода на земную поверхность нефти или природного газа. С ростом добычи и переработки нефти их численность резко увеличилась, а эволюция ускорила. В настоящее время места обитания и развития нефтяных микроорганизмов, как правило, приурочены к зонам многолетних антропогенных загрязнений почв и грунтов нефтью.

Из этих микробиоценозов были выделены, исследованы и рекомендованы к применению наиболее активные штаммы, пригодные для борьбы с нефтяными загрязнениями.

Биопрепараты, приготовленные с использованием выделенных микробиологических культур, могут эффективно разлагать пролитые нефть и нефтепродукты как на водной поверхности, так и на берегу. При этом важно, чтобы препараты не содержали штаммов патогенных форм микрофлоры, опасных для человека, животных или растений.

Биологические препараты целесообразно применять на воде для борьбы с остатками нефтяных загрязнений после использования более грубых и мощных методов - физических или химических, т. е. в целях доочистки.

В качестве удачной разработки такого рода можно упомянуть биопрепарат «Нафтокс», изготовленный во Всероссийском нефтяном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ВНИГРИ). Препарат предназначен для ускоренной очистки от нефти поверхностных вод, почв, грунтов, а также промышленных стоков. Препарат выпускается как в жидкой, так и в твердой модификации. При ликвидации нефтяных загрязнений препарат «Нафтокс» удаляет при одностадийной обработке до 95% от массы нефти. Полнота удаления зависит от состава пролитой фракции и составляет 93...97%.

Локализация разливов нефти. Боновые ограждения. Независимо от характера разлива нефтепродуктов первые меры по его ликвидации должны быть направлены на локализацию пятен. Локализовать разлив нефтепродуктов необходимо в первую очередь для предотвращения распространения нефти по акватории и загрязнения новых участков водной поверхности, а также для воздействия на нефтяное пятно с целью уменьшения площади загрязнения.

Локализация, как один из важных этапов ликвидации разлива нефти, осуществляется с помощью оперативной установки плавающих ограждений согласно схеме, намеченной при осмотре зоны загрязнения.

Боновые ограждения (ограждения), поступившие от изготовителя, перед вводом в эксплуатацию подвергаются сборке, для чего их расстилают на ровной чистой площадке, располагая оболочку прорезями вверх, а затем вставляют в оболочку поплавки через имеющиеся прорези. Прорези зашнуровывают.

Собранные секции соединяются в нитки с помощью специальных ключей. При проведении операции оконтуривания ограждениями источника разлива рассоединение и соединение секций также производится ключами.

Доставка бонового ограждения к месту установки может производиться на барже, катером, буксировкой ограждения по воде, а также автотранспортом. При

этом секции на палубе или в кузове автомашины должны быть закреплены канатом из растительных или синтетических волокон. Доставка боновых заграждений производится в возможно более короткие сроки.

Находящиеся на воде плавающие заграждения имеют большую смачивающуюся поверхность, поэтому при их перемещении и буксировке из-за большого сопротивления требуются большие усилия и возникают значительные нагрузки. Во избежание разрыва полотнища допускаемая длина заграждения (в одной нитке) при буксировке по воде составляет 70 погонных метров, а скорость буксировки - не более 3 узлов (1,5 м/сек).

Допускается одновременная буксировка одним катером нескольких параллельных заграждений (нитей).

При значительном течении или ветре «нитки» заграждения следует устанавливать под углом к направлению течения (ветра). Величина угла выбирается в зависимости от скорости течения.

Локализация разлива на реке осуществляется лишь на тех ее участках, где скорость течения не превышает 0.1 м/сек. При больших скоростях течения реки удержать нефть с помощью заграждений, независимо от их конструкции, практически невозможно. Сборная часть заграждения по возможности выводится на участки реки с меньшими течениями.

Эффективность заграждения, установленного на мелководье, падает с ростом крутизны профиля волны. Поэтому на глубинах менее 5 м заграждения следует использовать при волнении не более 1...2 баллов.

При необходимости боновые заграждения могут использоваться для траления нефтяного пятна катерами или вручную. Скорость траления не должна превышать 0,5 узла.

Траление производится к приемной установке нефтемусо-росборщика (НМС) или к месту производства работ.

Плавающие заграждения устанавливаются:

- в процессе разлива нефти - непосредственно у источника;
- при локализации имеющегося пятна нефти;
- у потенциального источника загрязнения;
- для защиты объекта, которому может угрожать нефтяное загрязнение.

При локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов применяются заграждения различных типов.

Классификация боновых заграждений. Боновые заграждения являются неотъемлемым элементом комплекса технических средств, используемых для локализации и ликвидации разливов нефти. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с другими средствами локализации и ликвидации нефтяных полей, для заграждения защищаемых участков акваторий, расширения зоны захвата водной поверхности нефтесборными средствами. Все типы боновых заграждений, независимо от различий в конструктивном исполнении, включают в себя:

- элемент, обеспечивающий плавучесть бона;
- надводную часть, препятствующую перехлестыванию нефтяной пленки через заграждение;

- подводную часть, препятствующую уносу нефти под заграждением;
- груз, обеспечивающий вертикальное положение бонов;
- соединительные узлы, обеспечивающие сборку заграждения из отдельных секций.

Из-за многообразия конструкций и типов изготавливаемых в мире боновых заграждений их классификация затруднена.

Наиболее часто боновые заграждения условно делятся на три класса.

1-й класс - боны для использования на защищенных акваториях.

Основные характеристики:

- высота надводной части 10—15 см;
- высота подводной части 20—30 см;
- предельное усилие на разрыв 1,0—2,5 т.

2-й класс - боны для прибрежной зоны, перекрытия входов в гавани, порты, акватории судоремонтных заводов.

Основные характеристики:

- высота надводной части 20—30 см ;
- высота подводной части 35—50 см;
- предельное усилие на разрыв 5—15 т.

3-й класс — боны для использования в открытом море

Основные характеристики:

- высота надводной части 50—80 см;
- высота подводной части 100—120 см;
- предельное усилие на разрыв 15—30 т.

Однозначное разграничение по району применения не может считаться исчерпывающим, так как в сложных условиях борьбы с разливами нефти одновременно применяются заграждения различных типов и классов. Модельные и натурные исследования показали, что оптимальным применением боновых заграждений любого класса является предельное значение составляющей скорости течения, перпендикулярной относительно бонов, которая, как правило, превышает 0,5—1,0 узлов (0,25—0,5 м/сек). При увеличении указанной скорости наблюдается утечка нефти под боны.

Явление уноса нефти под заграждение при сравнительно низкой относительной скорости его перемещения объясняется сложными гидродинамическими процессами, происходящими в системе нефть—вода, компоненты которой обладают различными свойствами (плотность, вязкость, поверхностное натяжение).

При движении бонового заграждения на некотором расстоянии от его вертикальной поверхности, обращенной к нефти, образуется так называемая «фронтальная волна» нефти в виде валика. Этот валик испытывает гидродинамическое воздействие со стороны водяного потока, которое вызывает на границе нефть—вода по нижней поверхности нефтяного валика турбулентные процессы, сопровождающиеся отрывом и уносом неустойчивого слоя накопившейся нефти.



Рис. 6.15.1. Процесс уноса нефти под боновое заграждение.

Эксперименты показали довольно неожиданный результат: удерживающая способность бонового заграждения при критической скорости мало зависит от высоты его подводной части.

При увеличении высоты подводной части соответственно увеличивается высота образующегося при буксировке бонов (или на течении) встречного потока, вызываемого лобовым сопротивлением подводной части бонов, который способствует уносу оторвавшихся капель нефти под заграждения.

Результаты испытаний показали также, что различные неровности бонов (поплавки, подкрепления, соединения и т. п.) вызывают в условиях волнения турбулизацию поверхностного слоя воды и нефти, активизируя процесс уноса нефти под заграждение. Чем короче и круче волна, тем активнее процесс турбулизации. Наиболее опасна «портовая толчея».

В процессе испытаний были установлены закономерности поведения нефтяного слоя относительно вектора перемещения системы и конфигураций бонового заграждения при сборе нефти методом траления (слой нефти направляется к нефтяному устройству с помощью бонов, расположенных под углом к потоку). Чем короче волна «портовая толчея», тем более опасен процесс турбулизации.

Экспериментально установлено, что максимальная скорость эффективного траления нефти на спокойной воде (около 2 узлов) может быть достигнута при конфигурации ветвей заграждения, близкой к прямой линии, и угле раствора по отношению к вектору перемещения $13\text{--}14^\circ$. Поскольку при таком угле раствора полоса траления получается слишком узкой, на практике траление осуществляется со скоростью 1,0—1,5 узла при угле раствора $18\text{--}20^\circ$. Эти данные относятся и к технике сбора нефти неподвижными боновыми заграждениями, устанавливаемыми на реках, каналах и в других районах с постоянными течениями.

При скорости течения 2 узла приходится считаться с некоторыми потерями нефти.

На реках и в других местах, где скорость течения обычно превышает 0,6 узла и невозможно удержать разлитую нефть, применяют так называемые направляющие боновые заграждения.

Нефть отводят с помощью бонов, расположенных под острым углом к течению, в места с меньшей скоростью течения или в места, где нефть легче собирать.

При значительной ширине канала или реки можно установить боновое ограждение по ступенчатой схеме, т. е. в виде нескольких секций, расположенных под углом, с частичным перекрытием.

Как показала практика применения боновых ограждений в российских и зарубежных портах, основные требования к боновым ограждениям 1-го и 2-го классов - быстрота и минимальная трудоемкость их развертывания и свертывания, удобство хранения, транспортирования, отчистки от нефти, удобство и надежность крепления к причалам и буям.

В России серийно выпускаются боновые ограждения 1-го класса для портов «Анаконда» со следующими характеристиками: длина секции 5,6 м; масса секции 45 кг; полная высота бона 980 мм; наибольшая толщина 350 мм; предельное усилие на разрыв 1,1 т.

Для работы в незащищенных или слабо защищенных от волнения акваториях, на рейдах, при наличии битого льда выпускаются жесткие секционные боны из стеклопластика с характеристиками: длина секции 5,3 м; высота бона 1240 мм; толщина 300 мм; предельное усилие на разрыв 10 т.

Боны, наилучшим образом приспособленные к быстрому развертыванию и транспортированию, пользуются наибольшим спросом.

Имея в виду, что боковые ограждения играют важную роль в операциях по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, необходимо, чтобы конструкция бонов обеспечивала следующие их качества: достижение максимальной нефтесдерживающей способности; сохранение этой характеристики в заякоренном состоянии, при наличии волнения и течений; достаточную прочность для восприятия любых нагрузок; малую массу; малый погрузочный объем для упрощения хранения и транспортировки.

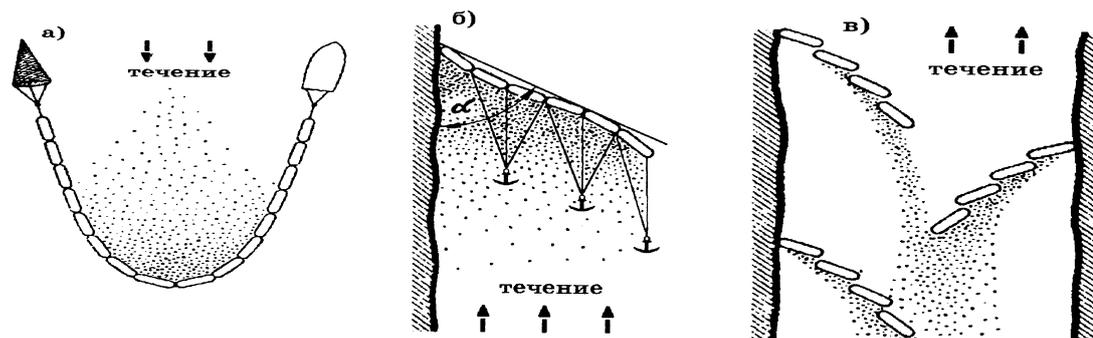


Рис. 6.15.2. Различные схемы постановки бонов.

Возможные пути борьбы с последствиями разливов нефтепродуктов по грунту [101-107]. Разливы, утечки нефти и нефтепродуктов, как показывает практика, неизбежны при их добыче, переработке и транспортировке. Особую опасность представляют аварии на нефтепроводах. В отличие от локально расположенных предприятий, на них практически невозможно предусмотреть меры

по защите окружающей среды на всей их протяженности, достигающей многие тысячи километров.

Нефть попадая в почву и грунты, вызывает необратимые изменения, связанные с их битуминизацией, гудронизацией, цементацией, загрязнением и т. д. В результате нарушения почвенного покрова и растительности усиливаются нежелательные процессы; эрозия почв, деградация, криогенез [26]. Происходит изменение фильтрационных и физико - механических свойств грунтов.

Фильтрация нефтепродуктов в почву создает хроматографический эффект, приводящий к ее дифференциации: в гумусо - аккумулятивных горизонтах сорбируются высокомолекулярные компоненты, содержащие смолисто - асфальтеновые и циклические соединения, а легкие углеводороды проникают в нижние минеральные горизонты. В анаэробной обстановке они могут сохраняться длительное время [31]. Почвенные горизонты при этом выступают как геохимические барьеры. Кроме того, опасность загрязнения и возможность самоочищения почв от продуктов нефтедобычи в отдельных ландшафтных зонах и областях России существенно различны [26]. Опасность остаточного накопления нефтепродуктов в почвах возрастает с юга на север, а в пределах отдельных биоклиматических зон и провинций; от песчаных почв к суглинистым и глинистым.

Нефтяное загрязнение, обусловленное аварией, отличается от многих других техногенных воздействий тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, залповую нагрузку на среду, вызывая быструю ответную реакцию.

Обычно рекультивация загрязненных земель при разливах нефти проводится в два этапа: технический и биологический.

Техническая рекультивация нефтезагрязненных почв и грунтов предполагает следующие мероприятия: землевание, сгребание и вывоз загрязненного слоя или выжигание. Разлившуюся при аварии нефть отводят в естественные понижения, защитные амбары, траншеи или оконтуривают дамбами. Иногда отвод нефти в понижения нецелесообразен, так как происходит загрязнение новых площадей по направлению движения нефти. Сечение защитных дамб принимается чаще трапецеидальной формы. Защитные дамбы из однородного грунта могут применяться только в течение непродолжительного времени поскольку возможна фильтрация нефти сквозь тело дамбы [25].

В качестве вспомогательных средств, которые могут задержать распространение нефти, используют природные и искусственные сорбенты: торф, полимерные материалы, песок.

Удаление нефти с поверхности почвы проводится с помощью специальных насосов. Сгребание загрязненного слоя осуществляется бульдозерами, экскаваторами, автомашинами или тракторами, оборудованными танками для сбора нефти. После чего происходит захоронение замазученного нефтью слоя почвы в могильниках. При этом возникает проблема с выбором места их расположения, так как сами могильники становятся источниками вторичного загрязнения.

Замена почвы проводится при разливе нефти на ограниченных участках и проникновении ее на глубину более 10 см, но тогда уничтожается плодородный слой.

Сжигание почвы производят в крайних случаях, так как оно сопровождается образованием канцерогенных веществ [26].

Механизм самовосстановления экосистемы после нефтяного загрязнения достаточно сложен. Процесс естественного самоочищения почвы под влиянием природной микрофлоры является длительным (более 10 - 25 лет) и зависит от физико - химических свойств почвы и нефти. Сокращение этого периода достигается путем применения системы биологической рекультивации, включающей в себя комплекс агротехнических мер рыхления, известкование, внесение сорбентов и удобрений.

Рыхление снижает дефицит кислорода и разрушает гидрофобную пленку поверхностных нефтяных компонентов, тем самым реально ускоряя физико - химическую и микробиологическую деструкцию нефти. При нефтяном загрязнении снижается количество поглощенного кальция и магния, а внесение извести улучшает агрохимические свойства почв и ускоряет разложение метано - нафтеновых структур. На фоне известкования необходимо вносить минеральные удобрения для увеличения активности природной микрофлоры [105]. Возможно также выделение из загрязненной среды микроорганизмов – деструкторов нефти и наращивание их биомассы в лабораторных условиях с последующим внесением в почву. Кроме того, можно увеличить численность микроорганизмов природных условиях используя замкнутую систему циркуляции воды, содержащей кислород и питательные вещества, необходимые для их жизнедеятельности, и проветривания почвы по вентиляционным каналам [105-107]. Широко применяется внесение готовых биопрепаратов, содержащих углеводородпоглощающие микроорганизмы, не имеющие отношения к микробной биоте загрязненного участка. Но, в настоящий момент нет доступных методов отслеживания процесса взаимодействия вносимых микроорганизмов с естественной микрофлорой.

В результате исследования самоочищающей способности почв установлено, что тяжелые фракции нефтепродуктов в почве являются стойкими и мало подвергаются деструктивным изменениям.

Изучалась возможность использования отходов производства активированного угля для ликвидации разливов нефти.

Работы проводились в связи с аварией на участке нефтепровода Сургут - Полоцк (Пермская область). Здесь вылилось около 100 м³ нефти на площади 0,6 га. Место аварии расположено на приводораздельной части левобережья р. Койвы, в 1,2 км от реки. В результате мероприятий по ликвидации аварии была проведена локализация разлившейся нефти в котлован и закачка части собранной нефти в нефтепровод. Остатки нефти были срезаны с поверхностным слоем грунта и складированы в отдельно вырытый котлован, расположенный в естественном понижении на незначительном расстоянии от нефтепровода. Объем грунта, перемешанного с нефтью и снегом, составил 600 м³.

Разлив значительного количества нефтепродуктов, имеющих положительную температуру, вызвал таяние снега и частичное оттаивание грунта.

В районе аварии было проведено опробование загрязненного грунта, воды из шурфов на участке складирования, а также снега, воды в р. Койве и незагрязненных грунтов для определения фоновых характеристик (табл. 6.15.1).

Верхняя часть разреза участка разлива нефти представлена четвертичными элювиально - делювиальными суглинками, с дресвой и щебнем сланца и кварца, мощностью от 1, 5 до 3, 5 м. Коренные породы представлены протерозойско - кембрийскими сланцами с прослоями песчаников и известняков. Гидрогеологические условия данного района изучены слабо. Подземные воды протерозойско - нижнепалеозойского водоносного комплекса залегают на глубине более 30 м. Минерализация подземных вод изменяется от 0, 1 до 0, 4 г/л. Химический состав подземных вод преимущественно гидрокарбонатный кальциевый и гидрокарбонатный кальциево - магниевый [32]. Питание подземных вод осуществляется в основном за счет атмосферных осадков.

По данным выполненных химических анализов, снег в районе аварии имеет гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый состав, с минерализацией 0,04 г/л (табл. 6.15.2). Содержание нефтепродуктов составляет 0,12 мг/л. Химический состав воды в р. Койва гидрокарбонатный кальциевый, минерализация 0,25 г/л. Содержание нефтепродуктов составляет 0,18 мг/л (табл. 6.15.2).

Пробы отбирались ниже очистных сооружений поселка Теплая Гора. Фоновое содержание нефтепродуктов в суглинистых элювиально - делювиальных грунтах составило 0, 069 - 0, 078 г/кг.

Таблица 6.15.1

Соотношение содержания грунта, воды и нефти на месте аварии

Проба	Масса воды, г/кг	Масса грунта, г/кг	Содержание нефтепродуктов	
			в воде, г/л	общее, г/кг
1	327, 7	592, 9	79, 4	0, 237
2	231, 8	745, 5	22, 7	0, 168
3	441, 9	509, 4	48, 7	0, 138
4	81, 1	891, 5	27, 4	0, 286
5	453, 0	395, 6	151, 4	0, 126
6	269, 0	690, 0	41, 1	0, 149
Среднее	300, 8	637, 5	61, 8	0, 184
Вес %	30	64	6	
Объем %	41	50	9	

По данным опробования среднее содержание грунта, воды и нефтепродуктов в смеси составляет соответственно 64, 30 и 6 весовых процента (табл. 6.15.1). По ориентировочным расчетам в 600 м³ смеси грунта, снега и нефти содержится ориентировочно 48 т нефтепродуктов. Опробование воды из шурфов, пройденных в загрязненном грунте, показало, что содержание нефтепродуктов в ней составляет 1,88 - 5,30 г/л, подавляющая часть которых представлена нефтяной пленкой на поверхности воды. Для разработки методов удаления нефтепродуктов в лабораторных условиях были проведены эксперименты с сорбентами, изготовленными из отходов производства активированного угля. Активированный уголь имеет большую площадь поверхности на единицу массы (580 - 1400 м²/г) и соответствующую пористую структуру, что и определяет его высокую эффективность как адсорбента [103].

Таблица 6.15.2

Химический состав воды и снега в районе аварии, мг/л

Место отбора	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	NO ₂	Ca	Mg	Na	NH ₄	Fe общ.	Минерализация	Нефтепродукты	pH
Река Койва	140.3	37.0	4.3	2.3	0.03	31.1	6.7	25.9	0.0	0.02	247.6	0.18	7.72
Снег	12.2	9.1	4.3	3.2	0.04	1.0	0.6	9.9	0.5	0.10	40.9	0.12	6.72

Для исследований был выбран образец воды, отобранный на месте аварии, с мутностью 240 градусов. На первой стадии исследований для разрушения эмульсии и удаления нефти из воды был использован тонкодисперсный сорбирующий материал, который помещали на дно кюветы глубиной 200 мм, после чего в нее вливали тонкой струей по стеке воду загрязненную нефтью. В первый момент опыта сорбент всплывал на поверхность воды, а затем, по мере намочения, распределялся в ее объеме, образуя суспензию. После отстаивания суспензии в течение суток пипеткой отбирались пробы воды на глубине, равной половине высоты слоя воды в кювете. В воде визуальное можно было определить наличие взвешенных частиц сорбента. Поверхностная пленка частично сохранялась.

С целью обеспечения комплексности и полноты очистки был разработан и изготовлен образец многокомпонентного сорбента, который был испытан на аналогичном образце воды при условиях оговоренных ранее. После отстаивания в течение суток сорбент полностью разделился на два слоя; осадок на дне кюветы и плавающий слой. Вода, отобранная на половине глубины, имела показатель мутности 16 градусов, органолептически присутствие нефти не обнаруживалось. Плавающий слой сорбента удаляли с поверхности воды. После тщательного сбора сорбента нефтяной пленки на поверхности воды не наблюдалось, после отстаивания воды в течение суток поверхностная пленка вновь не образовывалась.

Таким образом, проведенные лабораторные испытания показали, что при применении многокомпонентного сорбента обеспечивается разрушение водно-нефтяной эмульсии и удаление нефти, как в объеме, так и с поверхности воды. Часть сорбента после осаждения образует сорбирующий слой на дне, который при наличии фильтрации воды в грунт будет работать по принципу намывного фильтра. Плавающий компонент сорбента после его отработки может быть удален с поверхности воды. Сорбент может быть изготовлен в самые короткие сроки из компонентов, производимых в Перми. К сожалению, для ликвидации последствий аварии был рекомендован значительно более дорогой способ с использованием реагентов импортного производства.

Для примера приведем одну из возможных принципиальных схем применения предлагаемого способа.

В загрязненном грунте проходятся траншеи и заполняются сорбентом. Глубина траншеи определяется фильтрационными и физико-механическими свойствами грунтов, условиями залегания грунтовых вод в районе аварии. Траншеи с течением времени заполняются нефтепродуктами, водой (атмосферные осадки, таяние

снега, верховодка). Загрязненная вода, дренированная траншеями, фильтруется через осадившийся сорбент Б и при этом очищается. Нефтяная пленка удаляется плавающим сорбентом А. После очистки воды сорбент удаляется и утилизируется, например, путем сжигания в топках или может оставаться на месте, а на участке складирования проводится рекультивация. Для предотвращения возможного загрязнения грунтовых вод за пределами обваловки, вследствие просачивания нефтепродуктов сквозь тело дамбы, рекомендуется по направлению движения подземных вод выкопать траншею и заполнить ее сорбентом. Для контроля эффективности ниже по потоку необходимо предусмотреть контрольные скважины.

Предлагаемый метод сравнительно прост в применении и экономичен. Кроме того, сорбент (отходы производства активированного угля) могут использоваться в виде экранов, укладываемых в местах потенциального разлива технологических продуктов на нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и нефтетранспортных предприятиях.

6.16. Охрана потенциально опасных предприятий нефтехимической промышленности и система пожарной безопасности. На ведомственную военизированную охрану возлагается функция охраны объектов и материальных ценностей, осуществление пропускного и внутриобъектного режима, разработка мероприятий по предупреждению пожаров и проведение повседневной пожароохранной профилактической работы, тушение возникших пожаров, оказание помощи при авариях и стихийных бедствиях, содержание в исправности и оперативной готовности пожарно-технического инвентаря и вооружения, подготовка и обучение добровольной народной дружины и проведение противопожарного инструктажа работающих.

Территория предприятия и его объекты ограждаются забором высотой не менее 2 м, а по периметру устанавливается охранное освещение. Объекты и помещения, размещенные за территорией предприятия (камеры пуска и приема скребка, пруды-испарители и т.д.), ограждаются и оснащаются наружным освещением. Контрольно-пропускные пункты оборудуются охранной сигнализацией и городской телефонной связью.

При проектировании размещения зданий и сооружений на нефтеперекачивающих и наливных станциях предусматривается свободный подъезд автомобилей пожарных команд и доступ к пожарному инвентарю. Здания перекачивающих и наливных станций при расходе нефтепродукта 1200 м³/ч с площади пола 300 м² и более, а также резервуары вместимостью 5000 м³ и более оборудуются стационарными установками автоматического пожаротушения. Кроме того, предусматривается сеть противопожарного водопровода с устройством пожарных гидрантов и кранов.

Молниезащита Здания, сооружения и оборудование системы магистральных нефтепродуктопроводов в зависимости от интенсивности грозовой активности в конкретном районе защищают от прямых ударов молнии, электрической, электромагнитной индукции и запаса высоких электрических потенциалов.

Предупреждение возникновения искровых разрядов на поверхности оборудования, нефтепродуктов, а также на теле человека осуществляется специальными мерами, обеспечивающими стекание образующихся зарядов статического электричества:

- устройством заземления оборудования, коммуникаций, тела человека;
- уменьшением удельных объемных и поверхностных электрических сопротивлений;

- использованием радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

Резервуары объемом до 500 м³ заземляют не менее чем в двух диаметрально противоположных точках. Резервуары объемом до 1000 м³ заземляются в четырех местах на равных расстояниях друг от друга. Резервуары объемом более 1000 м³ заземляют через каждые 30 м по периметру.

Магистральные продуктопроводы заземляют в начале, в конце и во всех ответвлениях, а также при входе в помещения. На сальниковых компенсаторах и шарнирных соединениях устанавливают шунтирующие перемычки из гибкого многожильного медного провода. Минимальная площадь сечения заземляющих проводов из стали равна 25 мм², из меди - 16 мм². Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, не должно превышать 100 Ом.

Резервуары при толщине металла 4 мм и более, а также отдельные резервуары вместимостью 10 м³ независимо от толщины металла крыши присоединяют к заземлителям.

Резервуары, а также группы резервуаров при общей вместимости парка резервуаров 100 тыс. м³ защищают от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами, корпуса резервуаров присоединяют к заземлителям.

Молниеприемники изготавливают из металла любого профиля длиной не менее 200 мм (минимальная площадь сечения не менее 100 мм²) и оцинковывают, лудят или красят для защиты от коррозии.

Предотвращение возгораний и тушение пожаров. Для предупреждения пожаров в резервуарных парках и определения способов пожаротушения необходимо представлять условия возникновения пожаров и основные закономерности горения жидких нефтепродуктов.

Воспламенение нефти и нефтепродуктов в закрытых резервуарах в большинстве случаев сопровождается взрывом с разрушением резервуара.

В первые минуты, а иногда и секунды горения пламя покрывает всю свободную поверхность нефтепродуктов, после чего горение вступает в фазу установившегося состояния, при котором внешние признаки процесса кажутся неизменными во времени.

Исследование процессов горения нефтепродуктов и практика тушения пожаров показывают, что для прекращения горения пена должна покрывать всю свободную поверхность нефтепродукта слоем определенной толщины. Все пены с низкой кратностью оказываются малоэффективными. Пена, падая с большой высоты (6...8 м) на поверхность горючего, окунается и обволакивается пленкой топлива, при этом пена сгорает либо быстро разрушается. Только пены кратностью 70...150 можно забрасывать в горящий резервуар навесными струями.

Установлено, что нормативная интенсивность подачи стократной воздушно-механической пены при тушении пожаров в резервуарах с нефтепродуктами составляет: для бензинов - 0.08 л/(м²·с), для нефтей и нефтепродуктов с температурой вспышки +28°С - 0.05 л/(м²·с).

Глава 7. ТЕРРОРИЗМ И ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Введение

Трагические события в московском метро в феврале 2004 г., 23 октября 2002 г в театральном центре на ул. Мельникова в Москве., связанные с захватом около 900 заложников группой чеченских террористов и их освобождение спецслужбами России проходили при моральной поддержке многих государств мира и ещё раз показали необходимость активного противодействия терроризму особенно после 11 сентября 2001, когда пришло осознание мировым сообществом того, что международный терроризм –это чума 21 века, который множит примеры чрезвычайных ситуаций такого рода как в России, так и за рубежом. 4.03.2003 г. на Филиппинах в в г.Давау террористы осуществили 3 взрыва почти одновременно в аэропорту и на автобусных остановках (число погибших и раненых 50 и 150 человек соответственно, 27 декабря 2002 г. в Грозном взорвано здание правительства Чеченской республики в результате таранного прорыва грузовика начинённого взрывчаткой погибло 72 человека и 210 ранено, по такой же схеме мощный подрыв в близи административного центра в в селении Знаменское Надтеречного района Чечни 12 мая 2003г/погибли 60 человек.250 ранено, последующее покушение на Кадырова 14 мая 2003 г. с использованием женщин-смертниц (взрывчатка была размещена в видеокамере), что повлекло гибель ещё 16 человек и более 140 человек было ранено Подрывы электрички Минеральные Воды –Пятигорск, госпиталя в г. Моздок, здания ФСБ в Ингушетии- всё это далеко не полный перечень теарктов на Северном Кавказе в 2003г.

Проявления терроризма в других странах также многочисленны.12 марта 2003: в Белграде, Сербия и Черногория (бывшая Югославия)был убит премьер-министр Сербии Зоран Джинджич. Примеры палестинского терроризма в Израиле – со взрывами в автобусах, в кафе и ресторанах исчисляется уже сотнями. Так хотя и не вполне типичный случай, когда 19 мая 2003г. в Израиле при попытке прохода в торговый центр палестинка с поясом шахида подорвала себя и охранника/бывшего гражданина России/, который попытался вывести её от туда. В связи с этим следует отметить, что чеченский терроризм становится всё более похожим на арабский, когда фугасный метод подрыва техники и людей дополняется использованием смертников –камикадзе. О чём свидетельствует теракт проведённый двумя молодыми чеченками-шахидками 6 июля 2003 г. перед началом рок-фестиваля в Тушине в Москве /погибло 15 человек и 52 ранено/.

Во вторник 11 сентября в 8.45 утра по местному времени в южную башню комплекса всемирного торгового центра на Манхэттене в Нью-Йорке врезается угнанный лайнер. Начинается пожар, который сначала воспринимается как техногенная катастрофа. А в 9.03 еще один самолет, летевший рейсом Бостон - Лос-Анджелес врезается уже в северную башню торгового центра[.

Авиалайнеры врезались в 64-й и 84-й этажи. Обитатели соседних зданий с ужасом увидели, как из окон Всемирного торгового центра выбрасываются люди.

Буквально через час во время эвакуации людей из центра раздается взрыв, и здания рушатся. Сразу же, после случившегося, с обращением к нации выступает президент США Джорж Буш/младший/, который называет произошедшее терактом. (По некоторым сведениям из американской печати некоторые службы из ФБР предупреждали Буша о подготовке пилотов самолётов из числа арабов и о возможных захватах самолётов) .

Следующие удары спустя несколько минут были направлены против здания Пентагона в Вашингтоне и резиденции президента в Кэмпт-Дэвиде. В Пентагон врезается самолет, захваченный террористами, в ту часть здания, где располагался отдел по борьбе с терроризмом. А чуть позже еще один самолет разбивается в районе Питтсбурга в штате Пенсильвания. В течение одного часа с 11 до 12 - объявлено о крушении четырех самолетов. Днем в США было объявлено чрезвычайное положение.

И хотя в России такого рода проявления терроризма со взрывами жилых зданий и гибелью ни в чём не повинных людей имели место в 1999 году, уже в конце прошедшего столетия, но только после событий 11 сентября мировая общественность и руководители большинства государств мира осознали глубину сложившихся противоречий между «золотым миллиардом»- народами стран Западной Европы, США (только американская экономика составляет четверть мирового ВВП), Канады, Новой Зеландии и Австралии и отчасти Японии и остальным 3-им миром. Исламский фундаментализм и его крайние проявления (после завершения «холодной войны» и противостоянием Восток-Запад) проявил себя в виде международного терроризма, который стал «ахилесовой пятой» мирового сообщества в 21-м веке. В Афганистане режим талибов, который временно узурпировал власть в этой стране и исповедовал крайние формы исламского экстремизма вместе с Усама бен Ладеном (который во многом порождён спецслужбами США в период противостояния СССР-США) организовали лагеря по подготовке террористов, которые наряду с другими подобными лагерями в других странах стали питательной средой для людей не только мусульманского мира, придерживающихся крайне ортодоксальных взглядов, но и также отдельных граждан США, России, Китая и других государств. Так например, после завершения операции возмездия мирового сообщества в Афганистане было установлено, что гражданин США 20-летний Джон Уокер воевавший в Афганистане на стороне талибов и позднее захваченный в плен, за три месяца до событий 11 сентября знал о том, что Усам бен Ладен послал в США пилотов –камикадзе для совершения терактов. С другой стороны почти доказано, что порошок со спорами сибирской язвы рассылали не мусульмане, а предположительно белый англосакс протестант, из числа тех правых радикалов, которые симпатизировали тому, кто взорвал торговый центр в Оклахоме в 1995 г. Через месяц после событий 11 сентября 15-летний подросток последователь идей бен Ладена, восхищенный артистизмом выполненных терактов, направил пилотируемый им самолёт «Чесна» на один из банков в г. Чикаго в США. Так что причины терроризма многолики., выяснение этих причин и их устранение является сложной задачей, требующей совместных и по-видимому продолжительных и скоординированных усилий многих стран мира.

Теракты в США 11 сентября 2001 г., а также взрывы в Индонезии и Филиппинах в октябре, захват заложников 23 октября 2002 г. на ул. Мельникова в Москве можно рассматривать как звенья одной цепи в преступном развитии международного терроризма под флагом исламского экстремизма в начале 21-века.

В России в соответствии с рекомендациями ООН принят закон по усилению борьбы с терроризмом и любыми формами его финансирования. 2 февраля 2002 г. в г. Мюнхене была проведена международная конференция по безопасности на которой обсуждались совместные действия силовых структур различных стран мира по борьбе с международным терроризмом. Такие вопросы по координации силовых структур стали уже регулярными как на двухстороннем, так и в рамках многостороннего сотрудничества

государств в ходе антитеррористической борьбы в мире. Достаточно очевидно, что спецслужбы ФБР и ЦРУ США продемонстрировали свою некомпетентность допустив эту трагедию и национальный позор Америки, как впрочем, и силовые структуры других стран и, в частности России, где до сих пор не решена проблема Чечни и связанный с ней терроризм не прекращающиеся подрывы людей, домов и техники, трубопроводов(достаточно напомнить о планах захвата АПЛ в Приморском крае с целью политического шантажа) или попыток использования ядов (типа цианистого калия, рицина и др.),химических отравляющих веществ, радионуклидов. Проблемы предотвращения терроризма могут быть облегчены с учётом накопленного опыта в других странах, например в Израиле, совместных усилий государств с этим злом..

Чрезвычайно опасно сотрудничество спецслужб с террористами. Наиболее известный пример – Колумбия, Афганистан. Где только чрезвычайные международные меры сумели вырвать эти государства из под практически полного контроля наркомафии и талибов соответственно.

Исследование экономических, политических, социальных и иных причин терроризма и связанных с ним чрезвычайных ситуаций[108-130] является предметом рассмотрения настоящей главы.

7.1.Из истории терроризма

История терроризма сопровождает развитие цивилизации[111]. Одно из первых упоминаний о терактах связано с еврейской политической группировкой зилотов (буквально «ревнителей»),боровшихся методами террора против римлян за автономию Фессалоник ещё в 66 – 73 гг. до н. э.[108- 116].

В последующей истории можно найти примеры терроризма самого различного плана. Средневековая инквизиция стала примером жестокости и неоправданного насилия . В историю террора вошли Варфоломеевская ночь, убийство короля Генриха IV, Французская буржуазная революция, Парижская коммуна.

Характерно, что само понятие «террор», по мнения некоторых специалистов, возникло именно во время Французской буржуазной революции.

Ряд террористических организаций носило политическую революционную окраску (карбонарии в Италии, народничество в России). Их идейные руководители в плену иллюзий считали, что через террор можно прийти к состоянию справедливости и всеобщему благосостоянию. К сожалению, эти заблуждения находят почву и сегодня.

В середине XIX века появились и свои теоретики в области террора. К ним можно отнести Карла Гейнцена. В своей статье «Убийство» он отвергал понятие морали и провозглашал правомерность террора против господствующего класса.

Во второй половине XIX века террор особенно пышно расцвёл на основе анархистских и националистических взглядов. Жертвами террора стали такие высокопоставленные лица, как король Франции Луи Филипп, император Фридрих Вильгельм, император Александр II ,а в XX веке премьер – министр России П.А. Столыпин, Индии - Раджив Ганди и др.[111]

И всё же следует отметить, что в XIX столетии терроризм не носил массового характера и не имел ту высокую степень риска для общества , как в XX веке. В начале XX века в Европе стали возникать террористические организации, в основном революционного, уголовного и националистического характера. Именно тогда впервые появились мафия, колюра. Красный террор в советской России и Камбодже,

ирландский, арабский терроризм, и в частности, палестинский. Это всё вехи его развития из прошлого века в настоящий.

Практически все вооруженные конфликты, возникшие в последние годы в Африке, Азии, на Ближнем Востоке, на территории СНГ, сопровождались всплеском диверсионно-террористической деятельности, в результате которой, в первую очередь, страдало мирное население. Социальное неравенство в обществе, национально-конфессиональные противоречия и отсутствие эффективного правового регулирования общественной и религиозной деятельности способствовали образованию значительного количества экстремистских националистических организаций и фанатичных религиозных сект, имеющих военизированные формирования и рассматривающие терроризм как одно из основных средств для борьбы со своими противниками.

К наиболее известным международным террористическим организациям следует отнести: «Ирландскую республиканскую армию», «Красные бригады», «Организация басков за родину и свободу(ЭТА)», турецкие террористы –«серые волки», «Аум Сенрикё», «Хамас», «Братья мусульмане», «Фатх» а также «Аль-Кайда» или «Мировой фронт джихада» (МФД), созданный Усама бен Ладеном. Последние известны также как Всемирный исламский фронт джихада против евреев и крестоносцев, Исламская армия за освобождение святых мест. Кроме терактов 2001г. деятельность «МФД» связана со взрывами американских посольств в Адене, Йемен., в Дар-эс-Саламе, Танзании в декабре 1992г, и 7 августа 1998 г. в Найроби, Кении и Танзании– результате которых было убито не менее 301 человека и ранено более 5000 человек, а также взрывами самолётов, совершавших рейсы из США над Тихим океаном в 1995г., планами покушения на папу -Павла-второго во время его визита в Манилу в конце 1994 г. и президента США Б. Клинтона в ходе его визита на Филиппины в начале 1995 г.. Мировой опыт свидетельствует, что организаторы террористических акций в качестве основных целей преследуют:

Желание посеять страх среди населения;

Выражение протеста против политики правительства;

Вымогательство;

Нанесение экономического ущерба государству или частным фирмам;

Проведение скрытых террористических актов(в том числе экологической направленности) против своих соперников или правоохранительных органов.

В середине XX века появился новый вид терроризма, который менее всего заинтересован в отстаивании политических идей, а сосредоточен на совершении любой ценой крупномасштабного акта возмездия против мирных граждан.

Например, в США в городке Хартфорд (штат Коннектикут) в июле 1944 года некий Роберт Дэйл Сегри без всяких причин и поводов, произвел, поджег городского цирка. В огне погибло 168 человек, более 480 было ранено в ходе возникшей паники.

Начиная с 1960-х гг. терроризм принял беспрецедентный размах, отрицательно воздействуя на развитие, как отдельных государств, так и международного сообщества в целом. Терроризм стал одним из самых опасных вызовов международной безопасности и превратился в глобальную проблему. Стало очевидным, что для эффективной борьбы с ним требуются совместные усилия всего мирового сообщества, координация коллективных действий на глобальном, региональном и национальном уровнях.

Следует отметить, что в XX веке понятия терроризм и катастрофы как никогда близко сошлись. Особенно если иметь в виду возможность терроризма с применением оружием массового поражения. Именно такой терроризм может привести общество к катастрофам[108-116]. Следует, однако, напомнить, что захват самолётов 11 сентября 2001 г. был осуществлён с помощью ножей для разрезки книжных листов, а результат терактов сверх –трагический. В 2002 г. использование вашингтонским снайпером винтовки с оптическим прицелом (которую легко можно приобрести в оружейных лавках в США) привело к гибели 12 человек и 5 раненым и психологическому потрясению американцев, также как и почтовая рассылка по почте спор возбудителей сибирской язвы, которая привела к гибели 3 человек и серьёзной панике в американском обществе.

По мнению зарубежных экспертов, расщепляющиеся материалы, компоненты химического и биологического оружия сейчас доступны террористам, как никогда ранее. Это объясняется либерализацией торговли, слабостью экспортного контроля, открытостью данных о новейших разработках в области химических и биологических вооружений и усиливающейся интернационализацией преступности и терроризма.

Выступая в апреле 1997 года на конференции по терроризму, министр обороны США У. Коэн привел сообщения о том, что в ряде государств пытаются создать биологическую рецептуру, подобную вирусу Эбола, и патогенные типы микроорганизмов, способные воздействовать на определённые этнические группы и расы. Другие занимаются созданием средств экологического терроризма, с помощью которых можно будет изменять климат, вызывать землетрясения и будить вулканы дистанционным способом, используя электромагнитные излучения. Особую озабоченность у У. Коэна вызывает то, что террористические группы в состоянии вести обмен информацией по химическому и биологическому оружию через сеть «Интернет». «Больные, мерзавцы, религиозные фанатики, безумцы и фундаменталисты крайнего толка присоединились к потоку электронной торговли и информационного обмена», - утверждал министр обороны США. Обобщённые характеристики террористических действий приведены на рис.7.1

Субъекты террористических действий

Убийцы одиночки	Преступные сообщества	Этнические классы	Религиозные секты	Экстремистские политические объединения	Специальные службы государства
-----------------	-----------------------	-------------------	-------------------	---	--------------------------------

Средства, используемые для проведения террористических актов

Холодное оружие	Огнестрельное оружие	Взрывчатые вещества	Отравляющие вещества	Биологические агенты	Радиоактивные вещества
-----------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	------------------------

Объекты воздействия

Физические лица	Транспортные средства	Общественные и жилые здания	Промышленные потенциально опасные объекты	Системы связи и управления
-----------------	-----------------------	-----------------------------	---	----------------------------

Рис.7. 1.Типовые характеристики террористических действий

7.2. Виды терроризма

Во-второй половине XX века терроризм превратился в одну из постоянных угроз безопасности человечества, и прошедший век войдет в историю человечества не только своими выдающимися научно-техническими открытиями и достижениями, но и как век, вписавший в эту историю целый ряд чёрных страниц, в числе которых находится и одно из наиболее уродливых и трагических общественно-социальных явлений – терроризм [112].

Само понятие «терроризм» произошло от латинского слова – «terror» - страх, ужас. Правовое определение терроризма дано в Федеральном законе Российской Федерации «О борьбе с терроризмом»: **«Терроризм - насилие или угроза его применения в отношении физических лиц или организаций, а также уничтожение (повреждение) или угроза уничтожения (повреждения) имущества и других материальных объектов. Осуществляемое в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения или оказание воздействия на принятие органами власти решений, выгодных террористам, или удовлетворяющих их неправомерным имущественным и (или) иным интересам; посягательство на жизнь государственного или общественного деятеля, совершённое в целях прекращения его государственной или иной политической деятельности, либо из мести за такую деятельность; нападение на представителя иностранного государства или сотрудников международных организаций, пользующихся международной защитой, а равно на служебное помещение, либо транспортные средства, если это деяние совершено в целях провокации войны или осложнения международных отношений».**

Классификация терроризма приведена на рис.7.2

Приведённая классификация [до некоторой степени условная и разделена по :

- преступным целям;
- масштабам терроризма,(включая против группы государств, что соответствует международному терроризму);
- видам в том числе экономический, экологический, который включает в себя химический, техногенный, геофизический (включая метеорологические активные воздействия), радиационный и другие.

Рассмотрим некоторые из видов терроризма.

Террористы-«шутники»

Проявления телефонного терроризма. имеют подчас «шутейскую» окраску, но тем не менее приносят обществу значительный материальный и моральный ущерб.

Статистический анализ звонков- предупреждений о терактах показывает, что 48% из них относятся к учебным заведениям(в основном школам, лицеям и ПТУ), 17% к жилым домам, 13% - к станциям метро. Остальное –по большей части различные увеселительные заведения [117].

Всплеск анонимных сообщений о готовящихся актах терроризма наблюдается в начале учебного года. после зимних каникул и в период подготовки к выпускным экзаменам. «Террористами», как правило, оказываются дети от 7 до 14 лет. Хотя справедливости ради стоит упомянуть 90-летнего телефонного террориста из Голландии, который предупреждал о якобы заложенных бомбах в учреждениях социальной защиты. В соответствии с законом по статье 207 УК РФ за такие «шутки» возможно лишение свободы на срок до 3 лет. В 2001 г. по этой статье было возбуждено

в Санкт –Петербурге 89 уголовных дел, привлечены к ответственности 63 человека. В Нью-Йорке (после терактов 11 сентября 2001 г.) за аналогичные преступления ввели наказание в виде 7 лет тюрьмы. Всё это отвлекает большое количество людей и средств и далеко не безобидно для общества и государства. Достаточно вспомнить преднамеренный случай поджога 6.марта 2002 г. на Большой Разночинной улице в Петербурге, когда в огне погибло 7 человек, среди них двое детей, 16 человек получили травмы и ожоги различной степени тяжести, а дом из 27 квартир не подлежит восстановлению. Ещё более опасен информационный, компьютерный, космический терроризм, когда шутки ради, а иногда и специально хакеры нарушают систему управления спутником, в том числе и военным.

Экономический - "уголовный терроризм"

Одним из видов терроризма является –экономический - "уголовный терроризм". Благодатной почвой роста терроризма в России является, прежде всего, рост преступности, снижение жизненного уровня народа, коррупции во власти. Исключительное распространение получил криминальный терроризм, т.е. совершение террористических актов организованными и иными преступными группами для устрашения и уничтожения конкурентов, для воздействия на государственную власть с тем, чтобы добиться наилучших условий для своей преступной деятельности. Общеуголовный терроризм [107-109] можно встретить в повседневной, криминальной практике очень многих стран, когда сводят счеты или устрашают друг друга различные, преступные группировки, когда некоторые структуры и лица в бизнесе и во власти используют теракты для решения своих противоправных задач [108-113].

Именно с этим явлением и столкнулась Россия в период первоначального накопления капитала особенно в 1992-1995 гг.. Взрыв на Котляковском кладбище повлекший гибель 14 человек и 12 раненых связан с выделением льгот обществу воинов –афганцев на продажу алкогольной продукции и несправедным разделом сверхприбыли среди руководителей этого общества. Ещё для примера отметим, что только за 9 месяцев 1995 г. в Подмоскovie было сожжено 69 фермерских хозяйств, по стране убито 469 предпринимателей (210 из них в Москве), и более 1500 человек стали жертвами покушений [] или общеизвестен случай отравления в Москве отравляющим веществом нервно-паралитического действия крупного российского бизнесмена Кивилиди и его секретарши, покушение на Березовского, как совладельца «Логоваза», а также убийство в центре Москвы губернатора Магаданской области Цветкова, гибель начальника пограничного округа генерала Гамова на Сахалине в 2002 г. всё это является проявлениями экономического терроризма.

Основные причины экономического терроризма лежат в углубляющемся социальном и политическом кризисе, в ослаблении правопорядка, что и порождает новые противоречия, для разрешения которых отдельные лица и организации все чаще прибегают к насилию.

Следует отметить, что успех борьбы тем или иным общественно – опасным явлением в значительной степени зависит от понимания его сущности, причин возникновения и устойчивости существования[108,109].

Отчего же терроризм сегодня перерос рамки национальной проблемы отдельных государств? Причин тому достаточно, назовем лишь наиболее существенные .

Прежде всего, это противоречия экономического характера, основными из которых в настоящее время являются: резкое несоответствие результатов

экономической реформы ожиданиям общества; несоразмерно высокая цена реформы (падение вдвое производства, обнищание большинства населения).

Особое значение приобрели в современной российской действительности социальные противоречия.

Во-первых, это противоречия, обусловленные расколом общества на группы с различным экономическим положением. На этой основе возникла и продолжает развиваться поляризация в обществе. Разрыв в уровне доходов между самыми богатыми и самыми бедными превышает в России норму, допустимую в цивилизованных странах и обеспечивающую относительную социальную стабильность.

Это повлекло за собой замедление процесса формирования среднего слоя, значимость которого в социальной структуре создает основу социальной стабильности. Результатом стало расширение маргинальных слоев за счет бывшего среднего слоя – военнослужащих, «афганцев», теперь и «чеченцев», научной и преподавательской интеллигенции, студенчества и т.д., а затем стремительное увеличение числа люмпенов, представляющих опасность для социальной стабильности и пополняющих криминальные группы различного толка.

За этим последовали социальная деформация общества, отток активной части населения из приоритетных сфер жизнедеятельности (производства, науки, образования и др.), возрастание социальной вражды и агрессивности, обвальное увеличение преступности, прежде всего тех видов преступлений, которые связаны с насилием против личности.

Во-вторых, это противоречия, обусловленные углублением национальных, религиозных, региональных и иных конфликтов, что повлекло за собой действие таких факторов, как:

- формирование долговременных очагов социальной напряженности и противоборства, способных легко перейти в стадию открытого конфликта с активным применением форм насилия, в том числе и терроризма (особенно – осетино-ингушский конфликт, Чечня);

- широкомасштабное распространение криминогенных процессов;

- снижение эффективности деятельности правоохранительных органов и возрастание угрозы безопасности личности и имущества;

- усиление влияния лидеров организованной преступности на развитие и обострение процессов противоборства. Кто внимательно следил за всеми процессами, происходящими в Чечне на протяжении последних лет, не мог ни обратить внимание на необычайно тесное и глубокое взаимопроникновение чисто уголовного и политического экстремизма. Сегодня уже трудно сказать, где кончается уголовный экстремизм и начинается политический. По крайней мере, стало очевидным, что организованная преступность уже провела и проводит своих представителей в органы исполнительной и законодательной власти в различных регионах страны;

- углубление влияния этноклановых и иных корпоративных групп на развитие конфликта и его использования в своих корыстных интересах для раздела собственности и захвата власти;

- обострение этноцентристских и религиозных ортодоксальных течений;

- усиление миграции населения, нарастание волны беженцев, что влечет за собой тяжелые экономические и социальные последствия и создает новые очаги напряженности в других регионах, местах поселения беженцев. Лишенные социальной

и материальной основы жизни, они становятся одной из наиболее опасных социальных групп пополнения криминальных группировок. Входят в наиболее организованные и жестокие группы организованной преступности, построенные на этической основе и т.д.

В-третьих, это противоречия, обусловленные разрушением сложившейся и отсутствием новой эффективной системы социальных гарантий жизни населения. В рамках этих противоречий незамедлительно сказалось и продолжает сказываться действие таких факторов, как:

- рост социальной неудовлетворенности, формирование в связи с этим настроений социальной отчужденности, усиление эгоизма, апатии и иждивенчества со стороны значительной части общества;

- постепенное втягивание определенной части населения в криминальные отношения;

- в связи с материальной и финансовой неустроенностью, бытовыми сложностями для военнослужащих и их семей, массовыми увольнениями из рядов вооруженных сил и органов внутренних дел, разведки и контрразведки без какой-либо перспективы формируется отрицательный социальный потенциал в среде военнослужащих. Как следствие этого – падение престижа армии и службы в армии, в органах внутренних дел и спецслужбах, рост преступности среди военнослужащих.

Прямое воздействие на содержание политического экстремизма оказывают противоречия в политических отношениях, среди которых принципиальное значение приобретают:

- во-первых, противоречия между демократическими конституционными принципами и реальной политической практикой;

- во-вторых, противоречия, вытекающие из продолжающегося процесса политического размежевания общества, формирование социальных групп и слоев с противоположными политическими интересами;

- в-третьих, противоречия, порожденные отчужденностью между властью и насилием;

- в-четвертых, противоречия, вызванные ослаблением социально-экономических и культурных связей между центром и регионами, а также между отдельными регионами.

Именно эта группа противоречий оказывает через самые различные факторы воздействие на стимулирование политического экстремизма и ослабление воли и возможностей государственной власти эффективно противостоять ему.

Именно при усилении таких явлений становится возможной «героизация» уголовных авторитетов, бандитов и террористов, что и происходит, к сожалению, в российском обществе.

В современном российском обществе можно выделить три силы, носителями которых является власть, бизнес, криминал. Цель каждой из них – получение сверхприбыли. Представители этих структур образуют мафию/ – полуправильная террористическая организация/.

Эта разновидность имеет большое криминологическое сходство с "классическим" политическим терроризмом. Остаточный же его эффект тот же – деморализация общества, нагнетание атмосферы страха, неуверенности, запугивания, парализации и подавления общественной воли, недовольство властями и правоохранительными органами, ликвидация демократических институтов общества, затруднение нормального функционирования государственных органов.

Идет борьба за сферы влияния, в которой одни силы убирают, мешающие им звенья других. Поэтому и происходит отстрел депутатов, бизнесменов и «воров в законе», иначе проявление терроризма. Но взаимный интерес этих сил есть, так как они необходимы друг другу.

В бизнес и криминал попадают люди энергичные, волевые, получившие свой жизненный потенциал и воспитавшие сильный характер вопреки давлению системы. В привилегированный класс управителей (власть) часто попадают люди вследствие клановой принадлежности к определенному звену госаппарата, а не в силу своих профессиональных и человеческих качеств, свойств характера. Поэтому преступники, как правило, оказываются над ними.

Власть – неустойчива, бизнес – вороватый, криминал – сильный. Характер отношений между ними определяется областью взаимных интересов и устойчивостью или силой власти.

Новое преступное сообщество, возникшее на рубеже 1990 – х годов, сразу вошло в противоречие с интересами воровского клана. Во-первых, это касалось чисто территориальных сфер влияния. Во-вторых, различные технологии объема средств у производителя и торговца. Возникшие противоречия привели к жестокому выяснению отношений. Разборки носили характер мини войн и диверсионных действий.

Вновь созданные преступные синдикаты насчитывают от нескольких сотен до нескольких тысяч человек с собственной агентурой, разведкой, информационно – аналитическим центром для сбора и обработки разного рода информации.

Ежегодные доходы криминальных структур оцениваются в несколько млрд. руб. Как правило, уголовные дела возбуждаются в тех случаях, когда отчисления наверх прекращаются или снижаются.

В криминальном обществе сложилась четкая управляемая структура, обладающая мощным капиталом и криминальной силой. Капитал и сила позволяют криминальному сообществу претендовать на власть.

Материальная база является основой сплочения преступной группы, которая имеет следующие основные источники:

- обычный преступный промысел;
- доходы от казино и игорных домов (как правило, содержат на пару с администрацией);
- доходы с коммерческих банков и структур, отчисления теневиков;
- поступления от деятельности собственно финансово – коммерческих организаций.

Отмывание денег производится через магазины, липовые фирмы, подделки документов, на поставку сырья и сбыт продукции и др. Государство не волнует, есть ли производство или нет, лишь бы платили регулярно налоги.



Рис.7.2. Классификация проявлений терроризма

Химический и биологический терроризм. Использование террористами оружия массового поражения можно рассматривать на примерах подготовки и применения отравляющих веществ и биологических агентов [118-123], «грязного» ядерного оружия которые уже имели место:

Вначале 70-х годов проарабские террористические группировки планировали применить отравляющие вещества в Европе против американских посольств и складов хранения ядерного оружия;

В 1972 году в США была пресечена попытка националистической группы «Минитмены» с помощью синильной кислоты заразить систему кондиционирования воздуха в здании ООН в Нью-Йорке;

В 1972 году в США при аресте фашистской группы «Орден восходящего солнца» было изъято более 30 килограммов культуры возбудителя брюшного тифа, которую планировалось использовать для заражения системы водоснабжения города Чикаго и других городов США;

В середине 70-х годов антикастровские группировки в США получали от чилийской спецслужбы DINA зарин для использования его против своих противников;

В 1978 году палестинские террористические группировки организовали заражение ртутью партий апельсинов, поставляемых из Израиля в страны Европы. Заражение сельскохозяйственной продукции с целью нанесения экономического ущерба фирмам или государству имели место на Филиппинах и Цейлоне. С угрозами террористов и вымогателей заразить химическими веществами или биологическими агентами сельскохозяйственную продукцию или источники водоснабжения сталкивались в последние годы правительства Великобритании, Германии, Австралии и Кипра;

В 1988 году отмечен случай заражения цианидами партий винограда, поставленного в Европу из Чили;

В 1991 году американские неонацисты пытались применить синильную кислоту в синагоге;

В 1995 году чилийская правозащитная группировка угрожала применением зарина в метро города Сантьяго, если не будет выпущен на свободу генерал Контрерас.

По данным газеты «Комсомольская правда» от 15. 10.99 г. известен случай, когда в 1995 году диверсанты из таджикской оппозиции, закачав в арбузы и персики мочу больных желтухой, отравили в Курган-Тюбе почти весь личный состав одного из ракетных дивизионов 201-й миротворческой дивизии.

В качестве одной из причин появления «синдрома войны в Персидском заливе» могло быть поражение военнослужащих США и Великобритании отравляющими веществами, которые могли применить подразделения специального назначения иракской армии. Численность военнослужащих, которые могли подвергнуться воздействию отравляющих веществ, оценивается в 25 тысяч человек.

Применить отравляющие вещества против федеральных властей России угрожал в 1997 году известный чеченский террорист Салман Радуев. Общеизвестен случай отравления в Москве отравляющим веществом нервно-паралитического действия крупного российского бизнесмена Кивилиди и его секретарши.

Судя по всему, боевики Бин Ладена уже располагают оружием массового уничтожения. В частности, в новой программе подготовки террористических групп МФД существует раздел по работе с токсичными веществами и газами типа зарин. Террористов обучают приемам изготовления стойких отравляющих веществ для заражения водоёмов на основе химических препаратов, которые имеются в свободной продаже.

По оценкам командования вооруженных сил США, дислоцированных в Европе, подпольные структуры МФД в ряде европейских стран могут располагать портативными, легко камуфлируемыми взрывными устройствами, в том числе с химическими отравляющими

веществами. В этой связи с 1 января 1999 года все подразделения ВС США в Европе и даже члены семей военнослужащих получили средства защиты от химического оружия[122].

Однако наиболее крупномасштабные теракты с применением отравляющих веществ были осуществлены членами религиозной секты "Аум Сенрике" в Японии. В городе Мицумото (префектура Нагано) 27 июня 1994 года в результате применения отравляющего вещества типа зарин 7 человек погибли, 144 человека получили поражения различной степени тяжести. К сожалению, японской полиции в то время выявить организаторов акции не удалось. 3 марта 1995 года неизвестным отравляющим веществом были отравлены несколько пассажиров электропоезда в городе Иокогама, что, по мнению экспертов, было репетицией последующей крупномасштабной акции в токийском метро.

20 марта 1995 года террористы из секты "Аум Сенрике" практически одновременно, в 8 часов утра, на 5 линиях токийского метро вновь применили отравляющее вещество типа зарин. В результате хорошо спланированного и исполненного террористического акта было заражено 16 подземных станций метро. Смертельное поражение получили 12 человек и около 4 тысяч человек получили отравления разной степени тяжести. Позднее, 8 мая 1995 года, полиция на станции метро Шиндзюки обнаружила устройство с таймером, которое должно было в установленное время запустить реакцию с образованием синильной кислоты.

Канадский центр стратегического анализа, проанализировав более 200 случаев химико-биологического терроризма, считает, что наиболее распространенными и доступными химическими веществами и биологическими агентами для проведения терактов являются:

токсичные гербициды и инсектициды;

аварийно химически опасные вещества: хлор, фосген, синильная кислота и другие;

отравляющие вещества: зарин, зоман, Ви-икс, иприт, люизит;

психогенные и наркотические вещества;

возбудители опасных инфекций: сибирской язвы, натуральной оспы, туляремии и других;

природные яды и токсины: стрихнин, рицин, бутулотоксин, нейротоксины.

Перечисленные высокотоксичные химические вещества и биологические агенты могут попасть в руки террористов различными путями: отравляющие вещества могут быть похищены с военных складов и арсеналов, где хранится химическое оружие, а также из организаций и предприятий, занятых разработкой и производством средств противохимической защиты;

биологические агенты могут быть похищены из учреждений, осуществляющих производство вакцинных препаратов от особо опасных инфекций;

высокотоксичные вещества: инсектициды, гербициды, фармацевтические препараты, полупродукты органического синтеза могут быть приобретены в сфере производства, хранения, торговли;

раздражающие химические вещества для индивидуальной защиты (газовые баллончики с хлорацетофеноном, Си-эс, капсаицином и т.д.) могут быть приобретены в торговой сети в больших количествах.

Кроме того, отравляющие вещества и биологические агенты могут быть изготовлены нелегально в лабораторных условиях. Так, специалистами "Аум Сенрике" для газовой атаки в Токио и Мацумото было наработано около 6 литров зарина. Эта организация планировала также получение еще некоторых отравляющих веществ нервно-паралитического действия (зомана и Ви-икс) и ряда биологических агентов.

Таким образом, получение высокотоксичных химических веществ и особо опасных биологических агентов для использования в террористических целях в настоящее время не является неразрешимой задачей. Более сложную техническую задачу представляет создание

эффективных и надежных устройств для совершения террористических актов с применением отравляющих веществ или биологических агентов.

Вполне очевидно, что эти устройства должны быть портативны и по внешнему виду походить на вещи или предметы, которые обычно перевозят пассажиры. Поэтому, вероятнее всего, такие устройства будут замаскированы под чемодан, хозяйственную или дорожную сумку, упаковку для обуви, продуктовый пакет и т.д. В настоящее время в открытой литературе приведены описания двух типов устройств, используемых террористами секты «Аум Сенрике».

Первый тип устройства, которое было использовано для совершения теракта, представляет собой два герметичных пластиковых пакета, размещенных один в другом и содержащие в себе исходные компоненты для получения отравляющего вещества зарин. Запуск устройства осуществлялся прокалыванием пакетов острым наконечником зонтиков от дождя, которые имелись у террористов. Через образовавшиеся отверстия происходило смешивание исходных компонентов и образование паров зарина. Данное устройство чрезвычайно простое, но представляет опасность для самого исполнителя.

На более высоком техническом уровне выполнено устройство, обнаруженное полицией у турникетов токийского метро. Оно представляло собой небольшой чемодан (50x30x30 см), содержащий емкости с отравляющим веществом и ультразвуковой вибратор для получения аэрозоля. Для распыления токсичного аэрозоля использовался фен для сушки волос. Источником питания служили аккумуляторные батареи, была предусмотрена возможность дистанционного включения данного устройства. Такая конструкция может быть использована не только для заражения воздуха парами отравляющих веществ, но и для распыления аэрозоля малолетучих отравляющих веществ и биологических рецептур.

Объектами применения химического и биологического оружия с помощью террористических актов могут быть крупные объекты инфраструктуры с большим скоплением людей: станции метрополитена, аэропорты и железнодорожные вокзалы, крупные офисные здания, магазины и супермаркеты, закрытые спортивные и концертные залы, выставочные павильоны, а также системы водоснабжения больших городов, партии продуктов питания и напитков.

Особую опасность представляет применение быстродействующих фосфорорганических отравляющих веществ в замкнутом объеме помещений с приточно-вытяжной вентиляцией. Большие скорости распространения воздушных потоков с отравляющими веществами в местах скопления больших масс людей могут привести к колоссальному числу жертв. Если бы террористы "Аум Сенрике" в помещениях станции метро создали облако зарина с концентрациями 0,02-0,01 мг/л, то "се находящиеся на станции пассажиры получили бы смертельное поражение в течение нескольких минут.

После терактов 11 сентября 2001 г. США подверглись психологической атаке связанной с рассылкой по почте писем со спорами порошка сибирской язвы, которые привели к гибели нескольких человек и поражению нескольких десятков людей, что повлекло панику и страх среди американцев, когда населением были раскуплены за считанные дни противогазы и соответствующие медицинские средства защиты от этого ещё не самого страшного средства бактериального поражения.

Терроризм с использованием взрывчатых веществ и радиоактивных материалов

Взрывы в нью-йоркском центре всемирной торговли (первая попытка в 1994 г.), в г.Оклахоме (1995 г.) в США ,повлекшие к гибели людей и значительных материальным потерям .Во Франции (в декабре 1995 г.) была засыпана соль во второй охлаждающий контур третьего энергоблока АЭС Блейс, серия терактов в подземном метрополитене в Париже.(со стороны алжирских иммигрантов).Взрывы жилых домов в Москве , Буйнаксе, Волгодонске, УВД в г. Грозном, взрывы на рынках и вокзалах, на улицах и площадях в различных регионах

России в период с 1995 г. и по настоящее время, взрывы –шахидов в людных местах в Израэле, подрыв катерами со смертниками американского эсминца, французского нефтеналивного танкера в Йеменском заливе, взрывы на о. Бали в Индонезии и Филиппинах – это лишь беглое перечисление терактов с применением взрывчатых веществ произошедших в августе-октябре 2002 г.в мире.

Ракетная атака американской авиации по разрушению построенного, но ещё не загруженного ядерным топливом блока АЭС в Ираке в 1981 г.

В США в марте 1993 г. была попытка прорыва грузовика со взрывчаткой на территорию АЭС Три-Майл-Айленд. (Зарубежный опыт ничему не учит и в районе 100м от Сосново-Борской АЭС может проехать любой автомобиль, а прямо над ней проходят транспортные эшелоны самолётов и рядом в Усть-Луге, в Приморске находятся нефтеналивные порты. Всё это является реальной предпосылкой для соответствующих терактов.) Угроза взрыва на Игналинской АЭС в Литве в 1994 г.(взрывное устройство не было обнаружено, но лидер преступной группировки, спровоцировавший это, был выявлен и осуждён). Пожар в машинном зале Белоярской АЭС в 1978 г.[121-125]/

Целью технически грамотного террориста может являться расплавление реакторной зоны, а для этого возможны повреждения систем охлаждения реактора (основных трубопроводов, насосов и т.п.), электрических кабелей и систем защиты. Подрыв (или угроза подрыва) ядерного взрывного устройства. Ядерный взрыв представляет собой наиболее страшное проявление терроризма. В силу этого, сохранность стратегических ядерных материалов (высокообогащенного урана и плутония) и оружия является жизненным вопросом национальной безопасности и должна быть главным приоритетом в организации защиты ядерного комплекса[123-125].

Поэтому строжайший контроль за технологическими процессами как за реакторами на АЭС, так и за исследовательскими и иными ядерными энергетическими установками, которые содержат большое количество радиоактивных материалов с высоким внутренним энерговыделением является, наряду с их охраной (с привлечением всех силовых министерств), важнейшим элементом профилактики от возможных проявлений терроризма на этих объектах..

В ноябре 1995 г. в Измайловском парке в г.Москве был изъят контейнер с радиоактивным изотопом цезий –137, заложенный там чеченскими экстремистами, в 2000г. в подмосковье был обнаружен и изъят мощный радиоактивный источник размером с карандаш и излучением в 2000р/ч, привезённый из г. Грозного для его закладки в вагоне метро или на дискотеке. Пресечённые попытки продажи природного урана –238 и обогащённого урана, оружейного плутония и опасные не до конца выясненные пути попадания радиоактивных материалов в потенциально опасные районы и страны мира. Попытки создания грязной ядерной бомбы, когда с помощью обычной взрывчатки возможно аэрозольное распыление долгоживущих радиоактивных изотопов, заложенных в неё в качестве начинки (вместо гвоздей, болтов.

Но наибольшую опасность представляет распространение ядерных технологий обогащения урана и попадание таких материалов в руки террористов, в страны с авторитарным и неадекватным мировому сообществу руководством. Достаточно вспомнить, что создатель пакистанского ядерного оружия передавал в Иран, Ливию, Северную Корею и Малайзию секретные ядерные технологии. Опасность расползания ядерного оружия по миру, /возможность его попадания в руки террористических организаций / требует ужесточения контроля за ним со стороны МАГАТЭ и соответствующих силовых структур государств мира.

Обнаружение ВВ осуществляется обычно с применением специально обученных собак, миноискателей, специализированных аналитических и мобильных приборов-газоанализаторов, дозиметров, рентгеновской аппаратуры. Но использование подобной

аппаратуры не эффективно для обнаружения ВВ типа пластида в поясах- смертников . Здесь может быть применён иной бесконтактный контроль в местах большого скопления людей при одиночном прохождении людей через специально оборудованные ворота с использованием достаточно дешёвых приборов наблюдения как в видимой, так и в инфракрасной области спектра .Это возможно на основе дистанционного контроля аномалий температуры человеческого тела и его покровов. Это является важной прикладной задачей связанной с обеспечением безопасности людей, например, с обнаружением пояса-смертников, атипичной пневмонии, и других менее опасных для оператора-контролёра объектов.

Если для обнаружения взрывчатых веществ (ВВ) на транспорте в багаже уже существуют методы с использованием рентгеновского облучения, то по отношению к живым объектам и возможным носителям ВВ в общественных местах применение жёсткого излучения в течение минуты уже не безопасно и не гуманно. Выявление атипичной пневмонии у людей в аэропортах и в других местах прохождения больших масс людей возможно также на основе тепловизионных систем высокого разрешения и чувствительности (до 0.1°C), например, пироэлектрических видиконов, работающих в инфракрасной области спектра с использованием ПЗС-матрицы или зарубежных тепловизоров типа «Инфраметрик», но учитывая их дороговизну от 10 тысяч до 150 тысяч долларов и даже более – это проблематично даже для богатых государств. Так как в этом случае необходимо большое количество таких систем бесконтактного досмотра, то поэтому только сравнительно дешёвые подобные приборы стоимостью до 1000 \$, могут быть массово использованы в системе мониторинга людей в местах их скопления. Для этого необходима разработка более простых и недорогих ИК- приборов, даже с более инерционными, но более дешёвыми приёмниками излучения. При решении подобных задач необходима не только регистрация теплового поля объекта, автоматическая дискриминация аномальных температур областей человеческого тела и покровов маскирующих опасные объекты, но и одновременная визуализация объекта в целом в видимом диапазоне спектра[126].

Поставленная задача может быть достигнута с помощью использования:

1.отражательной оптики с применением зеркальных систем, например, по схеме Кассегрена. /Их преимущество в том, что не надо использовать дорогостоящие ИК-фильтры, плоскость изображения объекта в ИК-лучах совпадает с плоскостью видимого изображения. Достоинством систем состоящих из зеркал является компактность конструкции, отсутствие хроматических аберраций/;

2.приёмников излучения на жидкокристаллических полимерах работающих в окнах прозрачности атмосферы с перестраиваемыми спектральными диапазонами;

3.термостабилизацией приёмника ИК излучения и модуляцией регистрируемых поочерёдно излучений видимого и ИК-диапазона спектра с помощью одной малогабаритной и дешёвой телевизионной камеры;

4. электронной системы дискриминации аномальных областей температуры объектов, особо структурируемых при перевозке ВВ;

5.систем возбуждения повышающих проявления маскируемых и слабовыраженных температурных аномалий опасных объектов;

6.наличие черного тела для калибровки и соответствующего интерфейса позволяет получать данные о величине температуры исследуемых объектов.

Некоторые результаты такой лабораторной реализации приведены на рис. 7.3 В виде ИК-изображения температурного поля рукавчатия женщины и мужчины, полученные с помощью пировидикона. На рис.7.4 . показано изображением женщины в рентгеновских лучах в том числе с муляжём - пояса шахида. Американские службы безопасности в

аэропортах ориентированы на внедрение именно такой не вполне безопасной для здоровья людей аппаратуры.

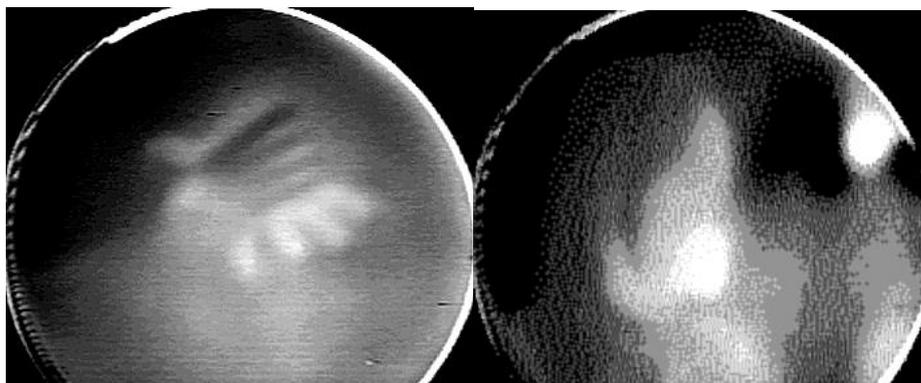


Рис 7.3.ИК-изображение рукопожатия женщины и мужчины, полученные с помощью пировидикона/ ИК-изображение смоделированных и замаскированных объектов при внешнем контрастном тепловом облучении.

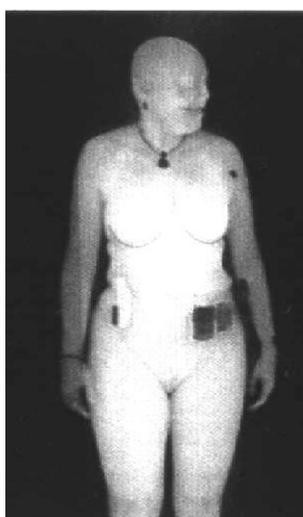


Рис. 7.4 Рентгеновское изображение женщины с предметами сокрытыми одеждой и запрещёнными для провоза на авиатранспорте

Обнаружения взрывчатых и других опасных веществ возможно также на основе бесконтактного метода наносекундного нейтронного анализа / ННА/.

Использование проникающего излучения (неразрушающий анализ) для получения информации о внутренней структуре объекта позволяет надежно идентифицировать опасные материалы. В настоящее время наиболее передовым устройством, использующим рентгеновское излучение, является рентгеновская установка Laminographic Sytem, разработанная компанией SAIC, США. Эта система предназначена для просмотра багажа в аэропортах, и помимо получения рентгеновского изображения с высоким разрешением позволяет оператору получать цветное изображение содержимого багажа в соответствии со средним атомным весом вещества. К другим методам относятся гамма-радиография, ядерный квадрупольный резонанс, подповерхностные радары, различные ядерно-физические методы и пр..[127,128] Существующие устройства или имеют слишком много ложных срабатываний, или слишком дороги, громоздки, обладают недостаточным быстродействием и не могут широко использоваться для работ как внутри, так и вне помещений. Наиболее перспективным методом обнаружения скрытых опасных веществ

является так называемый "нейтрон-гамма" метод, когда инспектируемый объект облучается быстрыми или тепловыми нейтронами с последующей регистрацией вторичного характеристического гамма-излучения, вызванного реакциями нейтронов с ядрами объекта. Спектры вторичного характеристического гамма-излучения могут быть использованы для определения элементной структуры объекта. В качестве источника нейтронов подобное устройство может использовать как изотопный источник, так и портативный нейтронный генератор.

"Нейтрон-гамма" метод имеет несколько преимуществ перед другими, включая: а) высокую проникающую способность нейтронного и гамма-излучения, что позволяет осматривать большие объекты; б) высокую селективность, поскольку несет информацию об элементном составе осматриваемого объекта; в) способность одностороннего осмотра объекта.

"Нейтрон-гамма" метод хорошо известен и используется в некоторых коммерческих устройствах. Однако эти устройства требуют продолжительного времени анализа (обычно несколько минут) и сталкиваются с трудностями при идентификации малых объектов в присутствии больших количеств посторонних материалов. Главная проблема – очень высокий фон гамма-излучения как из внешних источников, так и из реакций нейтронов с материалами, окружающими интересующую область.

Развиваемый в Радиевом институте метод идентификации опасных веществ состоит в облучении подозрительного объекта нейтронами с последующей регистрацией образующегося вторичного характеристического гамма-излучения в коротких. Метод основан на идентификации опасных веществ по соотношению концентраций основных химических элементов, входящих в их состав. Концентрации основных химических элементов исследуемого объекта можно получить из анализа измеренных энергетических спектров характеристического гамма-излучения.

Метод ННА позволяет преодолеть этот недостаток. Метод ННА в течение 2001–2002 годов был разработан и реализован в действующем прототипе, в котором гамма-кванты регистрируются в узких (наносекундных) временных интервалах, отсчитываемых от момента испускания нейтрона из изотопного источника ^{252}Cf . Момент вылета из источника определяется путем регистрации сопутствующего нейтрону осколка деления ^{252}Cf при помощи миниатюрной ионизационной камеры. Для каждого гамма-кванта, пришедшего в детектор гамма-излучения на основе кристалла NaI, прибор определяет два параметра: его энергию и время прилета относительно момента вылета нейтрона из спонтанного источника нейтронов ^{252}Cf . В ходе последующего анализа все зарегистрированные гамма-кванты разделяются на два спектра: первый, так называемый «быстрый» спектр, содержит гамма-кванты, пришедшие через 9-16 нс (нс - наносекунда – 10^{-9} с) после момента испускания нейтрона из источника. Второй («медленный» спектр) содержит гамма-кванты, пришедшие в детектор более чем через 70 нс после испускания нейтрона из источника. Гамма-кванты, составляющие «быстрый» спектр, вызваны реакциями нейтронов из жесткой части спектра ^{252}Cf с ядрами химических элементов, входящих в состав исследуемого объекта, такими как углерод ($E_{\gamma} = 4.43$ МэВ), азот ($E_{\gamma} = 2.31$ МэВ и 5.11 МэВ), кислород ($E_{\gamma} = 6.13$ МэВ) и т.д. Гамма-кванты из «медленной» части спектра вызваны реакциями медленных (тепловых) нейтронов с ядрами таких элементов, как водород (2.23 МэВ), хлор (множество линий) и др. Медленные (тепловые) нейтроны представляют собой нейтроны, произведенные источником и потерявшие свою энергию в столкновениях с окружающим веществом. Процесс потери энергии нейтронами (замедление нейтронов) занимает относительно большое время – по крайней мере больше 70 нс – и тем самым вызванные такими нейтронами гамма-кванты могут появиться в детекторе лишь спустя длительное время после испускания нейтрона [127, 128].

Те гамма-кванты, которые никак не связаны с источником нейтронов (например, космического происхождения, или связанные с естественной радиоактивностью), оказываются некоррелированными с моментом испускания нейтрона из источника, и не попадают в узкое временное окно, соответствующее «быстрому» спектру. Также не представляют интереса гамма-кванты, приходящие в детектор в промежутке между «быстрыми» и «медленными» событиями: они, как правило, не связаны с реакциями нейтронов с веществом, находящимся в интересующей области. Так достигается уменьшение фона гамма-квантов примерно в 100 раз по сравнению с установками, не использующими наносекундную временную привязку.

Таким образом, основной принцип ННА состоит в получении отклика на взаимодействие с исследуемым объектом только от, так называемых «меченных нейтронов», благодаря использованию наносекундной временной привязки к моменту испускания нейтрона, что позволяет определить время прихода каждого гамма-кванта в детектор относительно момента испускания нейтрона из источника.

Измеренные спектры вторичного гамма-излучения позволяют определять относительные концентрации основных химических элементов (углерода, кислорода, азота, водорода и других) в исследуемом объекте, а поскольку взрывчатые и другие опасные вещества характеризуются специфическими соотношениями концентраций химических элементов, то это позволяет идентифицировать их в присутствии других веществ и бытовых товаров. Повышенная влажность среды (до 40% по массе) и металлические преграды толщиной до нескольких сантиметров не являются помехой при работе прибора.

Дальнейшим развитием метода ННА связано с разработкой устройства для обнаружения опасных веществ на базе портативного нейтронного генератора (интенсивность потока нейтронов – до $1 \cdot 10^8$ нейтронов/сек), например, выпускаемого ВНИИА/институт автоматики в Москве/, со встроенным сегментированным полупроводниковым детектором альфа-частиц, сопутствующих нейтронам в реакции $t(d,n)$

Применение в методе ННА сегментированного детектора сопутствующих частиц [127, 128] позволит одновременно решить две важнейшие задачи:

1. регистрировать гамма-кванты в пределах очень узких (примерно 10 нс) временных окон, начало которых определяется моментом регистрации сопутствующей альфа-частицы, что позволит определить расстояние на котором произошло взаимодействие нейтрона с исследуемым веществом (зная момент регистрации гамма-кванта коррелированного с нейтроном и скорость нейтронов из дейтерий-тритиевой реакции ($E_n \sim 14 \text{ МэВ}$, $V_n \sim 5 \text{ см/нс}$)). Все гамма-кванты, которые приходят до того, как нейтрон попадает в исследуемую область, либо после того, как он вылетает из нее, не связаны с реакциями в данной области и фильтруются системой сбора данных.

2. позиционно-чувствительный детектор альфа-частиц, встроенный в нейтронный генератор, дает информацию о месте, в котором произошло взаимодействие нейтрона с материалом осматриваемого объекта, поскольку направление движения альфа-частиц однозначно связано с направлением движения соответствующего нейтрона. Если регистрируется гамма-квант, но при этом не регистрируется альфа-частица, то это означает, что гамма-квант пришел не из области чувствительности прибора, и этот гамма-квант не рассматривается при анализе.

Таким образом, встроенный в нейтронный генератор позиционно-чувствительный детектор сопутствующих частиц позволит получить посегментное изображение в горизонтальной плоскости, а использование наносекундных интервалов времени позволит получить изображение срезов объекта по глубине, т.е. получить трехмерное элементное изображение объекта. Получаемая в режиме «on-line» информация с гамма-детектора и сегментов альфа-детектора будет автоматически анализироваться и оператору будет выдаваться информация

о том, какое опасное вещество содержится в досматриваемом объеме, в каком количестве и в каком месте.

Предлагаемое в [128] к разработке устройство будет обнаруживать и идентифицировать 100 грамм взрывчатого вещества в течение ~ 10 секунд с пространственным разрешением 10 см. Одновременно досматриваемая область пространства 30×30×30 см³. Масса и габариты устройства не будут превышать, соответственно, 40 кг и 50×40×30 см³. Потребляемая мощность при автономном электропитании - 50 Вт. К сожалению вышеописанный прибор не предназначен для обнаружения ВВ переносимых людьми, область сканирования устройства не велика, а обнаружение опасных объектов в трудно доступных местах и на мобильных носителях затруднено.

Экологический терроризм

Экологический терроризм- связан с насильственным, целенаправленным воздействием на экосистему с целью получения геополитических, экономических и иных выгод и преимуществ. Этот вид терроризма опасен тем, что он может быть замаскирован и вписан в природные процессы и может быть с отсроченным во времени последствием[113,114,121].

Если вспомнить определение экологии как науки о взаимодействии и взаимосвязях различных факторов среды с живыми организмами различных уровней. То по большому счёту все проявления терроризма имеют экологический акцент, так как каждый из них в той или иной мере затрагивает живые организмы и среду их обитания[113,114,118,119]. В этом смысле экологический терроризм может быть детерминирован так как это представлено на рис.7.3. И основные проявления экологического терроризма реализуются через нарушение круговорота вещества и энергии, через искусственный разрыв замкнутых биогеохимических круговоротов как на региональном, так и даже глобальном уровне.

Примерами явного экологического терроризма и даже экоцида являются искусственно созданный голод при проведении коллективизации на Украине в 1933 г., применение химического оружия против восставших крестьян во главе с Антоновым в Тамбовской области в 1920 г. или против курдов в 1991г. в Ираке, дефолиация тропических лесов во Вьетнаме в ходе американской агрессии в период 1961- 1973 гг., поджог нефтепромыслов в Кувейте иракской армией в 1991 г., прицельное бомбометание и ракетные атаки по химическим объектам и нефтеперерабатывающим заводам в Югославии в 1999-2000 г. и т. п. Следует отметить, что в ходе военной акции США в апреле 2003 г. в Ираке применение высокоточного оружия (до 80% от общего числа) и использование современных технологий(а также действий спецслужб и даже подкупа иракских военных) во многом предопределило успех проведённой операции и минимизировало экологические последствия её проведения.

Тогда как во время войны в Индокитае для уничтожения растительности было использовано более 22 млн.т. литров отравляющих веществ «эйджент оранж», около 500 тыс.т. напалма, фосфорных бомб и других зажигательных смесей. Вместе с гербицидами в природную среду Южного Вьетнама попало не менее 500-600 кг диоксина -одного из наиболее токсичных ядов.

В результате подрывов и разрушения иракской армией в 1991г.более 550 нефтяных скважин Кувейта в воды Персидского залива попало 1.7млн.т. нефти, в атмосферу попало около 125 тыс.т. канцерогенных продуктов горения нефти. Ежесуточно в атмосферу поступало около 70млн.т. сажи, 50тыс.т. диоксида серы,100тыс.т. двуокиси углерода. Это был самый интенсивный очаг горения за всю историю человечества, который сопровождался черными шлейфами облаков, выпадением кислотных осадков и понижением температуры поверхности на 10 °С. Во время войны в Персидском заливе было сброшено около 88.5 тыс. тонн бомб, т. е. Больше, чем сбросили страны антигитлеровской коалиции за всю вторую мировую войну .При этом свыше 4 тыс. американских солдат и офицеров были поражены неизвестной

болезнью с симптомами частичной потери памяти, нарушением работы сердца и органов пищеварения, хронической утомляемости и раздражения кожи. Аналогичные проявления наблюдались и в ходе операции в Югославии, что по некоторым предположением являлось следствием использования боеголовок ракет с включениями ядерных материалов.

Судя по всему, боевики Усама бен Ладена уже располагают оружием массового уничтожения (в ноябре 2001 г. после падения Кабула американцы обнаружили там лабораторию «Аль-Каиды» по разработке биологического оружия на основе рицина.. В частности, в программе подготовки террористических групп МФД существует раздел по работе с токсичными веществами и газами типа зарин, а в последнее время вскрыты факты попытки производства (на базе примитивных лабораторий в Панкисском ущелье на территории Грузии, в Париже и Лондоне) одного из высокотоксичных ядов растительного происхождения –рицина (из семян клещевины). Террористов обучают приёмам изготовления стойких отравляющих веществ для заражения водоёмов на основе химических препаратов, которые имеются в свободной продаже .В 2002 г. в Чечне в ряде тайников нашли сулему и мышьяк, инструкции по изготовлению отравляющих веществ в полевых условиях

В неявном непреднамеренном виде экологический терроризм связан с Чернобыльской аварией на 4-м блоке АЭС (в табл.7.1 приведены площади радиоактивного заражения цезием-137 после аварии на ЧАЭС) ,захоронением химического оружия после 2-ой мировой войны в Балтийском море и с захоронением радиоактивных отходов в мировом океане.

Лесные пожары, которые на 95 % связаны с человеческим фактором, ежегодно уничтожают в России от 200 - 300 тыс. га до миллиона га бореальных лесов.

В 1987 г. в Черновцах 130 детей и 1 взрослый (занимался ремонтом под машиной) проснулись без волос в результате вдыхания смеси (тяжелее воздуха талия и фтора с воздухом), который образовался в результате использования некачественного угля при обжиге кирпичей из глины, которые содержали эти химические элементы.

Таблица 7.1.

Площади радиоактивного загрязнения цезием-131 территорий России, Белоруссии и Украины (км²)

Государство	>40Ки/км ²	15-40Ки/км ²	5-15Ки/км ²	1-5Ки/км ²
Россия	310	2130	5450	48100
Белоруссия	2150	4210	10170	29920
Украина	640	820	1990	34000



Рис.7.3. Классификация экологического терроризма

Курение, алкоголизация (в России ежегодное потребление абсолютного алкоголя на человека достигло 17 л. на человека при показателе в 8 л/чел., то есть такого уровня, при превышении которого, по заключению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), наступает процесс необратимого изменения генофонда нации, или просто процесс вырождения нации) , населения, наркомания это тоже разновидность экологического терроризма против людей [114,121]. Имеющиеся в медицинской статистике данные свидетельствуют о том, что уровень заболеваемости и смертности населения коррелирует с душевым потреблением алкоголя: больше потребление алкоголя - выше заболеваемость и смертность населения, естественно, ниже средняя продолжительность жизни. Сексуальная революция, которая произошла в России в конце прошедшего столетия наряду с выше приведёнными факторами привела к тому, что по скорости роста ВИЧ -инфицированных Россия обогнала Африку.

К разряду рукотворных экологических катастроф и аварий (не преднамеренного терроризма) можно отнести и выброс 4.04.1979 г. возбудителей сибирской язвы в Свердловске- 19 /было две волны смертности -погибло по официальным данным 61 чел., а по некоторым оценкам 1500 чел./, авария трубопровода Харьяга- Усинск в в Коми (с разливом нефти не менее 100тыс. т) в 1994 г и гибель нефтеналивного танкера « Престиж» у берегов Испании 18.10 2002 г. с разливом около 80 тыс.т нефти и многие другие примеры влияния техносферы на здоровье и жизнь людей. Использование газа фентонила при освобождении заложников из театрального центра на Дубровке в г. Москве привело к гибели более 100 человек.

Следует также отметить, что любые войны, революции, геноцид имеют экологическую составляющую связанную с гибелью и разрушением живой и не живой природы.

Государственный терроризм

В XX веке терроризм был взят на вооружение уже целыми государствами. Государственный терроризм принял такие размеры, что 39-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН в 1984 г. приняла специальную резолюцию «О недопустимости политики государственного терроризма и любых действий государств, направленных на подрыв общественно-политического строя в других суверенных государствах». Этот вид терроризма был связан с противостоянием СССР и США в годы «холодной войны». Это и массовый террор против инакомыслия в СССР, Китае, Югославии, Камбодже и других странах, подавление с помощью советских танков восстания в Венгрии в 1956 г., ввод войск стран Варшавского договора в Чехословакию в 1968 г., военная агрессия США против северного Вьетнама в 70-ые годы прошлого столетия и многие другие примеры такого рода.

Всё это не изжито и в XXI веке, когда во имя установления демократических принципов или борьбы против распространения оружия массового поражения были осуществлены военные акции против Югославии в 2000г. или против Ирака в 2003 г., что не принесло мира и спокойствия ни в Косово, ни в Ираке. Силовой метод установления демократии в Ираке сопровождался разрушением тоталитарных форм стабильности и безопасности, всплеском грабежей и насилия, привел к многочисленным актам сопротивления, росту исламского радикализма и влияния адептов «Аль-Каиды». Подтверждением этого являются рост числа смертников, массовый захват заложников, акты дикого вандализма ,новоиспечённый лидер Муктад аль- Садр и «Армия Махди» провозгласили себя не только карающей рукой иракского народа, но и «Хамас» и «Хезболлаха»-палестинской и ливанской террористических организаций. Методы террористических актов в Ираке подобны тем, которые применяются в Палестине и Чечне. Не правовые с позиций ООН операции США в Ираке в 2003 г., внесудебные акции по ликвидации лидеров террористов, например, духовного лидера

«Хамас» в Палестине и Янтарбиева в Катаре в 2004 г., двойственность в оценках одних и тех же лиц и организаций, использующих методы террора / в Чечне и Палестине, в арабском мире/, от борцов за независимость и свободу до адептов международного терроризма, подрывают консолидацию сил стран антитеррористической коалиции. Достаточно вспомнить, что многие лидеры чеченских боевиков нашли приют за рубежом, что представители спецслужб США в 1999г.. в Грозном перенимали тактику ведения боя в городских условиях, а в 2000г. советник А. Масхадова Т. Каимов был приглашён в США, где участвовал в работе семинара той же проблематики для высших американских офицеров. Эти наработки были учтены и применены американскими военными при взятии г.Багдада и г.. Мосула в 2003 г. Однополярный мир во главе с одной супердержавой, в стратегии борьбы с терроризмом которой преобладает силовая, военная составляющая подставляют, делают заложниками этой политики некоторые страны –союзников США. Когда интересы отдельных экономически слабых государств и народов ущемлены это вызывает противодействие в виде террористических действий не только против США но и против его союзников, как это было в марте 2004 г. против Испании или Узбекистана, в апреле против Японии, Италии и др.. И, к сожалению, руководители террористов при этом добиваются решения отдельных тактических задач, диктуют свою волю демократическим институтам в Европе, что привело, в частности, к смене политического руководства в Испании, к решению о выводе испанских военных подразделений из Ирака. Необходимо реальное единство действий основанное на чётких определениях терроризма в рамках, где нужно скорректированных норм международного права, более активная, гибкая и стройная система действий силовых, финансовых и идеологических контртеррористических структур коалиции цивилизованных стран мира.

Таким образом, подводя итоги вышесказанному можно сделать вывод о том, что терроризм в 20-21-м веке стал:

1. одним из наиболее опасных вызовов международной безопасности;
2. превратился в глобальную проблему;
3. более социально опасным для общества, многоликим по преследуемым целям и видам проявления;
4. получил возможность использовать в своих преступных целях достижения науки и техники;
5. в ряде случаев осуществляться при участии государственных органов, получив "статус" государственного терроризма.

Терроризм в контексте уголовного кодекса и международного права. В конце XX века и в начале нынешнего столетия проблема терроризма приобретала особое значение. Терроризм стал многоликим по своему характеру. Он совершается не только экстремистскими организациями и преступниками-одиночками, но и в ряде тоталитарных государств – их спецслужбами. Наибольшую угрозу для мирового сообщества представляет международный терроризм без границ, стремительный рост которого принёс страдания и гибель большому числу людей. По разным оценкам число жертв международного терроризма с 1968 года по 2004 год составило около 20 тысяч человек, только 11 сентября 2001 г. в результате скоординированных терактов в США погибло около 5000 человек.

Рост незарегистрированного оружия, увеличение количества незаконных вооружённых формирований, группировок и банд создаёт предпосылки для возрастания числа террористических актов. Эта тенденция отчётливо наметилась в конце XX и в начале XXI века, о чём свидетельствуют данные табл.7.2 (Независимое военное обозрение № 39, 1999),. Как видно из табл.7.2 общее число проявлений терроризма в России неуклонно растёт и не

исключено, что это способствовало обогащению ряда лиц, появлению олигархов и иных выгод, в том числе и для организаторов и покровителей этих событий.

Рост преступлений террористической направленности начался в Российской Федерации в последние 10-15 лет, когда стала резко ухудшаться социально-экономическая, политическая и идеологическая ситуация[123].

По статистическим данным Министерства внутренних дел, в 1994 году было зарегистрировано актов терроризма-18 , в 1995 г.-46, 1997г. -32, 1998-21, 1999г.-20, а в 2000-135, или в 3 раза больше, чем пять лет назад. Отмечается резкое увеличение, в сравнении с 1999 годом, и количества деяний террористического характера.

Таблица 7.2.

Статистика проявлений терроризма в России за 1993-1997 г.

Годы	1993	1994	1995	1996	1997
Терроризм		18	46	36	32
Диверсии					3
Захват Заложников	51	118	113	99	114
Похищение Человека	110	449	628	22	1140
Захват возду шных судов	3	5	4	2	20
Итого:	164	590	791	459	1312

В 2000 году количество преступлений зарегистрированных по статье 208 УК (Организация незаконного вооруженного формирования и участие в нём) увеличилось в 37 раз; по статье 277 УК (Посягательство на жизнь государственного или общественного деятеля) в 2 раза; по статье 207 УК (Заведомо ложные сообщения об актах терроризма) зарегистрировано 4035 преступлений, на 16,5 % больше чем в 1999 году, или более чем в два раза, в сравнении с 1998 годом.

Эти данные отражают, во- первых, остроту криминальной ситуации в стране, характеризующейся ростом наиболее опасных форм проявления преступности, а во- вторых, - неготовность государства в лице правоохранительных и правоприменительных органов в нынешних условиях противопоставить этим проявлениям соответствующие методы и средства борьбы. Малое количество разоблаченных преступников совершивших акты терроризма можно объяснить тем, что террористы избирают наиболее безопасные для них методы совершения преступлений и, как правило, используют взрывные устройства. После его взрыва на месте происшествия фактически не остаётся следов. Наиболее опытные преступники используют дистанционное управление взрывным устройством, что затрудняет раскрытие преступлений по горячим следам.

Министерство внутренних дел Российской Федерации и его подразделения, все чаще сталкивались с фактами захвата заложников. В качестве заложников нередко берутся иностранные граждане - дипломаты ,коммерсанты, представители благотворительных организаций, что наносит России серьёзный вред в международных отношениях, а в последние годы все чаще становятся заложниками российские граждане, за которых похитители (в зависимости от целей похищения) либо требуют огромный выкуп, либо физически расправляются с потерпевшими.

За не розыском и не установлением лиц расследование приостановлено в 1999-2000 г.г. по 48 уголовным делам за терроризм и 17- за захват заложника, или 30,9% и 15,0%, соответственно.

О сложных проблемах, возникающих в ходе ведения расследования и при рассмотрении дел судами о преступлениях террористической направленности, свидетельствует и тот факт, что уже после возбуждения уголовных дел по признакам терроризма и захвата заложника немало лиц освобождалось от уголовной ответственности (1997г.-25%; 1998г.-16,6%; 1999г.-0; 2000г.-45,4%; от числа привлеченных).

Заслуживают внимания данные о лицах, совершающих указанные преступления. Исследования показали, что 96,0 % выявленных лиц за эти преступления составляли граждане России, 81,5 % из них являлись местными жителями и лишь 2,8 % были лицами без определённого места жительства. Характерно, что более одной трети были граждане в возрасте 30-49 лет, люди зрелые, с определённым жизненным опытом. Значительная часть их (54,3%) имели только среднее общее образование. Больше стало выявляться лиц по статьям 205 (Терроризм), 206 (Захват заложника) УК ранее уже совершавших уголовные деяния. Если в 1997 году их доля составляла 30,3% в числе выявленных лиц, то в 2000 году этот показатель достиг 37,9%. Характерен тот факт, что неоднократно судимых среди них до 2000 года не было[123].

В 2000 году по статье 205 УК (терроризм) совершивших преступление в составе организованных групп было выявлено лиц в четыре раза больше , чем в предшествующие три года (1997, 1998, 1999) вместе взятые (2000г-16; 1997г.-0 ; 1998 -4; 1999-0;).

По статье 206 УК (захват заложника) число лиц выявленных за совершение преступления в составе организованных групп ежегодно, если судить по статистике за последние четыре года, снижалось (1997г.-7 чел., 1998г.-6чел., 1999г.-2 чел., 2000г.-1чел.).

“Правоохранительным органам и другим организациям, непосредственно ведущим борьбу с терроризмом, дабы не действовать по принципу “объять необъятное”, нужно иметь чёткое представление о том, что такое терроризм и что такое преступления террористической направленности (террористического характера, с проявлением терроризма), что между ними общего и чем они отличаются друг от друга, а также от иных насильственных общеуголовных и международных преступлений”

В отличие от Российского законодательства, которое более узко рассматривает терроризм, международная практика борьбы с последним включает в это понятие другие виды насильственных преступлений. Например, Европейская конвенция о пресечении терроризма (подписана в Страсбурге 27.01.1977г.) куда входят страны Совета Европы, относит к терроризму такие деяния как: незаконные акты направленные против безопасности гражданской авиации; преступление связанное с использованием бомб, гранат, ракет, автоматического стрелкового оружия, или заминированных писем или посылок, если такое использование подвергает опасности людей; захват воздушных судов;

“Терроризм- это глобальная угроза. С ним трудно, если вообще возможно справиться усилиями одного государства, с ним можно бороться только общими усилиями. Заметна динамика роста числа террористических групп в современном мире. Если в 80-е годы их было от 500 до 800, то сейчас число доходит до 1000. Наметилась тенденция: террористические группы все реже берут ответственность за теракты. Анонимность террористов создаёт у людей чувство незащитности перед этой угрозой. Для эффективной борьбы с терроризмом необходимо развивать систему взаимодействия спецслужб, общими усилиями перекрывать каналы финансирования и вооружения террористов, добиваться ликвидации их баз, а также разъяснять человечеству, что терроризм- одна из самых страшных угроз современности и бороться с ним надо самыми жесткими мерами”.

По определению законодателя совершение преступления по статье 205 УК (терроризм) предусматривает преследование террористами определённой (специальной) цели- создать реальную угрозу общественной безопасности и на фоне этого вынудить представителей власти пойти на уступки и выполнить требования террористов.

Учитывая, что террористы в своих действиях становятся всё более анонимным (не объявляют свои требования), в следственной и судебной практике наблюдаются различные подходы в квалификации преступления по статье 205 УК (терроризм).

Изучение судебных материалов по делам о терроризме показало, что в ходе расследования и при рассмотрении уголовных дел в судах у некоторых работников этих органов преобладают элементы субъективизма, т.е. иногда просматривается не уголовно-правовой подход в оценке преступного поведения обвиняемого и подсудимого (без выяснения мотивов совершения преступления), а что называется “рассудить по житейски”. Это сказывается на объективном установлении истины, правильности применении закона и вполне обоснованно порождает жалобы и протесты участников процесса, а если учесть тенденцию террористов не брать на себя ответственность за содеянное, то установить специальную цель (создание реальной угрозы общественной безопасности) в их действиях, становится весьма проблематичным.

21 января 1999 года Московским городским судом по совокупности преступлений, в том числе и за терроризм, был вынесен приговор гр. С., который был осуждён за взрыв плиты надгробия на Ваганьковском кладбище. Определением судебной коллегии по уголовным делам Верховного Суда РФ от 24.03.99г. квалификация по статье 205 УК признана неправильной, указав при этом: “ в действиях С. не усматривается состав терроризма, так как взрыв произошёл в 3 часа ночи, при отсутствии людей, мощность взрывного устройства была такова, что могла повредить только плиту и других тяжких последствий не влекло. С субъективной стороны, у С. не было умысла на нарушение общественной безопасности. Цель его действий - осквернить мемориальную плиту императорской семьи путём взрыва”.

Гр. Б. был осуждён по статье 213-3, 192-2 УК РСФСР за то, что будучи “злым на милицию”, пришёл в здание Ленинского РОВД в г. Комсомольске на Амуре и взорвал две гранаты. Погиб сотрудник милиции. Мотивом преступления была личная неприязнь к работникам милиции. Определением судебной коллегии Верховного Суда РФ статья 213-3 УК РСФСР (терроризм) была исключена.

Кроме терроризма (ст. 205 УК), посягательства на жизнь государственного или общественного деятеля (ст. 277 УК), заведомо ложного сообщения об акте терроризма (ст.207 УК), по российскому законодательству отнесено ряд статей, составы которых, при наличии определённых обстоятельств, могут быть также отнесены к терроризму (захват заложника- ст.206 УК, угон судна воздушного или водного транспорта либо железнодорожного подвижного состава- ст. 211 УК, похищение человека- ст.126 УК) и ряд других, которыми специальная цель- создать угрозу общественной безопасности, не предусмотрена. Это ещё раз говорит о том, что в российском законодательстве нет чёткого, единообразного понятия терроризма. Терроризм это проблема требующая комплексного, всестороннего подхода в её разрешении. Одна из сложных задач и состоит в том, чтобы разграничить такое деяние как терроризм от других, схожих по содержанию общеуголовных категорий и на этой основе выработать признаки присущие терроризму и закрепить их в уголовном законодательстве.

Статистика акций терроризма в России в конце 20-века и начале 21 века свидетельствует ,что максимумы их проявлений приходятся на периоды антитеррористических военных действий российской армии .в Чечне и Дагестане в 1995 г. и в 1999/2000 г. или при переходе и налаживании мирной жизни в период проведения референдума, выборах президента Чеченской республики.

Так ,например :

4 сентября 1999 г. – взрыв жилого дома в г. Буйнакске (Республика Дагестан). Погибли 62 человека, 146 ранены.

8 сентября 1999 г.- взрыв жилого дома на улице Гурьянова в Москве.92 человека погибли, 72 ранены.

13 сентября 1999 г. взрыв жилого дома на Каширском шоссе в Москве. 118 человек погибли, 20 ранены.

В 2001 г., кроме того, было совершено 14 крупных террористических актов, которые унесли жизни 47 человек.

С 1996 по 2004 г. в г. Москве было совершено 17 терактов, а с 1977 –7 терактов в метро/теракт 6.02.2004г. на перегоне ст. Павелецкая-Автозаводская унёс жизни 40 человек ,более100 человек были ранены и миллионы в состоянии шока/.

В 2002 г. взрывы на рынке во Владикавказе, во время парада (по случаю дня Победы) в Каспийске погибло 42 человека и 130 чел. было ранено, а уже 9 мая 2004 года теракт в г. Грозном унес жизнь президента Чечни А.Кадырова и еще 6 человек.

Теракты со взрывами домов в Москве, Волгодонске, Буйнаксе , диверсии в Ташкенте против президента Узбекистана в 1999 г., агрессия против Дагестана и захват судна и самолёта с российским гражданами следующими из Турции в 2000 г., взрыв на рынке в Минеральных водах в 2001г. , теракты палестинских боевиков и смертников из бригад «Исламский джихад», «Хамас», «Хезболлак», «Фатх» и «мученики Альт-кайды» в Нетании, затем в Иерусалиме, Тель-Авиве, Хайфе ,Эврате в марте-апреле 2002 года , многочисленные взрывы с применением поясов шахидов, машин ,начинённых взрывчаткой в 2003г.не только в Израиле, но и в России–всё это ещё не полный перечень всё возрастающих проявлений терроризма (в ответ на антитеррористические действия израильской армии в палестинской автономии и на юге Ливана или российской армии в Чечне) в конце 20-го столетия и в начале 21-го века.

Используемые методы во многом схожи и подчас несут скоординированный характер. Более того идеологи исламского фундаментализма планируют путём использования методов международного терроризма создать на территории СНГ единый халифат от Чёрного моря до Китая, а в Западной Европе мусульманское образование на основе Албании, Косово и Боснии-Герцоговины с дальнейшим его расширением вглубь Европы / только во Франции проживает 5 млн. мусульман/.. Исламский экстремизм имеет место также в Индонезии, на Филиппинах, на Цейлоне и в других местах. где ослаблены государственная власть и демократические основы, сильно расслоение общества и велики социальные и религиозные конфликты.

Антитеррористическая акция США (после терактов 11сентября 2001 г.) и его союзников в Афганистане по свержению режима талибов и её продолжение в Ираке на фоне возможного крупно-масштабного арабо-израйльско-американского противостояния на Ближнем Востоке, а также противоречия между государствами, имеющими на вооружении ядерное оружие в Южной Азии, , могут при определённых не продуманных действиях США спровоцировать усиление проявлений всех видов терроризма в мире.

7.3.Проблемы безопасности при ЧС, связанных с терроризмом

Главным стратегическим условием борьбы с терроризмом является:

-союз всех стран цивилизованного мира с чёткой координацией всех силовых структур этих государств;

-использование оперативной информации соответствующих органов власти для профилактики, упреждения и блокирования терроризма на начальной стадии, недопущения становления и развития их структур;

-выявление каналов их финансирования;

-недопущение идеологического оправдания террора во имя «защиты веры», «защиты прав нации» и т. п.;

-не должно быть ни одного безнаказанного теракта, никаких уступок террористам, так как их любой успех провоцирует дальнейший рост террора и количества жертв.

Предупредительно –защитные меры[121,123]

Необходимо:

- Укрепить и опечатать входы в подвалы и на чердаки, установить решётки , металлические двери, замки, регулярно проверять их сохранность

- Установить домофоны

- Организовать дежурство граждан (жильцов) по месту жительства

- Создавать добровольные дружины из жильцов для обхода жилого массива и проверки сохранности печатей и замков

- Обращать внимание на появление незнакомых автомобилей и посторонних лиц

-Интересоваться разгрузкой мешков, ящиков, коробок, переносимых в подвал или на первые этажи.

-Не открывать двери неизвестным людям.

-Освободить лестничные клетки, коридоры, служебные помещения от загромождающих их предметов

Бдительность должна быть постоянной и активной.

Обязанности должностных лиц при возникновении террористического акта

Необходимо:

- Срочно проверить готовность средств оповещения

- Проинформировать население о возникновении ЧС

- Уточнить план эвакуации рабочих, служащих (жителей дома) на случай ЧС

- Проверить места парковки автомобилей(нет ли чужих, подозрительных, бесхозных)

-Удалить контейнеры для мусора от зданий и сооружений

– Организовать дополнительную охрану предприятий, учреждений, организаций, дежурство жителей

При совершении террористического акта

Немедленно:

- Проинформировать дежурные службы территориальных органов МВД,ФСБ,МЧС

- Принять меры по спасению пострадавших, оказанию первой медпомощи

- Не допускать посторонних к месту ЧС

- Организовать встречу работников милиции, ФСБ, пожарной охраны, "скорой помощи, спасательных подразделений МЧС

Действия населения при угрозе теракта

-Подготовиться к экстренной эвакуации. Для этого сложите в сумку документы, деньги, ценности, немного продуктов, желательно иметь свисток.

-Помочь больным и престарелым подготовиться к эвакуации.

-Убрать с балконов и лоджий горюче-смазочные и легко-воспламеняющиеся материалы.

-Подготовить иод, бинты, вату и другие медицинские средства для оказания первой медицинской помощи.

-Договориться с соседями о совместных действиях на случай оказания взаимопомощи.

-Избежать мест скопления людей(рынки, магазины, стадионы, дискотеки..)

-Реже пользоваться общественным транспортом.

-Желательно отправить детей и престарелых на дачу, в деревню, в другой населённый пункт к родственникам или знакомым.

-Держать постоянно включёнными телевизор, радиоприёмник, радиоточку.

-Создать в доме(квартире) небольшой запас продуктов и воды.

- Держать на видном месте список телефонов для передачи экстренной информации в правоохранительные органы.

Возможные места установки взрывных устройств

- Подземные переходы(тоннели)

- Вокзалы

- Рынки

- Стадионы

- Дискотеки

- Магазины

- Транспортные средства

- Объекты жизнеобеспечения(электростанции, газоперекачивающие и распределительные станции)

- Учебные заведения

- Больницы, поликлиники, детские учреждения

- Подвалы и лестничные клетки

- Контейнеры для мусора, урны

- Опоры мостов

Признаки наличия взрывных устройств:

- Припаркованные вблизи домов автомашины ,неизвестные жильцам(бесхозные)

- Присутствие проводов, небольшой антенны, изолянты

- Шум из обнаруженного предмета(тикание часов, щелчки)

- Наличие на найденном предмете источников питания(батарейки)

- Растяжки из проволоки, шпагата, верёвки

- Необычное размещение обнаруженного предмета

- Специфический не свойственный окружающей среде, запах

- Бесхозные портфели, чемоданы, сумки, свёртки, ящики, коробки

Что делать при обнаружении взрывного устройства

-Немедленно сообщить об обнаруженном подозрительном предмете в дежурные службы органов внутренних дел, ФСБ, ГО и ЧС, оперативному дежурному администрации города

-Не подходить к обнаруженному предмету, не трогать его руками и не подпускать к нему других

-Исключить использование средств радиосвязи, мобильных телефонов, других радиосредств, способных вызвать срабатывание радиовзрывателя

- Дождаться прибытия представителей правоохранительных органов

- Указать место нахождения подозрительного предмета

Поведение пострадавших

Вы ранены

- Постарайтесь сами себя перевязать рану платком, полотенцем, шарфом, куском ткани
- Остановить кровотечение вены прижатием пальцем к костному выступу или наложите давящую повязку, используя для этого ремень. Платок, косынку, полосу прочной ткани

-Окажите помощь тому, кто рядом, но в более тяжёлом положении

Загорелась квартира

- Не поддавайтесь панике
- Сообщите в пожарную охрану
- Обесточьте квартиру
- Постарайтесь сбить пламя огнетушителем, водой
- Покидайте зону огня пригнувшись, а лучше ползком
- Дверь в комнату где разгорелось пламя закройте
- Постарайтесь выбраться на балкон (лоджию)
- Избавьтесь от одежды с примесью синтетики(она быстро плавится и оставляет на теле язвы)

-Ребёнка заверните в одеяло. Пальто. Куртку и срочно выносите

-Взывайте о помощи, но не прыгайте вниз

Вы задыхаетесь

- Наденьте влажную ватно-марлевую повязку
- Защитите органы дыхания мокрым полотенцем, платком, шарфом, другой тканью
- При запахе газа раскройте окна, не пользуйтесь зажигалкой, спичками, не включайте электрические приборы и освещение

Вас завалило

-Обуздайте первый страх, не падайте духом

-Осмотрите -нет ли поблизости пустот.

Уточните, откуда поступает воздух

-Постарайтесь подать сигнал голосом, рукой, палкой, стуком , свистом. Лучше это делать, когда услышите голоса людей, лай собак

-Как только машины и механизмы прекратят работу и наступит тишина- значит объявлена «минута молчания». В это время спасатели с приборами и собаками ведут усиленную разведку. Используйте это- привлеките их внимание любым способом

-Вас обнаружат по крику, стону и даже по дыханию

Если вас захватили в заложники

- Возьмите себя в руки, успокойтесь, не паникуйте. Разговариваете спокойным голосом
- Подготовьтесь физически и морально к возможному суровому испытанию
- Не выказываете ненависть и пренебрежение к похитителям
- С самого начала (особенно в первый час) выполняйте все указания бандитов
- Не привлекайте внимание террористов своим поведением, не оказывайте активного сопротивления. Это может усугубить ваше положение
- Не пытайтесь бежать, если нет полной уверенности в успехе побега
- Заявляйте о своём плохом самочувствии
- Запомните как можно больше информации о террористах (количество, вооружение, как выглядят, особенности внешности, телосложения, акцента, тематика разговора, темперамент, манера поведения)
- Постарайтесь определить место своего нахождения (заточения)

- Сохраняйте умственную и физическую активность. Помните, правоохранные органы делают всё, чтобы вас вызволить
- Не пренебрегайте пищей. Это поможет сохранить силы и здоровье
- Расположитесь подальше от окон, дверей и самих террористов. Это необходимо для обеспечения вашей безопасности в случае штурма помещения, стрельбы снайперов на поражение преступников
- При штурме здания ложитесь на пол лицом вниз, сложив руки на затылке
- После освобождения не делайте скоропалительных заявлений

Заключение

Бедность, религиозный и национальный экстремизм являются одними из главных причин и следствий одновременно многих глобальных проблем и ЧС связанных с актами террора , является питательной средой и инструментом в руках людей, служб и даже государств управлять обществом посредством устрашения во имя тех или иных интересов-политических, экономических и финансовых. Наиболее бедные страны Азии и Африки являются одновременно и убежищем для террористов и поставщиком исполнителей терактов [129-132]. Резкое размежевание стран по доходам и потреблению -одна из ключевых системных особенностей современного мира. Так например, в США в 2001 г. на каждого человека приходилось 2800кг нефти, в Индии –70 кг, в Заире 10кг.

В таблице приведены в угольном эквиваленте в кг количество энергетических ресурсов приходящихся на одного человека в год в некоторых странах мира.

Среднегодовой доход в США превышает 20 тыс. долларов , тогда как в Афганистане и многих других странах изгоях он менее 1000 долларов на работающего человека. Уровню бедности и нищеты соответствует доход в два доллара в день на человека и таких людей на планете не менее 1 млрд. человек. Страны 3-го мира при таком разрыве в потреблении и доходах никогда не смогут догнать США по экономическому и военному уровню, поэтому противостояние север- юг подчас приводит к крайним проявлениям антиглобализма, экстремизма и даже терроризма. При сохранении такого уровня неравенства ни о каком устойчивом развитии мирового сообщества, о реализации стратегии ,заявленной на конференциях ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и в Киото в 1997г. , или в Иоханнесбурге в 2002 г(«Всемирный саммит по устойчивому развитию»/ РИО+10/), о новой политике в области снижения глобальных рисков говорить не приходится.

Таблица 7.3

Страна	Потребление энергии в угольном эквиваленте кг/чел.
Англия	5500
Бангладеш	30
Индия	20
Китай	630
Мексика	1270
Россия	5250
США	11500
Япония	3900

По некоторым оценкам в настоящее время существует от 500 до 600 террористических организаций с общим объёмом финансирования от 5 до 20 млрд. долларов в год. И если исключить финансирование терроризма спецслужбами некоторых государств (что было особенно в период «холодной» войны во второй половине прошлого века), то оно связано в

первую очередь с криминальной деятельностью, в первую очередь в области наркобизнеса, торговли оружием, рэкета, игорного бизнеса, проституции. Этот вид капитала имеет такую величину, что превратился в серьёзную финансово-экономическую силу вне границ «своих» государств, которая готова использовать все способы, в том числе и теракты для отмывания своих денег, достижения своих целей и получения новых дивидендов и преимуществ в бизнесе.

По одной из версий событий 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке опубликованной Д. Познером [132], теракты были организованы высокопоставленными чиновниками Саудовской Аравии и Пакистана, а Аль-Каида лишь выполняла их заказ. К этой акции напрямую причастны три члена саудовской королевской семьи, скончавшиеся в июле 2002 г. в течение одной недели. Со стороны Пакистана к теракту в рамках этой версии был причастен генерал ВВС Мушар Али Мир, также уже погибший.

Согласно последних исследований выполненных спецслужбами США основными финансовыми источниками «Аль-Каиды» и Усама бен Ладена являются 12 влиятельных бизнесменов и банкиров. Большинство из них – подданные Саудовской Аравии. Если вспомнить, что 15 из 19 террористов, угнавших 11 сентября самолёты были гражданами этого королевства, то именно Саудовская Аравия должна была быть «врагом Америки номер один». Но так как саудовцы по разным оценкам вложили в экономику Америки от 500 до 700 млрд. долларов, то администрация США проявляет осторожность в публичных оценках такого рода. После 11 сентября 2001 г. в самой Америке были заморожены счета на сумму около 112 млн. долларов, которые принадлежали 240 организациям и частным лицам, которые в той или иной сфере помогали террористам, аналогичные счета и деньги хранятся в банках Западной Европы. Принимаемые меры привели к тому, что деньги от заказчиков к исполнителям терактов стали перевозить с помощью курьеров, что облегчает работу спецслужб по выявлению пользователей такого дедовского способа расчётов.

Статистика терактов тем не менее растёт с каждым днём., а применяемые методы международного терроризма направлены на создание на территории России «мусульманского халифата» и экспансии исламского фундаментализма не только в Европе, но и в других районах мира от Индонезии, Филиппин до Нигерии и даже до Америки.

Руководители исламского фундаментализма планируют путём использования методов международного терроризма создать на территории СНГ единый халифат, мусульманские образования на основе Албании, Косово и Боснии-Герцеговины с дальнейшим его расширением вглубь Европы/только во Франции проживает 5 млн. мусульман/. Исламский экстремизм поддерживается также в Индонезии, на Филиппинах, на Цейлоне и в других местах. где ослаблены государственная власть и демократические основы, сильно расслоение общества и велики социальные и религиозные конфликты.

Гибель около 5000 человек после авиатерактов 11 сентября 2001 г. в США, последствия взрыва, выполненный дагестанскими вахабитами, на военном параде 9 мая 2002 г. в г. Каспийске, повлекший гибель 42 человек и около 130 раненых в России, захват около 900 заложников в Москве 24 октября 2002 г., взрывы женщин-смертниц на рок-фестивале в Тушине в Москве 6 июля 2003г., серия взрывов на Северном Кавказе в 2003 г, взрыв вагона метро в Москве 7 февраля 2004 г., взрывы на о. Бали в Индонезии и на Филиппинах, вашингтонский снайпер –террорист последователь исламского экстремизма(который убил 10 и ранил 2 человек), палестино-израильское противостояние, взрывы направленные против американцев в Эль-Риаде в 2003 г. и многие другие примеры свидетельствуют о возрастающей угрозе миру со стороны международного терроризма и о необходимости согласованной и скоординированной политике государств мирового сообщества.

В то же время надо отметить, что антитеррористическая акция США (после терактов 11 сентября 2001 г.) и его союзников в Афганистане по свержению режима талибов и её продолжение в Ираке в апреле 2003 г. на фоне возможного крупно-масштабного арабо-израильско-американского противостояния делают Ближний Восток с одной стороны и Южную Азию с другой стороны,(где тлеют противоречия между государствами, имеющими на вооружении ядерное оружие), могут усилить проявления терроризма и локальных военных конфликтов на планете при определённых не продуманных действиях США и других участников коалиции.

Следует отметить, что после американских военных операций в Афганистане и Ираке террористические организации типа « Аль-Каиды » и других смогли сохранить свои структуры о чём свидетельствуют многочисленные теракты в Ираке, Саудовской Аравии, в Турции и Израиле, Испании и Узбекистане; рельсовый шантаж во Франции в 2003 г.. Теракт в Испании 11 марта 2004 г., когда почти одновременно в четырёх поездах на трёх мадридских вокзалах были взорваны бомбы по сигналу с мобильных телефонов унёс жизни 200 человек и около 1500 были ранены по своей продуманности напоминает теракт 11 сентября в США. Эти действия подпольной организации «Аль-Каиды», против союзника США по военной компании в Ираке, могут оказать существенное воздействие на государства Евросоюза /признаками чего является отмена шенгенских виз в некоторых странах ЕС, а также падение экономических показателей Евросоюза/.Рост числа мусульманского населения и некоторых экстремистских организаций в Европе может дестабилизировать страны члены ЕС, которые в практическом плане борьбы с международным терроризмом подчас придерживаются двойных стандартов по отношению, например, к антитеррористическим действиям России, Израиля и США. Поэтому противостояние, активные антитеррористические действия мирового сообщества против международного терроризма , к сожалению, будут иметь место в 21-м веке до тех пор не будет подлинного единства действий цивилизованного мира, пока не будут уничтожены его корни и та питательная среда, которая связана с бедностью, религиозным и национальным экстремизмом на Земле.

ГЛАВА 8. МОНИТОРИНГ И РЕГИСТРАЦИЯ ЧС НА ОСНОВЕ АЭРО-КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Введение

Для решения задач контроля и прогнозирования динамики развития окружающей среды в большинстве стран мирового сообщества создаются системы мониторинга (от греческого «монитор»-вперёдсмотрящий) -то есть системы наблюдения за изменениями состояния окружающей среды вызванными, как природными, так и антропогенными причинами, в том числе и в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС). Система наблюдений, оценки и прогноз изменения состояний окружающей среды при ЧС является чрезвычайно важной составной частью экологического мониторинга.

Основными задачами системы комплексного (наземного, водного и аэрокосмического) мониторинга являются:

- наблюдения за изменениями состояния элементов биосферы и создание банка данных о фоновых и экстремальных параметрах окружающей среды с целью дальнейшего выделения трендов их динамики;

- оценка и выделение изменений состояния окружающей среды, обусловленных как по причине природной изменчивости, так и в результате деятельности человека, с выделением экстремальных и чрезвычайных ситуаций;

- краткосрочное и долгосрочное прогнозирование тенденций изменения состояния окружающей среды;

- оценка и управление рисками природных и техногенных катастроф.

Мониторинг предназначен для решения определённого круга задач, так например, перечислим некоторые из них:

- экологический включает в себя наибольший объём задач и видов, в том числе биосферный, биологический, санитарно-токсикологический, и т.п., в том числе и ниже приводимые, так как в рамках его структурных составляющих рассматривается весь органический мир Земли (живая природа) и окружающая её среда (неживая природа). Поскольку объять необъятное невозможно различают и другие виды мониторинга с более суженным кругом задач;

- геофизический проводится с целью прогнозирования погоды и климата Земли в широком смысле и включает в себя и другие виды метеорологического мониторинга;

- геологический проводится с целью изучения экзогенных и эндогенных геологических процессов, а также подземных вод и природных ресурсов Земли;

Можно также выделить мониторинг отдельных объектов

- мониторинг земель, океана, полярных льдов, снежного покрова, облаков и осадков, сельскохозяйственных культур, городов и т.д.;

- мониторинг источников загрязнения акваторий, поверхности, атмосферы Земли (в том числе трансграничный перенос аэрозолей);

- мониторинг парниковых газов;

- мониторинг чрезвычайных ситуаций, происходящими в природе и техносфере.

В зависимости от величины площади или линейных размеров зон наблюдения различают локальный (несколько десятков км), региональный (сотни км) мезомасштабный (тысячи км) и глобальный (вся планета) мониторинги.

С целью повышения качества работ по сохранению окружающей среды правительство Российской Федерации (РФ) в 1993 г. приняло постановление “ О создании единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)”, которая должна объединять и координировать все виды ведомственного мониторинга.

В России мониторинг ведется силами и средствами различных ведомств. Контроль за событиями гидрометеорологического характера осуществляется по территории России организациями Росгидромета (Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды). Система мониторинга Росгидромета в свои лучшие времена насчитывала около 1800 метеорологических и гидрологических станций, 3,6 тыс. наблюдательных постов, 42 гидрометеорологические обсерватории, 191 авиаметеорологическую и 146 аэрозольных станций. К сожалению, экономические проблемы вынудили существенно сократить эту сеть: более 330 станций и 1,4 тыс. постов было закрыто. В интересах сохранения функционирования сети наблюдений Росгидромет заключил соглашения о совместном решении задач в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды с администрациями субъектов Российской Федерации. Для получения необходимого объема информации о гидрометеорологических процессах приняты также меры по увеличению роли дистанционного зондирования из космоса. В этих целях задействованы космические системы: "Метеор", "Океан", "Ресурс", "Прогноз", "Ионозонд" и другие. Используются также данные международной системы геостационарных гидрометеорологических спутников. Так например, спутниковые системы по программе наблюдения Земли EOS (Earth Observing System) [133-138].

Сейсмические наблюдения в стране осуществляются Федеральной системой сейсмологических наблюдений (ФССН), в которую входят наблюдательные сети Российской академии наук, Минобороны, Минприроды и др.. Всего в ФССН входило девять центров сбора и обработки данных и около 180 сейсмостанций. Однако количество указанных сейсмостанций к настоящему времени тоже уменьшилось. Если принять плотность сети сейсмических станций в Японии за 1, то в России она составляет 0.01, в Канаде 0.03, в Германии 0.26, в США 0.33.

На территории Соединенных Штатов Америки в настоящее время действует несколько тысяч стационарных сейсмических станций. В потенциально опасных районах, таких, например, как Центральная Калифорния, среднее расстояние между ними составляет всего около 10 км! Ведомством, осуществляющим основной объем работ по сейсмологическому мониторингу в стране, начиная с магнитуд 2,5, является Геологическая служба США. Вместе с тем их выполняют различные другие ведомства, имеющие собственные сейсмостанции.

В России сейсмологические и геофизические наблюдения осуществляются различными ведомствами, причем разобщенно, их финансирование в последние годы резко снизилось, оборудование сетей технически устарело. Только 8,5% сейсмических станций России оснащены цифровым оборудованием (в Канаде, например, 90%), но и оно уже далеко не современное. Лишь 6-7% станций имеют средства вычислительной техники и 4% — электронную и межкомпьютерную связь (в Канаде - 100%).

Наблюдение за опасными геологическими процессами ведут комплексные инженерно-геологические и гидрологические партии Министерства природных ресурсов РФ (бывшего Роскомнедра). Разработана концепция Государственного мониторинга геологической среды. Его система должна включать три подсистемы мониторинга — экзогенных и эндогенных геологических процессов, а также подземных вод.

Данные мониторинга и системная информация о различных процессах и явлениях служат основой для прогнозирования. Говоря о нем, следует различать два широко используемых в этой области понятия: прогнозирование (forecasting) и предсказание (prediction). Прогнозирование — это исследовательский процесс, в результате которого получают вероятностные данные о будущем состоянии прогнозируемого объекта. Под предсказанием же понимается искусство суждения о будущем состоянии объекта, основанное на субъективном "взвешивании" большого числа качественных и количественных факторов.

Количественный прогноз определяется вероятностью, с которой произойдет то или иное событие в будущем, а также некоторыми количественными характеристиками этого события.

В целях прогнозирования производят наблюдения за соответствующим процессом на определенном участке и вычисляют его будущее значение в упрежденной точке. При этом обычно оценивается как математическое ожидание конкретного значения процесса в этой точке (точечный исход), так и величина интервала, в который с заданной вероятностью попадет будущее значение процесса (интервальный прогноз).

Прогнозирующая система включает в себя ряд элементов. Один из них — информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения. Зная их, можно построить математическую модель поведения объекта. А она позволяет с использованием того или иного математического аппарата определить ранее неизвестные параметры модели, спрогнозировать состояние интересующего объекта в некоторый будущий момент времени [134].

Условиями точности прогноза при заданных его цели и интервале упреждения являются: соответствие информации об объекте прогнозирования цели и задачам этого процесса; построение правильной модели поведения объекта и правильный выбор математического аппарата для исследований; наличие в прогнозирующей системе обратной связи с результатами прогнозирования — они должны подвергаться количественному анализу и служить основанием для внесения необходимых поправок и изменений в элементы системы.

Основной целью прогнозирования катастрофы является выявление времени ее возникновения, возможного места и возможной мощности. Рассмотрим технологический процесс прогнозирования возможных источников катастроф природного и техногенного характера. Системы с такими источниками назовем объектами прогнозирования. А под самими источниками будем понимать элементы указанных объектов, в которых сосредоточивается или сосредоточен запас физической, химической или смешанной энергии.

Катастрофы, как известно, происходят в результате ускоренного неуправляемого освобождения энергии при неожиданном нарушении устойчивости в природных, техногенных или смешанных системах. Освобожденная энергия передается от источника через слои сред к объекту воздействия.

Для осуществления заблаговременного прогноза необходимо собрать информацию: о возможном источнике катастрофы; об условиях, в которых он пребывает; о среде, в которой он находится и через которую будет передаваться; об объектах воздействия.

Возможный источник катастрофы природного и техногенного происхождения характеризуется возможными: координатами (x, y, z); максимальными, минимальными и средними значениями мощностей катастроф за многолетние периоды наблюдений в данном регионе; состоянием (жидким, газообразным, твердым); механикой освобождения энергии в результате воздействия различных факторов. Эту информацию могут дать карты районирования, каталоги, модели, показывающие механизмы освобождения энергии.

Трагическим примером такого рода ЧС является видеоклип последствий теракта 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке (рис 8.1), который был зарегистрирован из космоса ИСЗ «ICONOS». В качестве примера регистрации ЧС из космоса на рис. 8.1 представлено панхроматическое изображение г. Нью-Йорка 11 сентября 2001г. зарегистрированное американским коммерческим спутником Ikonos (запущен в конце 1999 г.) с помощью цифровой камеры с разрешением 0.83 м с охватом по ширине в 11 км. На этом рисунке четко видны очертания района Манхэттена г. Нью-Йорка, факел дыма от горящих руин зданий-близнецов мирового торгового центра на берегу реки Гудзон. Изображения такой детальности пригодны для создания топографических карт и ортофотокарт в масштабах 1:25000 и крупнее, а при наличии опорных точек вплоть до масштаба 1:2400.

Рассмотрение результатов мониторинга и регистрации ЧС на основе аэро -космических средств с привлечением вышеперечисленных подходов является предметом рассмотрения настоящей главы, в которой будут обсуждены проблемы связанные с:

- радиоактивным заражением местности в результате ядерных аварий,
- загрязнениями обусловленными нефтяными разливами , последствия лесных пожаров, войны в Персидском заливе и Югославии,
- землетрясений и их прогнозирование,
- тайфунов ,наводнений, пыльных бурь , трансграничных выбросов и переносов загрязнений.

Для понимания перечисленных выше вопросов и проблем необходимо кратко напомнить[133], что система получения и распространения данных оперативного аэрокосмического мониторинга основана на :

- носителях съёмочной аппаратуры (искусственный спутник земли/ИСЗ/,самолёт-лаборатория или дистанционно-управляемый аппарат/ДПЛА/,аэростат, ракета);
- собственно аппаратуре дистанционного зондирования /ДЗ/ Земли;
- бортовые средства передачи данных на Землю по радиоканалу;
- наземных комплексов приёма этой информации, её обработки и предоставления потребителям.

Для ДЗ Земли с ИСЗ используются два основных типа

спутников : геостационарные и полярноорбитальные (с высотой орбиты Н-36тыс.км и около 1000км , соответственно). Если первые обеспечивают обзор одной и той же части планеты, сохраняя неизменное положение относительно определённой точки на экваторе, то вторые, находясь на орбите , плоскость которой примерно перпендикулярна плоскости вращения Земли ,через определённый период времени оказываются над заданным районом наблюдения[133-142].

Съёмочная аппаратура ДЗЗ, как правило, работает в четырёх основных спектральных интервалах: ультрафиолетовом (УФ/UV 0.01-0.4 мкм) видимом (вид. /VIS 0.4-0.74 мкм) инфракрасном (ИК/ IR 0.74-12 мкм),микроволновом (МВ/ MW 10-1000 мм)СВЧ. Существует также многоканальная спектральная аппаратура высокого разрешения в тех областях спектра ,где земная атмосфера прозрачна для электромагнитных волн. Следует отметить, что ИК и МВ –съёмку в окнах прозрачности атмосферы можно проводить в тёмное время суток, а в микроволновом диапазоне -даже при наличии облачности.

Важнейшими характеристиками формируемого изображения являются пространственная (r) и радиометрическая /яркостная, температурная / (ΔI) разрешающие способности используемой аппаратуры.

Пространственное разрешение зависит от длины волны λ , диаметра объектива (в случае радиолокационного наблюдения –размеров апертуры антенны) D и высоты орбиты Н следующим образом :

$$r \sim \lambda H / D \quad (8.1).$$

Радиометрическая разрешающая способность (ΔI) определяется прежде всего шириной динамического диапазона используемого датчика/приёмника излучения/, то есть количеством уровней дискретизации , соответствующих переходу от яркости абсолютно “чёрного” к абсолютно “белому” телу.

Так для широко распространённого прибора AVHRR, применяемого на спутниках серии NOAA , пространственное разрешение r (физический размер одного пиксела на поверхности Земли) составляет около 1 км, а радиометрический диапазон 1024 уровня яркости. Для обнаружения элементарного объёма должно выполняться условие $I_{об} S / r^2 > \Delta I$ (8.2),

где $I_{об}$ - яркость объекта, S - его площадь.

С учётом (8.2) получим, что минимальный размер наблюдаемого на поверхности Земли, например лесного пожара, для которого $I_{об} = 1024$, составляет около $30 \times 30 \text{ м}^2$.

Пространственное и радиометрическое разрешение аппаратуры вместе с шириной полосы, в которой проводится съёмка, и общим числом каналов определяют скорость передаваемого на Землю информационного потока:

$$C = INKLV/r^2 \quad (8.3),$$

где V – скорость перемещения подспутниковой точки по трассе ИСЗ, I – число бит на пиксел изображения, N – число каналов, L – ширина полосы обзора, $K \geq 1$ – коэффициент, зависящий от типа применяемого в канале помехоустойчивого кодирования.

Например, для $r = 10 \text{ м}$, $L = 100 \text{ км}$, $V = 8 \text{ км/с}$, $N = 3$, $I = 8 \text{ бит}$ и $K = 1$ скорость передачи данных C составит 192 Мбит/с или 24 МБ/с .

В свою очередь, необходимая для передачи этого информационного потока ширина полосы пропускания радиоканала “борт-Земля” зависит от энергетических характеристик как приёмного (наземного), так и передающего (бортового) комплексов.

Пропускная способность каналов связи возрастает с увеличением мощности бортового передатчика, диаметра приёмной антенны наземного комплекса и с уменьшением расстояния до ИСЗ. Так, для приведённого выше примера диаметр приёмной антенны должен быть не менее 10 м .

На рис.8.2. представлена типичная “пространственно-временная” диаграмма, иллюстрирующая необходимые для исследования основных процессов соотношения между разрешающей способностью и периодичностью съёмки. На диаграмме также приведены “области тематической применимости” соответствующие некоторым современным космическим системам ДЗ Земли. Как видно из рис.8.2. катастрофические явления с периодичностью в часы или сутки в видимом диапазоне спектра с пространственным разрешением от 0.5 до десятков метров под силу лишь военным спутникам.

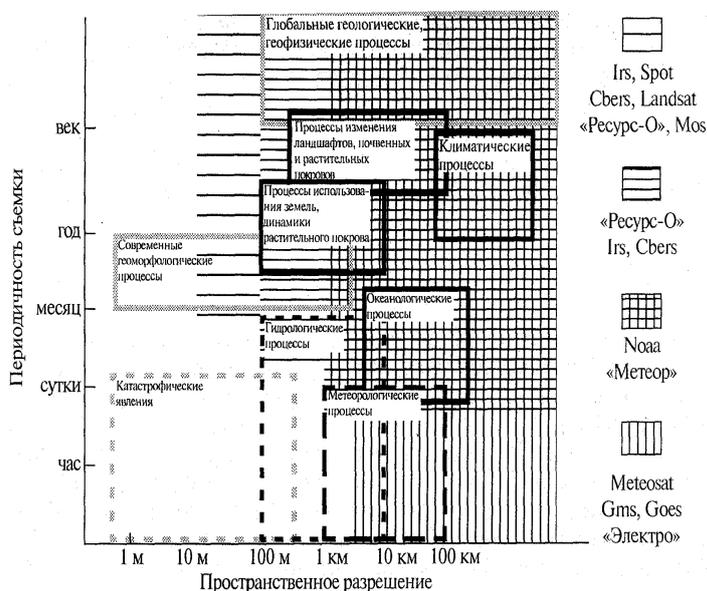


Рис.8.2. Пространственно-временная диаграмма различных процессов и съёмочных возможностей ИСЗ.

Тем не менее многие задачи связанные с мониторингом ЧС/тайфуны, лесные пожары, осадки, глобальное распространение аэрозолей, высота снежного и ледового покрова,

наводнения, землетрясения, опустынивание и многое другое/ могут быть зарегистрированы и с помощью приборов как более низкого разрешения, так и работающих в иных участках электро-магнитного спектра. Таковыми являются современные многоканальные сканеры высокого разрешения дающие изображения исследуемых объектов в в видимом и ИК - диапазонах спектра, СВЧ –радиометры, а также радиолокаторы с синтезированной апертурой []. ИСЗ запущенные разными странами мира и которые работают в начале 21-го века: Landsat-7, EOS-AMI, ENVISAT-1, ERS-3, ADEOS-2, SPOT-5, "METEOR-3M" N1, ALOS ,EOS-LATI и др. [133,135-139].

Спутники серии ERS, Envisat, JERS, RADARSAT. На этих спутниках установлены одночастотные радары с синтезированной апертурой. Технические характеристики спутников и радаров приведены в табл. 8.1.. Спутники ERS-1,2 и

Envisat были запущены Европейским космическим агентством [135], JERS – японским космическим агентством

Пассивные микроволновые радиометры SSM/I. На спутниках серии DMSP, первый из которых был запущен в 1987г., устанавливаются микроволновые радиометры SSM/I. Каждый из этих приборов является 7-канальной четырехчастотной пассивной радиометрической системой. Сигналы вертикальной и горизонтальной поляризации принимаются на частотах 19.3, 37.0, и 85.5 ГГц; на частоте 22.2 ГГц принимается только сигнал вертикальной поляризации.

Таблица 8.1..

Основные характеристики ERS, Envisat, JERS-1, RADARSAT и их радаров.

Спутники	ERS	Envisat	JERS-1	RADARSAT
<i>Орбита</i>				
Высота (км)	785	799.8	568	789
Наклонение (градусов)	98.5	98.55	97.7	98.6
Период обращения, мин.	100	100.59	96	100.7
<i>Прибор</i>				
Диапазон	C	C	L	C
Частота (ГГц)	5.3	5.3	1.275	5.3
Длина волны (см)	5.66	5.66	23.5	5.7
Поляризация	VV	HH, VV, HV, VH	HH	HH
Угол обзора (градусов)	23	15 – 45	38	20 – 59
Обзор	Правый	Правый	Правый	Правый
Полоса обзора (км)	100	405	75	50-500
<i>Изображения</i>				
Разрешение по дальности (м)	20	150	18	10, 100
Разрешение по азимуту (м) / число проходов при обработке	8/1, 25/3, 30/4	150	18/3, 30/4	8/1, 30/4, 100/8

Сканирование – механическое, слева направо при обзоре вперед по направлению полета – для спутников F11 и F13 и обзоре назад - для F8. Угол обзора составляет 102.4° ($\pm 51.2^\circ$ в обе стороны от оси полета), при этом ширина полосы захвата соответственно равна 1400 км. Угол между осью антенны и направлением в надир равен 53.1° [135-139]. Ошибка абсолютной калибровки для всех каналов радиометра не превышает 3 К. Параметры орбиты трех спутников приведены в таблице 8.2..

Спутник ADEOS-II. Этот спутник был запущен в 2002 году. На его борту установлен многоканальный микроволновый радиометр AMSR. Этот прибор измеряет излучение Земли на 8 частотах, в вертикальной и горизонтальной поляризации.

В таблице 8.2. приведены орбитальные параметры спутников Nimbus-7, DMSP-F8, F11, F13, ADEOS, а в таблице 5 приведены основные параметры сенсоров.

Данные со спутников передаются в режиме реального времени на приемные станции-терминалы, расположенные в различных точках земного шара.

Спутники серии NOAA оснащены сенсорами AVHRR, которые представляют собой пятиканальные оптико-механические сканерные системы. В настоящее время на борту спутников NOAA-12 и NOAA-14 функционируют системы AVHRR/2,

Таблица 8.2..

Орбитальные параметры спутников Nimbus-7, DMSP-F8, DMSP-F11, DMSP-13.

ИСЗ	Высота (км)	Наклонение (град)	Период (мин)
Nimbus-7	955	99.1	104.2
DMSP-F8	838 – 882	98.8	101.8
DMSP-F11	841 – 878	98.8	101.9
DMSP-F13	840 – 875	98.8	101.9
ADEOS-II	815 – 794	98.6	101.0

Таблица 8.3.

Параметры микроволновых радиометров SSM/I, SMMR, AMSR	SMMR	AMSR
<i>Частоты, длины волн, поляризации, размеры минимального элемента разрешения, вдоль поперек полосы обзора</i>		
	6.6 ГГц, 4.5 см, H,V, 148 км × 95 км	6.9 ГГц, 4.3 см, H, V 40 км × 70 км
	10.7 ГГц, 2.8 см, H,V, 91 км × 59 км	10.7 ГГц, 2.8 см, H, V 27 км × 46 км
19.35 ГГц, 1.6 см, H,V, 69 км × 43 км	18.0 ГГц, 1.7 см, H,V, 55 км × 41 км	18.7 ГГц, 1.6 см, H, V 14 км × 25 км
22.235 ГГц, 1.4 см, V, 60 км × 40 км	21.0 ГГц, 1.4 см, H,V, 46 км × 30 км	23.8 ГГц, 1.3 см, H, V 17 км × 29 км
37.0 ГГц, 0.8 см, H,V, 37 км × 28 км	37.0 ГГц, 0.8 см, H,V, 27 км × 18 км	36.5 ГГц, 0.8 см, H, V 8 км × 14 км
		50.3 ГГц, 0.6 см, V 6 км × 10 км
		52.8 ГГц, 0.6 см, V 6 км × 10 км
85.5 ГГц, 0.3 см, H, V, 15 км × 13 км		A. 89.0 ГГц, 0.3 см, H, V 3 км × 6 км
		B. 89.0 ГГц, 0.3 см, H, V 3 км × 6 км
<i>Ширина полосы обзора, км</i>		
1400	780	Приблизительно 1600
<i>Угол между осью антенны и направлением в надир, град.</i>		
42.0	53.1	55.0 для всех каналов кроме 89.0 В, 54.5 для каналов 89.0 В

работающие в диапазоне электромагнитного спектра от видимого до теплового инфракрасного: 1 - видимый (0.58-0.68 мкм); 2 - ближний ИК (0.725-1.10 мкм); 3 – средний ИК (3.55-3.93 мкм), 4 – тепловой ИК (10.30-11.30 мкм); 5 – тепловой ИК (11.50-12.50 мкм).

AVHRR/2 имеет пространственное разрешение для всех каналов - 1.1 км, ширина полосы захвата на местности - 2900 км, угол сканирования составляет 55.4° в обе стороны от надира. Размер пикселя на изображении каждого из пяти каналов – 1 × 1 км.

Помимо многоканальных измерителей в настоящее время для дистанционного зондирования применяют гиперспектральные сенсоры. Эти приборы позволяют получать изображения высокого пространственного разрешения в широком диапазоне электромагнитных волн с использованием большого количества смежных спектральных каналов (от нескольких десятков до нескольких сотен). Такие измерители установлены на спутниках серий Terra, Aqua, Envisat, EO и др., а также на самолетах [133?135-137]. Гиперспектрометры, как правило, работают в оптическом или близких к нему диапазонах длин волн, поэтому их применение для мониторинга ледового покрова Арктики ограничено.

Спутник Terra оснащен многоканальным сканирующим спектрорадиометром среднего разрешения MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer), а также радиометром высокого разрешения ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and reflection Radiometer) и спектрорадиометром MISR (Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer). Данные MODIS поступают в 36 спектральных зонах в диапазоне 405-14385 нм с разрешением 250, 500 и 1000 м и обеспечивают полное покрытие поверхности Земли каждые 2 дня и используются для мониторинга широкомасштабных изменений в биосфере, изучения процессов в атмосфере, океане и т.д.

Радиометр ASTER предназначен для сбора детальной информации и картографирования поверхностной температуры, излучательной и отражательной способностей Земли при решении задач в метеорологии, гляциологии, гидрологии, вулканологии и геологии, изучении динамических процессов урбанизации территорий, энерговлагообмена и поверхностных потоков.

Спектрорадиометр MISR – девятикамерная система, в которой одна камера направлена в надир, а остальные обеспечивают обзор поверхности Земли по различными углами - 26.1°, 45.6°, 60.0°, и 70.5° в четырех спектральных диапазонах от видимого до ближнего ИК. Данные MISR дают возможность выделять на изображениях различные типы облачности, частицы атмосферных аэрозолей и различные объекты земной поверхности. Сенсор предназначен для определения сезонных и долговременных трендов количества и состава атмосферных аэрозолей, как природного, так и антропогенного характера; мощности и типа облачности, высоты облачного покрова; изучения различных объектов поверхности суши, включая структуру растительного покрова.

Основные параметры современных и перспективных гиперспектральных сенсоров приведены в таблице 8.4.

Спутник серии "EO-1" ("Earth Observing-1", США) запущен в ноябре 2000 г. На его борту установлен комплекс съемочной аппаратуры, включающий три прибора: многоспектральный ALI (Advanced Land Imager) и гиперспектральный Hyperion (Hyperspectral Imager) приборы формирования изображений и спектрометрическую видеосистему для атмосферной коррекции LAC (Linear etalon imaging spectrometer array Atmospheric Correction). ALI представляет собой высоко-интегрированный многоспектральный и панхроматический спектрометр. Принцип действия ALI основывается на технологии "pushbroom", он имеет девять спектральных каналов в диапазоне от 433 до 1350 нм и панхроматический канал (480-690 нм). Спектральные диапазоны были разработаны с целью имитации шести каналов ETM+ (Enhanced Thematic Mapper), функционирующего на борту Landsat-7, и три дополнительных спектральных диапазона (433 – 453 нм, 845 – 890 нм, 1200-1300 нм). "Hyperion" обеспечивает зондирование земной поверхности в диапазоне от 400-220 нм (220 спектральных каналов) с 30- метровым пространственным разрешением и покрытием за одну

сцену - 7.5 км на 100 км. Видеоспектрометр LAC предназначен для коррекции влияния атмосферных процессов при формировании таких многоспектральных изображений, как ETM+. Все три прибора позволяют производить синхронную съемку в рамках полосы обзора ETM+ Landsat-7 с частичным или полным ее покрытием [133- 142].

Таблица 8.4.

Основные характеристики современных и перспективных гиперспектральных сенсоров космического базирования

Сенсор	Агентство (страна)	Спутник (программа)	Дата запуска	Ширина полосы обзора (км)	Пространственное разрешение (м)	Кол-во каналов	Спектральный диапазон (нм)
LISS-3	India	IRS-1D	1997	127 134	23.7	4 × 23	520 – 1700
MODIS	NASA	TERRA(EOS) AQUA (EOS)	1999	2330	250 (к-лы 1-2) 500 (к-лы 3-7) 1000 (к-лы 8-36)	36	405 – 2155 (к-лы 1 – 19) 3660 – 14385 (к-лы 20 – 36)
ASTER	NASA	TERRA (EOS)	1999	60	15 (к-лы 1-3) 30 (к-лы 4-9) 90 (к-лы 10-14)	14	520 – 860 (к-лы 1 – 3) 1600 – 2430 (к-лы 4 – 9) 8125 – 11650 (к-лы 10 – 14)
MERIS	ESA	ENVISAT	2000	1150	300	15	400 - 800
Hyperion	NASA	EO-1	2000	7.5 (7.5 × 100)	30 × 30	220	400 – 2500
ALI	NASA	EO-1	2000	37	30 × 30	9	433 – 2350

Несмотря на научно-технический прогресс, в том числе и в сфере аэрокосмического мониторинга, уязвимость нашего общества от природных катастроф возрастает. Количество пострадавших от них увеличивается ежегодно примерно на 6%. По данным ООН [140-142] по числу пострадавших наиболее опасными являются засухи (33%), наводнения (32%) и тропические штормы (30%), по числу погибших людей (100 чел. и более)- наводнения (26%), тропические штормы (19%), эпидемии (17%) и землетрясения (13%). Об этом говорит анализ статистики катастроф, произошедших на Земле за последние 30 лет.

На территории России, обладающей чрезвычайно большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, наблюдается более 30 видов опасных природных явлений.

За год в нашей стране бывает 350—400 опасных событий природного характера. Повторяемость их возникновения по видам приведено табл.8.5.

Таблица 8.5.

Наводнения	35%
Ураганы, бури, штормы, смерчи	19%
Сильные или особо длительные дожди	14%
Землетрясения	8%
Оползни, обвалы, сели	5%
Сильные снегопады	5%
Сильные морозы, заморозки в вегетационный период	3%
Лавины	2,5%
Метели	2,5%
Засухи	2%
Грозы, градобития	1%

Наиболее разрушительными из них являются: наводнения. Достаточно вспомнить наводнение в г. Ленске в мае 2001 г., когда погибло 6 человек и пострадало более 20 тыс. человек, когда было полностью разрушено 3231 одноэтажных и 100 двухэтажных домов. В результате разрушения нефтебазы вылилось десятки тысяч тонн мазута. Суммарный ущерб в г. Ленске и других городах Якутии и Иркутской области составил более 6 млрд руб.. Паводки 2002 г. на Северном Кавказе, связанные с прохождением мощных циклонов, привели к гибели уже более 100 человек, а материальный ущерб был в три раза больше, чем в Якутии и Иркутской области в 2001 г.. Землетрясение на Горном Алтае в 2003 хотя и было в эпицентре с магнитудой 8 по шкале Рихтера и сопровождалось разрушением домов, но прошло без человеческих жертв, а вот землетрясение в г. Бам в Иране в 2004г. унесло жизни около 30тыся человек.

Научно-техническая революция XX века обусловила ускоренный характер развития антропогенного воздействия на окружающую среду. Техногенные катастрофы возрастают по степенному закону и в результате антропогенной деятельности в 21 веке проявления глобального экологического кризиса принимают всё более выраженное через нарушение биогеохимического круговорота / в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем и ландшафтов на поверхности Земли и, как следствие, нарушение устойчивости окружающей среды. Мировые войны 20-го века, ядерные аварии и катастрофы, экстремальные происшествия и трагедии на потенциально опасном химическом производстве, в нефтяной индустрии, на транспорте и на протяжённых трубопроводах, локальные войны и конфликты, международный терроризм, пожары и даже эпидемии СПИДа, атипичной пневмонии, ящура и т.д. дают многочисленные примеры того, что мы уже приближаемся к состоянию неустойчивого равновесия нашей экосистемы.

И хотя по числу жертв техногенные катастрофы уступают природным “взрывной” характер их динамики на переходе от “углеродной” энергетики к развитию солнечно-водородной требует использования современных методов мониторинга для контроля и прогнозирования изменений окружающей среды. Уроки Чернобыльской трагедии на 4-м блоке атомной электростанции, техногенные аварии на других производствах требуют реализации комплексного мониторинга окружающей среды, в том числе и на основе аэрокосмических средств.

8.1.Регистрация ядерных аварий на основе аэрокосмических средств

Для второй половины 20-го и начала 21 века характерен еще один вид специфических аварий, связанных с выбросом радиоактивных веществ и загрязнением ими окружающей среды. Подобные аварии происходили в океане (на атомных подводных лодках -последняя связана с затоплением при транспортировке на утилизацию АПЛ –К-159 в сентябре 2003г.), в космосе (на ИСЗ) и наиболее часто — на земле (на АЭС и различных, чаще всего военных предприятиях).

В результате теплового (неядерного) взрыва 26 апреля 1986 г. на Чернобыльской атомной станции (ЧАЭС) произошло разрушение 4-го реакторного блока и кратковременный выброс накопившихся радионуклидов во внешнюю среду до высоты 1200 м. Температура во взорвавшемся реакторе в начальный момент превышала температуру на поверхности Солнца (6000С), в то время как радиация превышала десятки тысяч и более рентген в час. Затем за счёт высокой температуры при горении графита и внутреннего разогрева в течение двух недель (по 9 мая включительно) в атмосферу выделилось в виде мощной струи газообразные и аэрозольные радиоактивные продукты. В результате внутриконтинентальной атмосферной циркуляции эти вещества были рассеяны и зарегистрированы в большинстве стран Европы и в первую очередь в Швеции, Польше, Югославии, Греции[]. Официальное признание этой катастрофы в СССР прозвучало только на 3-й день, после активных заявлений и публикаций на Западе и , в первую очередь в Швеции и США. Эта крупнейшая рукотворная катастрофа на ЧАЭС по интегральному объёму радиоактивных загрязнений сопоставима с десятками тысяч Хиросим [143-146] и является аварией планетарного уровня.

Аэро-космические методы наблюдения для оценки экологического ущерба от ядерных аварий и катастроф ,как в случае с ЧАЭС, использовались фактически с момента её возникновения. Крупнейшая ядерная катастрофа на ЧАЭС была зафиксирована в момент взрыва с ИСЗ DMSP по яркой вспышке. На 1-ой стадии аварии имело место повышение температуры до 1800-2000 К, что и было обнаружено по данным ИК -тепловой съёмки с ИСЗ NOAA-9 и Landsat-5 на λ -3.7 мкм. Карта радиоактивных загрязнений от 12 мая 1986 г, составленная с помощью космических средств (КН-11 и др.) свидетельствует, что поля загрязнений с разной степенью интенсивности покрыли всю европейскую территорию вплоть до Португалии.

Изображения с ИСЗ “Космос” сделанные 27 июля 1989 г. использовались для оценки радиоактивного загрязнения растительного покрова. На основе анализа изображений полученных в трёх спектральных интервалах видимой зоны спектра было показано, что у всех растительных сообществ с ростом загрязнения уменьшается поглощение светового потока. Тем самым была выявлена корреляция между содержанием Cs-137 и спектральными характеристиками растительности [].

Как показано в [44,140-146] радиоактивные загрязнения местности коррелируют с зонами определённой геологической структуры- в местах расположения трещин (разломов) с близким залеганием плотных горных пород, где происходит усиление гравитационных сил. Разломы отчётливо прослеживаются на космических изображениях, отображаясь в прямолинейных очертаниях различных элементов ландшафта (гряд, участков рек, долин и т.д.). Напротив, в Припятской впадине, расположенной недалеко от Чернобыля, в пределах которой влияние гравитационных сил на земной поверхности минимально, отмечается почти полное отсутствие радиоактивного загрязнения местности. Контакты высокопроницаемых зон земной коры, в частности, на границе Микашевскогои Полесского нефтегазоносных блоков распознаваемых на спутниковых изображениях) коррелируют с распределением радиоактивных выпадений. Уровень радиоактивного загрязнения в таких местах Cs-137 составлял 5 Ки на 1м2[145-147].

Регулярные натурные измерения и аэрогамма-съёмка с самолётов и вертолётов

[143] позволили получить большой набор карт-схем загрязнения местности (мощность дозы и плотность загрязнения различными изотопами), начиная с первых дней после аварии до настоящего времени. Этот набор данных позволяет восстанавливать картину загрязнения местности практически на любой момент времени и рассчитать дозу внешнего и внутреннего облучения за необходимый интервал времени. Так исследования ближней зоны /кольцо с внешним радиусом 60 км/ многократно обследовалось с использованием дозиметров, установленных на различного типа самолётах и вертолётах с высоты 150-200м.. Пример динамики поля загрязнения на обширных территориях вне ближней зоны и, в частности, для Брянской, Орловской, областей приведён на рис.8.3.[143].

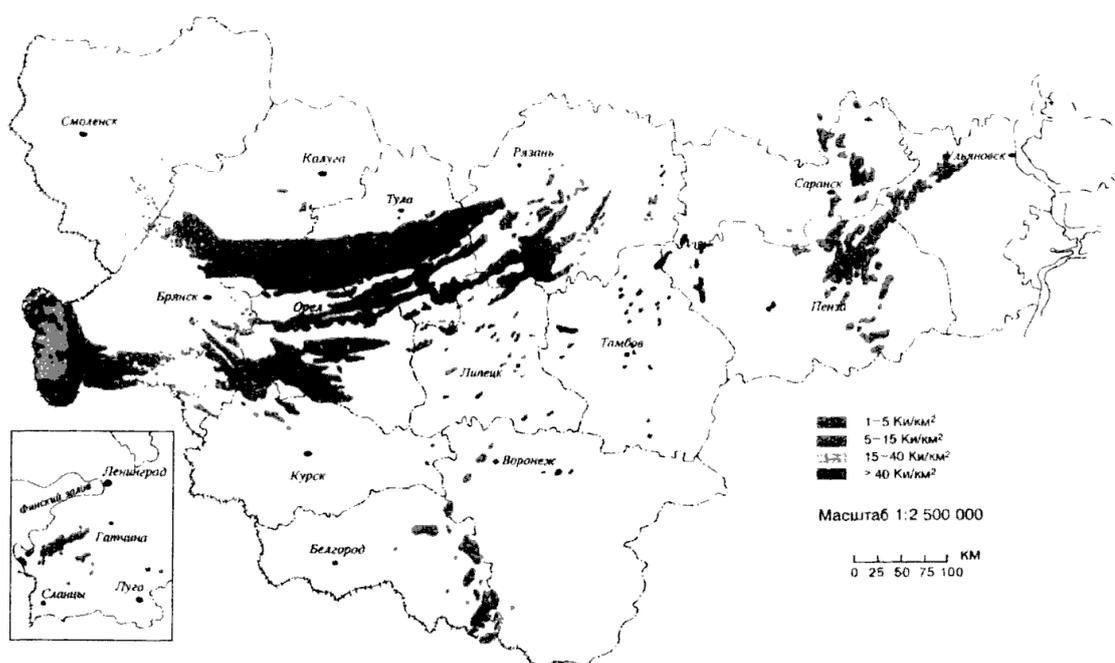


Рис.8.3. Карта плотности загрязнения цезием-137 с запасом > 1 Ки/км² территории европейской части России

Ядерные аварии происходили также на различных военных объектах, например, на атомных подводных лодках/АПЛ «Комсомолец» в 1989г., в космосе /аварии ИСЗ с ядерными энергетическими установками/, на военных предприятиях, как например, вблизи г.Кыштым под Челябинском. В 1957 г. на ПО «Маяк» в Челябинском регионе произошёл тепловой взрыв одной из ёмкостей на ПО «Маяк»,содержащей жидкие отходы активностью в 20млн.Ки радиоактивных нуклидов, из которых в воздух попало 2 млн.Ки. Так в результате образовался восточно-уральский радиационный след вдоль р.Течь (рис.8.4.),включая оз. Карачай и отдельные районы Свердловской обл.. Только на ПО «Маяк» общая активность РАО составляет около 1 млрд. Ки, что во много раз больше превышает выбросы после Чернобыльской катастрофы (60млн.Ки).

Радиоактивные загрязнения местности после кыштымской аварии на Южном Урале (29 сентября 1957 г и затем в 1967г.) и на Сибирском химическом комбинате в г.Томске (6 апреля 1993 г.)также изучались достаточно тщательно на основе аэрогамма спектральной съёмки.

Разные регионы России, СНГ, на планете несут на себе следы радиационных воздействий.

В СПб и пригородах с 1987 обнаружено около 1400 радиоактивных аномалий больших объёмов загрязнённого грунта некоторые из них достаточно опасны, из-за большой плотности бета –излучения(до 50тыс Бк/см²/мин),альфа- излучений. Их появление связывают с деятельностью в/ч 70170. Мощный очаг загрязнения (площадью до 1га) был на берегу Шкиперской протоки Васильевского острова на территории военного городка №6, в местах захоронения РАО в посёлке Приветнинском и Кузьмолово.

На /Ленинградской/ Сосново-борской АЭС всё отработанное топливо сохраняется на месте, а захоронение РАО осуществляется там же на Ленспецкомбинате "Радон" с их суммарной активностью $2 \cdot 10^{16}$ Бк.

Радиоактивные загрязнения связаны:

В первую очередь, от ядерных полигонов их было официально 5: Семипалатинский и Северный (Новая Земля) , Невада -США, Великобритания, Муруроа -Франция, Лобнор – Китай на которых произведено до 1991г. 2059 взрывов, в том числе 715 в СССР из них 215 в атмосфере с общей мощностью 452Мт,в США 1085 из них в атмосфере 205 мощностью 141 Мт.

Во-вторых, в рамках добычи и обогащения урана (45% мировых разведанных запасов – около 2.2 млн.т. сосредоточено в России, Казахстане, Таджикистане по 30%.на Украине –10%

В-третьих, взрывы в « мирных целях» более 100 взрывов как наземных, так и подземных.

В четвёртых, АЭС на территории СНГ 20 из них 3 на Украине и 1 в Армении, остальные в России. Кроме того целый ряд исследовательских реакторов, закрытых городов около 10: Арзамас –16,Красноярск-26,45,Челябинск 70 и 65,Златоус-26,Пенза-19 и т.д.

В Северодвинске ,где производят АПЛ ,находится 50 атомных реакторов, в Североморске в Мурманской обл. около 100, в Москве и Подмосковье-9 и 4, в СПб- 3.

В пятых, пункты захоронения радиоактивных отходов, атомные корабли разного класса, как действующие, так и находящиеся на приколе или на дне морей и океанов.

В пределах Уральского региона произведено 38 технологических ядерных взрывов, из них 5 с выбросом на поверхность. Там же работает 8 ядерных реакторов,6 мощных центров по переработке радиоактивных материалов, имеется 6 районов , где хранятся радиоактивные отходы(РАО).

Потенциально опасными являются все базы ракетных атомных подводных лодок: Северный флот- Гремиха, Нерпичья, Оленья, Ягельная, Островной, Тихоокеанский –Рыбачий, Павловское с 62АПЛ.

В среднем срок службы АПЛ составляет 25-30 лет. В окружающую среду радионуклиды поступают в момент спуска отработанной воды, используемой для охлаждения реакторов,

За это же время 4 раза загружают ядерное топливо, что является достаточно опасным моментом. Содержание более сотни списанных АПЛ на плаву.

Северный ледовитый океан наиболее загрязнён радиоактивными отходами(в среднем 8.5 Бк/м³). 77% захоронений жидких радиоактивных отходов в Атлантике производит Великобритания, в частности , с завода в Саллофилде. Причём часть из этих отходов Гольфстрим относит к берегам России и, в частности, в Баренцево море

Затонувшая в Баренцевом море при транспортировке на утилизацию бывшая АПЛ К-159 в сентябре 2003 имеет два заглушенных реактора и всё это создает предпосылки для радиоактивного загрязнения прилегающих территорий. На морском дне ,включая подлодку «Комсомолец», К-159,К-29, «Трешел» и др. лежат 14 ядерных реакторов и 50 ядерных боеголовок. Основную потенциальную опасность долгосрочного загрязнения радионуклидами несут ракетоторпеды с ядерными боеголовками. Неконтролируемый процесс выхода плутония

в окружающую среду может продолжаться в течение многих лет (период полураспада плутония — 24 тыс. лет), в результате чего в районе нахождения АПЛ может сформироваться зона устойчивых загрязнений, представляющих экологическую (радиационно-токсическую) опасность..

Подземные ядерные взрывы в мирных целях[147] тоже внесли свой вклад в радиоактивное загрязнение окружающей среды и они связаны с :

- экспериментами по созданию кратеров и перемещению грунта(канал Печора- Кама, пос. Удачный /Якутия-Саха/ и др.).

- созданием полостей в соляных шахтах для закачки туда газового конденсата (а , возможно и жидких радиоактивных отходов).

- со стимуляцией выхода газа, управляемым выходом нефти (Тюменская обл. -Усть-Балык, Башкирия-Грачевское месторождение и др.).

- с подземными взрывами по заказу Мингео для сейсмического зондирования земной коры и мантии(39 взрывов).

- с ликвидациями пожаров и аварий на фонтанирующих скважинах(4 взрыва).

- с ликвидациями ядерных зарядов тактических ракет малой мощности.

- с созданием атомных крематориев для химического оружия- уничтожением ядовитых веществ путём взрыва).

Расширение зон территорий радиоактивных загрязнений сужает жизненное пространство, поэтому комплексный мониторинг /включая аэрокосмический/ окружающей среды, наряду с совершенствованием ядерных технологий является одним из неперенных условий контроля безопасной жизнедеятельности в 21-ом веке.

8.2.Обнаружение нефтяных разливов на основе самолётных и спутниковых средств дистанционного зондирования. Среди многочисленных техногенных факторов негативного воздействия на природу нефть занимает одно из ведущих мест, попадая в окружающую среду как в процессе добычи, транспорта, переработки, хранения и использования нефтепродуктов, так и в результате аварийных разливов нефти. Нефть и природные горючие газы обеспечивают в настоящее время более 60% потребностей мировой энергетики. Усреднённая за последнее десятилетие ежегодная добыча нефти в мире составляет около 3 млрд. тонн. Но дело не только в объёме вклада в энергетику. Нефть оказалась адекватной запросам XX и XXI века и его технологическим возможностям, в свою очередь сильно повлияв на их формирование[101,107,112,129-131] . Именно добытая нефть обеспечила человечеству возможность несоизмеримых с прошлым веком протяженных и стремительных транспортных перемещений по суше и воздуху, по воде и под водой. Трансформировавшись в компоненты реактивного топлива, нефть позволила людям вырваться из земной колыбели. Она окружила человека целым миром новых химических веществ и изделий из них. Нефть в 21 веке, и сама стала причиной крупных геополитических игр и войн. Примером тому может служить война в Ираке, которая во многом связана с контролем за запасами нефти в Ираке (112 млрд. баррелей разведанных и ещё 220млрд баррелей из числа неразработанных месторождений) после Саудовской Аравии(261.8 млрд. баррелей) занимает второе место по величине разведанных запасов нефти .При нынешних темпах добычи нефтяных запасов Ирака хватит на 129 лет(первое место по этому показателю). Для сравнения кувейтские месторождения иссякнут через 128 лет, саудовские через 85, (Россия занимает третье место по разведанным запасам нефти, уступая лишь Саудовской Аравии и Ираку). С учётом разведанных и прогнозных запасов в 62.7 млрд.баррелей нефти в России, российские источники нефти иссякнут через 20-30 лет ,а американские нефтяные запасы –через 10 лет.

В 1991г при отступлении иракской армии из Кувейта было разрушено более 550 нефтяных скважин Кувейта в воды Персидского залива попало 1.7млн.т. нефти, в атмосферу попало

около 125 тыс.т. канцерогенных продуктов горения нефти. Ежедневно в атмосферу поступало около 70млн.т. сажи,50тыс.т. диоксида серы,100тыс.т. двуокиси углерода. Это был самый интенсивный очаг горения за всю историю человечества, который сопровождался черными шлейфами облаков, выпадением кислотных осадков и понижением температуры поверхности на 10 °С, что и регистрировалось с помощью аэрокосмических средств в различных участках электро-магнитного спектра. Следует также отметить ,что во время войны в Персидском заливе было сброшено около 88.5 тыс. тонн бомб, т. е. больше, чем сбросили страны антигитлеровской коалиции за всю вторую мировую войну .

Ежегодное поступление нефтепродуктов только в гидросферу составляет примерно 0,23% (около 6 млн. т) от годовой мировой добычи нефти, что происходит главным образом в результате слива за борт танкерами и судами нефтесодержащих (балластных и промывочных) вод. Нет оснований предполагать, что этот источник станет меньше, так как объем перевозок морскими нефтеналивными судами ежегодно возрастает. При перевозках нефти в морях и океанах, а также в портах теряется около 2 млн т/год, что составляет 40% всего сброса нефти. В нефтях установлено более 450 индивидуальных соединений. Основными компонентами, составляющими 90-95% нефтей, являются углеводороды. Число углеродных атомов в углеводородах нефти колеблется от C1-C4 (газы) до C₆₀.

Основные компоненты-углеводороды(до 98%) подразделяются на 4 класса: а) **парафины**(алкены- до 90% от общего состава)-устойчивые вещества, молекулы которых выражены прямой и разветлённой цепью атомов углерода. Лёгкие парафины обладают максимальной летучестью и растворимостью в воде.б)-**Циклопарафины**-(30-60% от общего состава) насыщенные циклические соединения с 5-6 атомами углерода в кольце. Кроме циклопентана и циклогексана в нефти встречаются бициклические и полициклические соединения этой группы. Эти соединения очень устойчивы и плохо поддаются биоразложению.в)**ароматические углеводороды** (20-40%) –ненасыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие в кольце на 6 атомов меньше, чем циклопарафины. В нефти присутствуют летучие соединения с молекулой в виде одинарного кольца (бензол,толуол,ксилол)затем бициклические(нафталин), полициклические(пирен); г)**олефины(алкены)**- (до 10%)-ненасыщенные нециклические соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле., имеющую прямую или разветлённую цепь.

Нефтяные загрязнения стали постоянным фактором изменения экологической ситуации в локальном и глобальном масштабах. Ежегодно в мировой океан попадает около 6 млн. т нефти. Наблюдения из космоса показали, что тонкая нефтяная пленка или массивированные нефтяные пятна покрывают не менее 1/4 мирового океана. По литературным данным, уже через 10 минут после разлива 1 т нефти она распространяется на акватории в радиусе 50 м в слое толщиной до 10 мм; далее пленка толщиной не более 1 мм распространяется на площадь 12 кв. км. Даже в поверхностных водах Антарктики (море Уэдцелла) обнаружены концентрации нефти, почти в пять раз превышающие естественный фон в морской воде суммы ароматических углеводородов — одной из самых токсических групп компонентов нефти.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно российским нормативам не должна превышать 100-300 миллионных долей грамма на литр (мкг/л) для нефти различных видов; для различных видов керосина такая норма составляет от 10 до 100 мкг/л, для бензина — 100 мкг/л. Предельно допустимая концентрация нефти и нефтепродуктов в растворенном и эмульгированном состоянии в воде для рыбьего мира морских водоемов составляет 50 мкг/л; содержание нефтепродуктов в питьевой воде не должно превышать 100 мкг/л.

Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах, например, р.Невы составляет 0,05-0,1(мг/л).

Для сравнения в средней и южной частях Каспийского моря на больших пространствах обнаружены нефтяные углеводороды в концентрациях 300-2000, в Белом море до 3000, в Балтийском море до 50, в Азовском — до 850, в Черном до 150 мкг/л.

Методы дистанционного зондирования нефтегенных загрязнений

В основе физических методов дистанционного зондирования лежат спектральные особенности различных видов нефтепродуктов, а также возможность их индикации с помощью УФ, видео и ИК-камер и сканеров-флуориметров, микроволновых радиометров и радиолокаторов установленных на различных носителях от самолётов до спутников.

Ниже приводятся физические принципы обнаружения следов нефтяных пятен на поверхности воды.. Их отражательная способность различна и, поэтому моторное масло, у которого отражение наибольшее, по сравнению с соляжкой и бензином отображается наиболее ярко на фоне воды в ближней УФ-области спектра. Спектральные особенности, углеводоро-содержащих разливов на фоне воды существуют не только в области 300-420 нм, 800-950 нм, но и также в ИК области вне полосы и вблизи максимального поглощения нефти на длинах волн 1700 и 2350 нм. Нефтепродукты отражают больше, чем вода, также как они сильнее излучают на фоне воды в микроволновом диапазоне (34 и 12.5 ГГц) что и позволяет осуществлять их дискриминацию путём использования ИК- камер, ИК- сканеров и микроволновых радиометров[148,149].

Исследование спектров люминесценции образцов сырой нефти / 5 / показали ,что при возбуждении на длинах волн от 280 до 360 нм флуоресценция наблюдалась в видимой области, в частности, вблизи 480 нм (рис.8.5).Таким образом при наличии солнечной подсветки или при использовании УФ-лазера (например, ХеСl

на 308 нм), синхронизированно работающего со сканером или видео-камерой возможно обнаружение разливов нефти или углеводоро-содержащих производных с летающих носителей, в том числе и с ИСЗ ,самолётов –лабораторий. Спектры поглощения некоторых производных нефтепереработки -бензина и дизельного топлива(рис.8.6 и 8.7),из которых видно, что между поглощением и концентрацией исследуемых образцов существует зависимость близкая к прямо пропорциональной. Что позволяет иметь флуоресцентный отклик также пропорциональный толщине исследуемых образцов и апробировать калибровку приборов для дистанционного зондирования разливов нефти и иных видов жидкого топлива.

Спектры отражения воды и некоторых видов жидкого топлива, полученные с помощью фотометра ФМ-85 с интегрирующей сферой и с нижним расположением входного отверстия для исследуемых объектов (рис.8.9), показывают, что отражение этих образцов по сравнению с водой имеет спектральные особенности, которые позволяют отличать углеводоро-содержащие разливы на фоне воды в области 300-420 нм, 800-950 нм, а также на основе би-спектрального метода вне полосы и вблизи максимального поглощения нефти на длинах волн 1700 и 2350 нм. Нефтепродукты отражают больше, чем вода, также как они сильнее излучают на фоне воды в микроволновом диапазоне (34 и 12.5 ГГц) /9/, что и позволяет осуществлять их дискриминацию путём использования УФ,ИК- камер, ИК- сканеров и микроволновых радиометров, а также поляриметрических радиолокаторов с синтезированной апертурой Х(2см),С(4см),L(24 см) и Р (70см) сантиметрового и F(253см) метрового диапазонов длин волн.

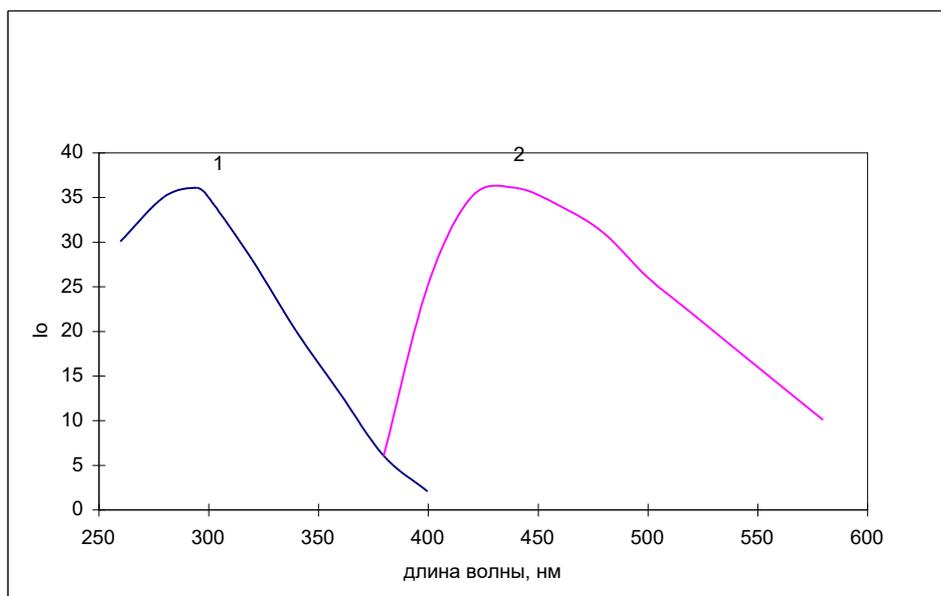


Рис.8.5. Спектры люминесценции гексанового раствора сырой нефти (50мг/л)при возбуждении на длинах волн 280(1) и 360(2) нм.

Так .на рис.8.10.г. представлено полученное с помощью УФ-камеры изображение смоделированного разлива дизельного топлива и моторного масла. Их отражательная способность различна (рис.8.8.) и поэтому моторное масло отображается наиболее ярко на фоне воды.

Таким образом обеспечение экологической безопасности прибрежной акватории в районе портовых сооружений, нефтяных платформ возможно решить на основе комплексного экологического мониторинга, одним из элементов которого могут стать как беспилотные летательные аппараты с радиусом действия до 15 км., так и специализированные самолёты и ИСЗ , которые в состоянии обнаружить на разных стадиях экстремальные ситуации в местах нефти добычи, на нефтяных терминалах, танкерах и осуществлять картирование возможных разливов нефтепродуктов, динамику их распространения, способствовать правильному принятию управленческих решений.

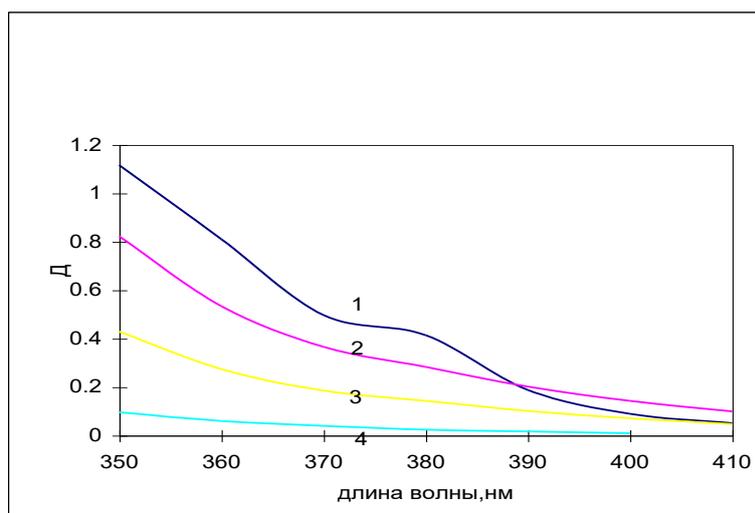


Рис.8.6. Спектры поглощения нефтяных углеводородов: 1-бензин А-76,2- раствор дизельного топлива в гексане,100мг/л, 3- то же 50мг/л,4-то же, 10мг/л.

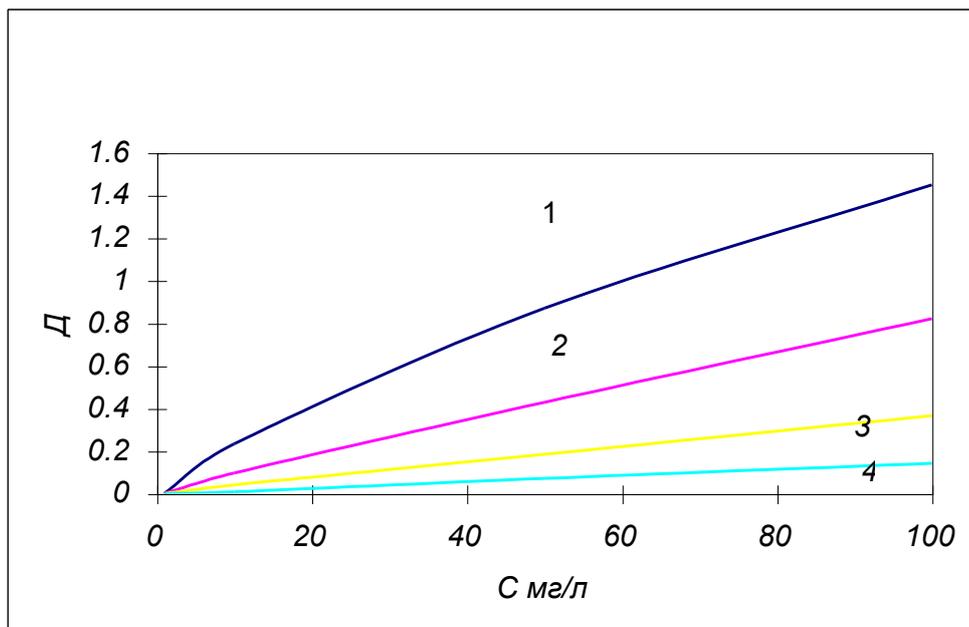


Рис.8.7 Зависимость поглощения (Д) от концентрации (С) гексанового раствора дизельного топлива на длинах волн 320,350,370и 400 нм(1-4)

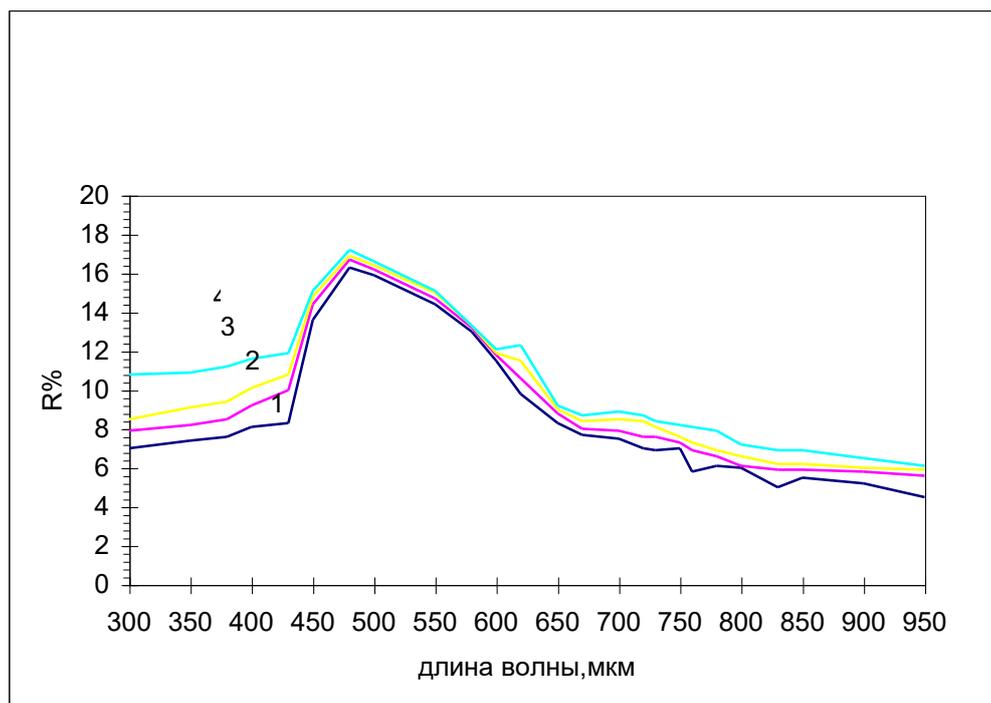


Рис.8.8 спектры отражения воды (1), бензина (2), дизельного топлива (3) и моторного масла (4)

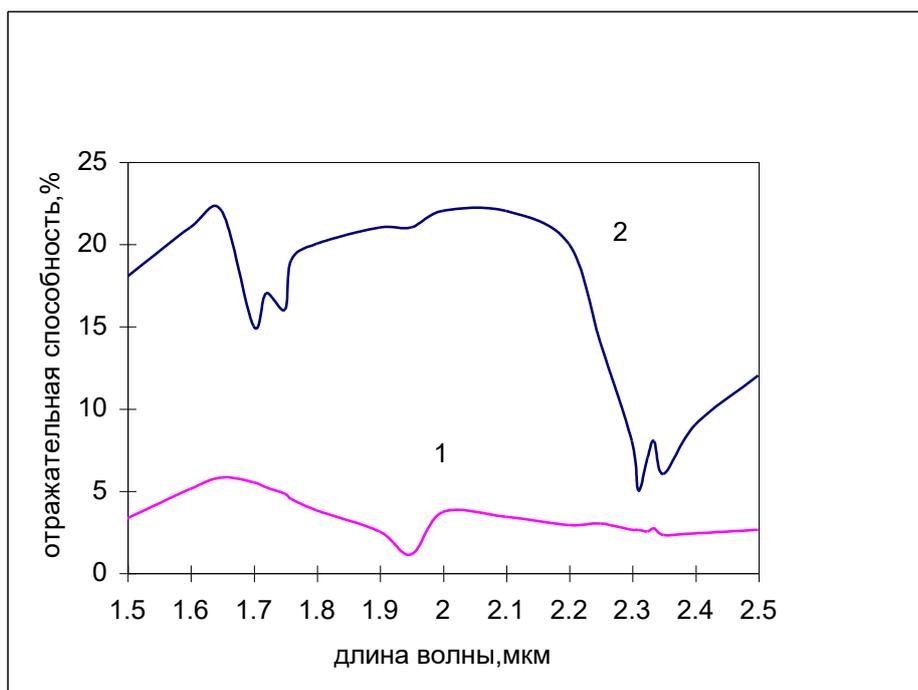


Рис.8.9. Спектры отражения воды(1) и плёнки нефти на поверхности воды(2).

Аварийные разливы нефти

В настоящее время человечество переживает углеводородную эру. Нефтяная отрасль является главной для мировой экономики. В нашей стране эта зависимость особенно высока и сопровождается значительным загрязнением окружающей среды.

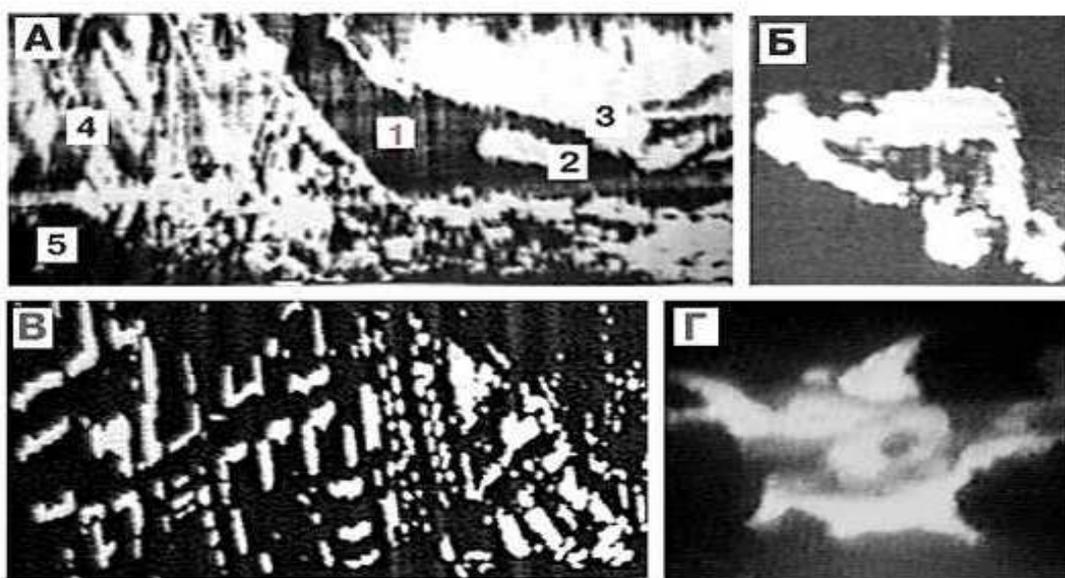
Одна из первых зарегистрированных из космоса крупных аварий связана с нефтяной скважиной Икцток-1 вблизи острова Юкатан в Мексиканском заливе, когда в июне 1979 г. ежедневно в акваторию выливалось более 4 тыс.т нефти и при этом удалось выявить особенности распространения нефтяных загрязнений. Нефть выливалась в залив в течение почти 10 месяцев. Комплексные исследования с самолётов и ИСЗ /GOES, Nimbus-7, Niros-N, Landsat-3/ показали, что для обнаружения разливов нефти наиболее удобны съёмки с помощью аппаратуры высокого пространственного разрешения в ультрафиолетовой и синей части спектра и в меньшей степени в ближней ИК области длин волн (что согласуется с приведенными выше рис. 8.5 - 8.9.). Нефтяные пятна распознаются также по температурному контрасту с фоном при съёмке в тепловой ИК-части спектра.

В 2000 г. объем танкерных перевозок сырой нефти и нефтепродуктов водным путем достиг 1 млрд т/год. Потери при разработке нефти на шельфе составляют 0,1 млн т/год. В настоящее время в России из 215 тыс. км магистральных трубопроводов пятая часть эксплуатируется более 40 лет, а более половины - свыше 30. Статистика закономерно связывает увеличение аварийных ситуаций на нефте-газо трубопроводах с их возрастом.

Поэтому среди многочисленных техногенных факторов негативного воздействия на природу нефть занимает одно из ведущих мест, попадая в окружающую среду как в процессе добычи, транспорта, переработки, хранения и использования нефтепродуктов, так и в результате аварийных разливов нефти. Нефть и природные горючие газы обеспечивают в настоящее время более 60% потребностей мировой энергетики.

Крупные аварии происходят не часто, в основном утечки нефти происходят при авариях на небольших внутри- или межпромысловых нефтепроводах.

По официальным данным Министерства топлива и энергетики Российской Федерации в среднем в России происходило 20тысяч порывов нефтепроводов в год, т. е. в среднем около 55 в день. Среди этих порывов в среднем ежегодно происходит несколько крупных. Самый крупный прорыв произошел в августе 1994 года в Республике Коми нефтепроводе Харьяга-Усинск (рис.8.11). При этом вылилось, по данным владельцев нефтепровода ОАО «Коминетфть» — около 70тыс. тонн нефти, по данным Всемирного банка и экологических организаций типа Гринпис, около 100 тысяч тонн. Район аварии входил в бассейн реки Печоры и возникла угроза выноса громадных масс нефти в Печору и далее в Баренцево море. Снимки с ИСЗ SPOT, полученные смещением изображений в разных спектральных интервалах видимого и ближнего ИК областей спектра(P+XS), зафиксировали тёмные пятна разлившейся нефти в тундре в дельте рек Печоры, Колвы и Уса.



ИК-изображения: А - ландшафта, Б - очага горения, В - поселка городского типа. Г - смоделированный разлив нефтепродуктов (в УФ-области спектра).

Рис. 8.10.

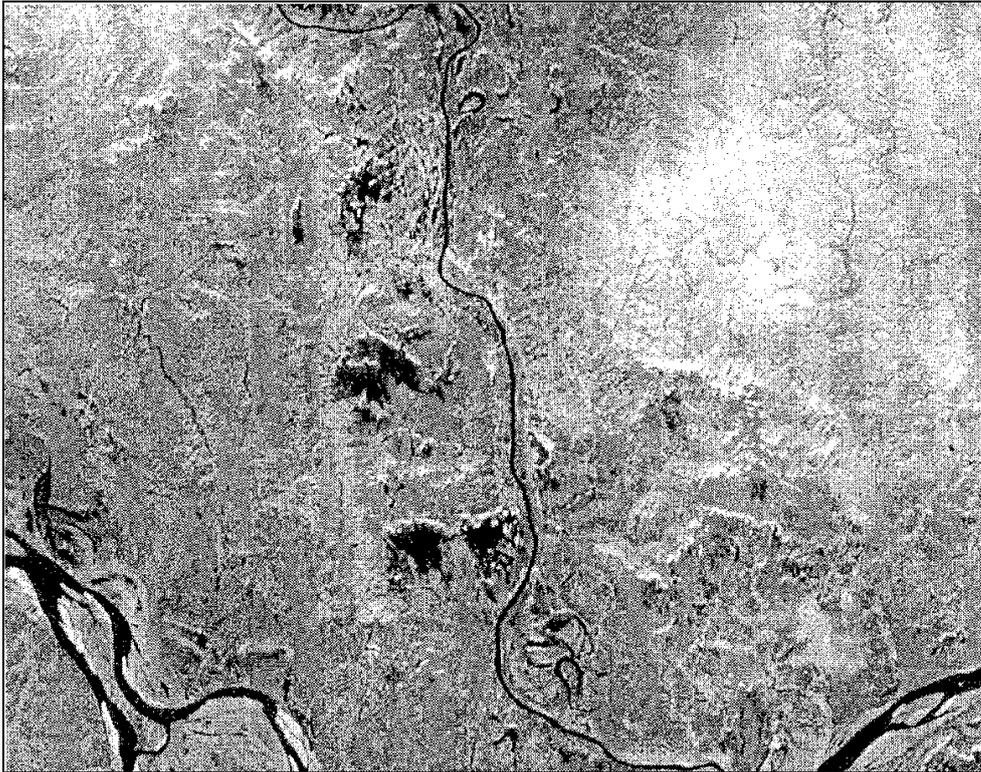


Рис.8.11 Изображение разлива нефти (чёрные пятна, светлые области соответствуют заснеженным местам) в тундре в республике Коми РФ, сделанное в сентябре 1994г с ИСЗ SPOT /с пространственным разрешением 10м / в дельте рек Печора, Колва и Уса.

Свежие разливы выделяются на снимке достаточно легко, так как они имеют открытую нефтяную поверхность, а глубина нефтяного слоя может достигать нескольких десятков сантиметров. Ситуация со старыми разливами существенно являются более сложными, так как они представлены на снимке контурами со сложной внутренней структурой и с различными значениями яркости в разных каналах. Это объясняется тем, что поверхность старых разливов формируется из участков битумной корки и возобновляющейся растительности, а также заболоченных участков и участков с открытой водной поверхностью. Работы по дешифрированию спектрональных космических снимков LANDSAT-7 района месторождения Самотлор позволяют составить карты нефтяных разливов на этой территории. Для дешифрирования использовался программный пакет ERDAS IMAGINE. Причем, наряду со старыми, частично рекультивированными и зарастающими разливами 10-20-летней давности, было выявлено огромное количество новых разливов нефти в окрестностях озер Самотлор, Белое и Кымыл. Микроволновые радиометрические методы широко используются при дистанционном зондировании суши атмосферы и океана. Важное достоинство спутниковых микроволновых методов перед оптическими и инфракрасными методами состоит в возможности проводить круглосуточные всепогодные измерения. Способность микроволновых методов получать информацию о природных объектах в любое время суток и при любой погоде объясняет значительное внимание, которое уделяется этим методам в программах исследования Земли из космоса, в том числе в космических программах изучения океана. Регистрироваться может собственное излучение объектов и отраженное излучение других источников. Этими источниками могут быть Солнце или сама съемочная аппаратура. В последнем случае используется когерентное излучение (радары,

сонары и лазеры), что позволяет регистрировать не только интенсивность излучения, но также и его поляризацию, фазу и доплеровское смещение, что дает дополнительную информацию. Понятно, что работа самоизлучающих (активных) сенсоров не зависит от времени дня, но зато требует значительных затрат энергии.

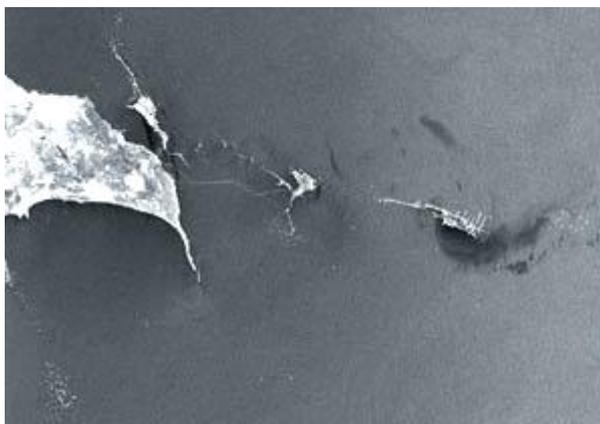


Рис.8.12.Радарные снимки позволяют обнаруживать на поверхности воды нефть и нефтепродукты с толщиной пленки от 50 мкм.

Такого рода изображения, полученные с ИСЗ, позволяют определить площадь разливов нефти, оценить возможности их распространения по рельефу и риск попадания нефти в реку, облегчают принятие решений по локализации и ликвидации последствий подобных катастроф. Обнаружение нефтяных разливов на водной поверхности, более однородной по сравнению с сушей, проще и возможно даже с помощью радарных средств космического мониторинга, несмотря на их худшую разрешающую способность по сравнению со сканерами ИК или видимого диапазона электромагнитного спектра. Съёмка высокого разрешения из космоса до недавнего времени велась почти исключительно в интересах военной разведки, а с воздуха – с целью топографического картографирования. Однако, сегодня уже есть несколько коммерчески доступных космических сенсоров высокого разрешения (KBP-1000, IRS, IKONOS), позволяющих проводить пространственный анализ с большей точностью или уточнять результаты анализа при среднем или низком разрешении. Сплошь и рядом загрязнение окружающей среды осуществляется произвольно, без определенного умысла. Большой вред природе наносится, например, от потери нефтепродуктов при их транспортировке и наиболее крупно масштабные аварии могут быть зафиксированы из космоса. 1978 г. знаменуется самой крупной танкерной катастрофой у берегов Бретани. Американский супертанкер „Амоко Кадис“ наскочил на рифы, вылив в море 230 тыс.т нефти. Наиболее крупной аварией в 1979 г. явилось столкновение танкеров „Этлэнтик эмпресс“ и „Иджен Кэптэн“ в Карибском заливе недалеко от Тринидада. В море вылилось 300 тыс. т нефти. В августе 1983 г. недалеко от европейского побережья Атлантики загорелся танкер „Кастилло де Бельвер“. Судно затонуло, выпустив в воды океана 250 тыс.т нефти.В 1989 г. в арктических водах Аляски танкер „Эксон валдиз“ по вине капитана напоролся на риф. Из пробоины вытекло более 40 тыс.т нефти. Образовалось нефтяное пятно площадью до 800 км². В 2002 г. у берегов Португалии потерпел танкер «Престиж» около 80 тыс. тонн нефти загрязнили побережье и Португалии и Испании. Список танкерных аварий можно было бы продолжить, но их доля в нефтяном загрязнении моря сравнительно невелика. В 3 раза больше поступает нефти в акватории за счет промывки цистерн танкеров и сброса этой воды; в 4 раза интенсивнее загрязняют моря и океаны отбросы нефтехимических заводов, почти столько же нефти поставляют и аварии морских буровых.

8.3. Мониторинг лесных пожаров средствами дистанционного зондирования. Леса - занимают 45% территории России, а пожары, давний бич российских лесов, в наиболее жаркие годы уничтожают в целом по России - около 2,0 млн. га в год. До 95% всей охватываемой огнем площади приходится на крупные лесные пожары, число которых не превышает 5% от общего количества загораний (около 30 тыс./год) в лесах. Если использовать отношение общей площади гарей к площади лесов - показатель, суммирующий последствия лесных пожаров за достаточно длительный ряд лет и сглаживающий годовую специфику, то в то время, как на большей части страны этот показатель колеблется в пределах 1 - 2%, то в таких крупных регионах Дальнего Востока как Якутия, Хабаровский край это отношение превышает 10%, достигая в Магаданской области почти 35%. [148-154].

В Сибири и Дальнем Востоке (с активно охраняемой площадью в 760 млн. га.) нет лесных участков, не пройденных лесными пожарами за последние сто лет. Огромные площади и слабо развитая дорожная сеть делают последствия лесных пожаров особенно тяжелыми. Налаженная в последние десятилетия авиационная противопожарная служба в 90-х гг. снизила эффективность своей деятельности в силу финансовых трудностей, а спутниковый мониторинг крупных лесных пожаров и гарей на основе дистанционных методов тепловой съёмки (в области 3.5-4.0; 4.5-5.0 и 8-13 мкм / 10.3-11.3; 11.5-12.5 мкм/ пригодны для обнаружения высокотемпературных объектов) ещё не доведён до уровня его оперативного использования [51,151].

Доминирующую роль в обнаружении и тушении лесных пожаров в течении нескольких десятилетий играла авиационная охрана лесов. Авиацией обнаруживалось до 70% всех пожаров, возникающих на всей обслуживаемой ею территории лесного фонда и до 95% пожаров в районах преимущественного применения авиационных сил и средств пожаротушения. С применением авиации ликвидировалось до 45% пожаров, возникающих на всей обслуживаемой авиацией территории, и до 95% пожаров в районах преимущественного применения авиационных сил и средств пожаротушения.

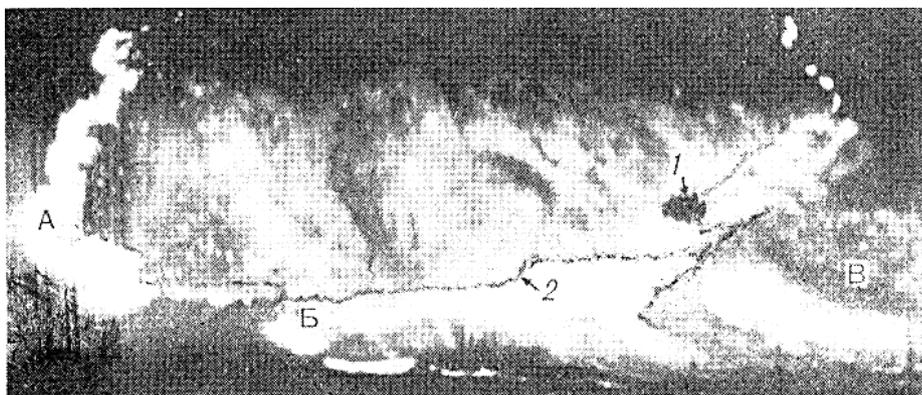


Рис. 8.11. ИК- снимки лесного пожара в районе озера(1) и реки(2).

При авиатруировании можно определить место, площадь и объект пожара, пути подхода к нему, а также силы и средства, которые необходимы для его тушения [51].

В случае поиска и обнаружения зарождающихся естественных лесных пожаров с помощью ИК-сканеров, установленных на самолёте, проводится облет лесных массивов с высот до 2000-2500. ИК-съёмки с летательных аппаратов на высотах до 200-500 м позволяет обнаруживать малые зарождающиеся очаги горения размером от 0.5 до 1м².

Крупные лесные пожары сопровождаются интенсивным выделением дыма. Пелена дыма иногда тянется на десятки километров, достигая высоты от 200 до 1000 м, а над самим

пожаром дымовое облако может распространяться до уровня 2000-3000 м. ИК -метод обнаружения лесных пожаров позволяет осуществлять картирования через пелену дыма и осуществлять его привязку на местности при наличии на борту таких спутниковых навигационных средств, как GPS. Так, на рис. 8.11 показано ИК-изображение лесного пожара, где четко выражены температурные контрасты между фоном, пожаром в целом и его отдельными очагами с более высокой температурой. В левой части рисунка хорошо видна фронтальная кромка в виде ярко-белого языка. Лесное озеро и река, не поражённые участки леса имеющие меньший температурный контраст по сравнению с выгоревшей территорией, окрашены в более темные тона. Яркими точками на фоне достаточно светлого пожарища выглядят вторичные очаги горения. На ИК-снимке хорошо видны фронт, тыл и фланги пожара. Использование современных компьютерных технологий позволяет выделить маску соответствующих участкам местности с температурой более 100° С и при знании высоты полёта, размера разрешения пиксела по поверхности сканирования, данные его географической привязки можно осуществлять картирование как зарождающихся, так и крупных лесных пожаров. При повторном пролёте над тем же пожаром можно оценить скорость прохождения пожара, динамику его развития. Полученная таким образом информация позволяет принимать соответствующие решения о способах тушения пожара в режиме реального времени.

В Сибири крупные лесные пожары практически тушатся либо обильными дождями, либо на их пути встают естественные преграды в виде рек и озер, которые препятствуют дальнейшему распространению огня. Для России с ее огромной площадью, занятой лесными массивами, особенно актуально использование космической информации для мониторинга лесных пожаров и прогнозирования опасности их возникновения. Космический мониторинг имеет преимущества, например, перед авиаразведкой в части более высокой оперативности и площади охвата земной поверхности, а также более низких операционных расходов, что особенно важно, если учесть экономические трудности, переживаемые Россией.

В МЧС России проблеме мониторинга и оценки последствий лесных пожаров с помощью космических средств придается исключительно важное значение, так как это позволяет, в конечном счете, свести к минимуму людские и материальные потери[149,150,153]. С 1997 года в системе МЧС России, во Всероссийском научно-исследовательском институте по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (ВНИИ ГОЧС), проводятся работы с целью оценки возможности использования космической информации для решения ряда задач, возложенных на министерство. Созданное Агентство МЧС России по мониторингу и прогнозированию ЧС и специализированные Центры приема и анализа авиационно-космической информации. Одной из функций указанной системы является оперативный контроль возникновения, динамики и развития лесных (торфяных, степных) пожаров на территории Российской Федерации. Для решения данной задачи Агентством используются, во-первых, программно-аппаратные комплексы приема и предварительной обработки информации от ИСЗ NOAA, разработанные Информационно-технологическим центром (ИТЦ) "СканЭкс" и установленные в г. Москве и Владивостоке, а также станция приема космической информации Института леса СО РАН им. Сукачева в г. Красноярске. Для выделения очагов пожаров и подготовки данных для представления их в органы территориального управления используются пакеты программ ERDAS Imagine и ArcView, а также специальное программное обеспечение, разработанное ИТЦ "СканЭкс" и ВНИИ ГОЧС применительно к компьютерам типа Pentium. Наряду с использованием ИК-сканеров для обнаружения крупных пожаров можно использовать и спутниковую спектральную аппаратуру

видимого диапазона для получения данных о координатах лесных гарей, площади выгоревшего леса и его типа с использованием методов цифровой обработки космических снимков и эвристического анализа их спектральных кривых. Известно, что спектральная кривая, соответствующая классу воды, имеет характерный вид - равномерно убывает с увеличением длины волны от видимого (0,5-0,6 мкм) к ближнему инфракрасному (ИК) диапазону (0,8-1,1 мкм). В то же время, спектральные кривые растительных объектов падают от зеленого (0,5-0,6 мкм) к красному (0,6-0,7 мкм) участку спектра и резко возрастают к ближнему ИК диапазону (0,8-1,1 мкм). Спектральные же кривые открытых от растительности почв, а также облаков, горных пород, асфальтовых покрытий и т.д. монотонно растут с увеличением длины волны и отличаются друг от друга разной интенсивностью отражения. После проведения идентификации классов, каждому классу, содержащему гари от лесных пожаров, присваивается определенный цвет (рис.8.12.), по которому визуально достаточно просто определить принадлежность данного участка местности к тому или иному "выгоревшему" классу, то есть создается так называемая "маска классов". [153]

С использованием полученной маски в программе ERDAS IMAGINE определяется площадь гари лесного пожара (рис. 8.12.). Далее, координаты и площадь гари используются как входные параметры в базу данных по лесоустройству в которой содержатся характеристики лесного покрова. Выходными данными являются: объем сгоревшей древесины и ее стоимость.

8.4.Спутниковое зондирование природных бедствий

Начало 21-го века отмечено усилением воздействий природных катастроф на окружающую среду и безопасность жизнедеятельности. Засуха в Австралии и пожары в 15 км от центра г. Сиднея, которые бушевали с конца декабря 2001 по начало января 2002 г. Необычайно низкая температура в центральной Европе (замёрзшие каналы в Венеции), снег в Греции, Турции, Израиле и даже в Саудовской Аравии в декабре 2001 г..В Пекине 24.12. 2002г. впервые за 125 лет метеонаблюдений выпал снег. Г. Сочи оказался без электричества перед новым 2002-м годом вследствие обрывов линий электропередач (из-за мощного циклона и сильных снегопадов). Многочисленные резкие перепады температуры воздуха до 25 С, и многие другие примеры погодных катаклизмов, приводят к чрезвычайным ситуациям и значительному материальному ущербу. Достаточно вспомнить жару за 40 С в августе 2003 г. во Франции (где за 2 недели августа погибло 11.5 тыс. человек), а в Испании и Португалии всё это сопровождалось опустошительными пожарами. В США за последние годы возросло число тайфунов и смерчей до 590.

Природные катастрофы в России связаны в первую очередь с наводнениями, например в г.Ленске, в Якутии и Иркутской обл. в мае 2001г. и в январе 2002 на Кубани в Краснодарском крае, летом того же года на Северном Кавказе. Такое же катастрофическое наводнение было в 2002г. в западной Европе, когда уровень подъёма воды в реках Влтавы, Эльбы был на 9 метров выше ординара.

Средний ежегодный ущерб от наводнений в России составляет около 3.25 млрд. долларов. Угрожающий характер в последние годы принимает и подтопление -им охвачены и города и сельско-хозяйственные угодия -около 9 млн. га. Опустыниванием охвачены земли 15 субъектов страны. Незакреплённые пески (особенно на Прикаспийской низменности) занимают территорию в 6.5 млн. га. Поэтому прогнозирование гидрометеорологических явлений не обходимо осуществлять на основе комплексного мониторинга включая спутниковый, а также с использованием численного моделирования погоды на компьютерах. Следует отметить, что оправдываемость прогноза на первые сутки составляет обычно 90% и даже более, тогда как надёжность для кратковременного прогноза на неделю- уже 70-80 %, а

долгосрочного на месяц-квартал в лучшем случае 65 %. Что касается заблаговременности прогнозов чрезвычайных ситуаций связанных с образованием смерчей, торнадо и ураганов, то точность прогноза здесь минимальна и связана с масштабами их проявления при их образовании, стохастической структурой атмосферы, неоднородностью нижележащей поверхности. Например, в США торнадо более-менее уверенно прогнозируется за 10 минут до его наступления иногда за часы или сутки после того как он или ураган набрал силу и фиксируется уже многими средствами мониторинга системы Земля-атмосфера[153-161].

В 21 веке в ногу с научно-техническим прогрессом повысится полнота и достоверность данных наблюдений, что повлечёт и увеличение роста частоты регистрируемых экстремальных явлений.

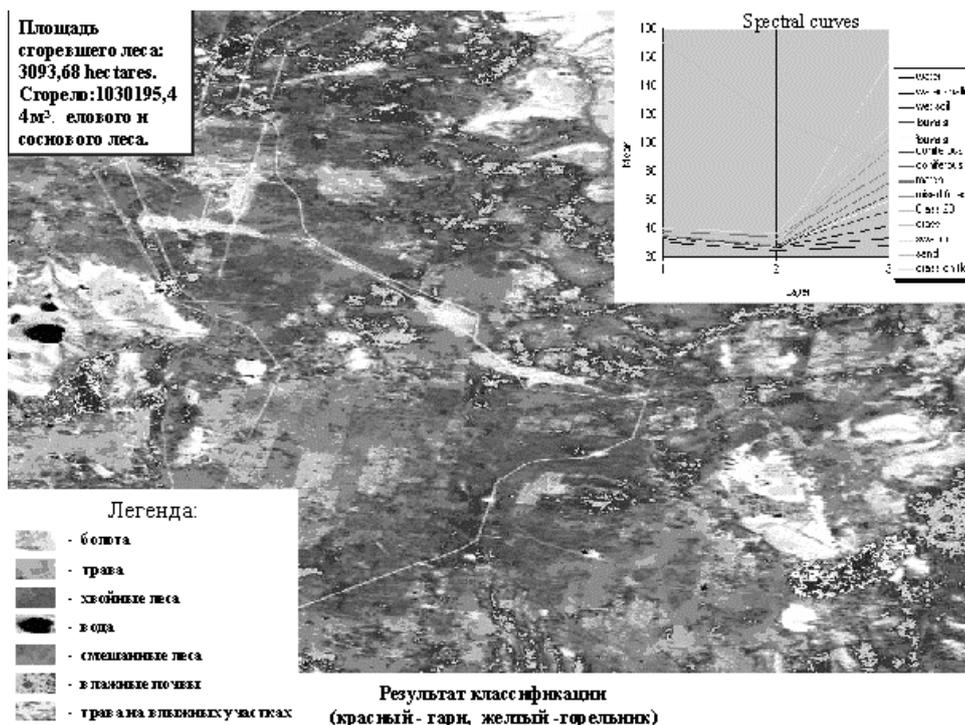


Рис.8.12. Результаты классификации спутникового изображения нижележащей поверхности и определения площади гарей в одном из регионов Сибири

Из сравнительно недалёкого прошлого остались в памяти такие экстремальные метеорологические проявления, как «Великий ураган» 10-16.10.1780 г. в районе островов Мартиника и Барбадос, который унёс жизни 22 тыс. человек или тропические циклоны (шторм при устойчивой скорости ветра более 17 м/с, сопровождающийся углублением минимума атмосферного давления в тропических широтах), которые вызвали катастрофические наводнения, например, в Бангладеш в 1970 г., когда погибло около 300 тыс человек и там же 26 апреля 1981 г. когда погибло 139 тыс. человек и 10 млн.чел. оказалось без крова. Другой пример например, ураган Эндрю при его прохождении над Мексиканским заливом и Южной Флоридой (США) 24 августа 1992 г. был зарегистрирован с помощью метеорологического спутника ИСЗ NOAA (рис.8.13.). Ущерб от этого урагана для восточного побережья США составил около 20 млрд. долларов.

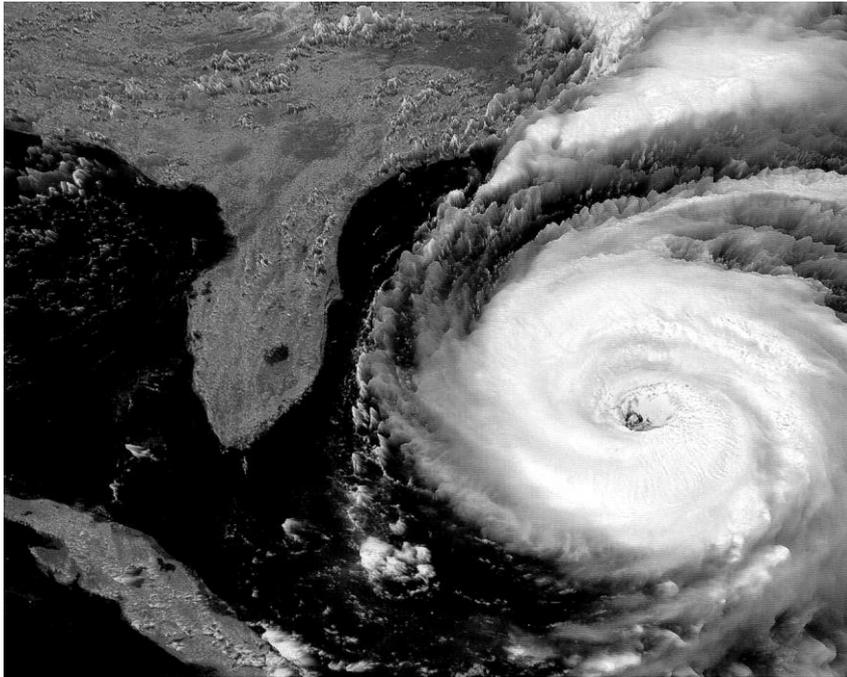


Рис. 8.13. изображение урагана «Fran», проходящего над Мексиканским заливом, зарегистрированное 4.09.1996 прибором AVHRR с ИСЗ- NOAA-GOES-8 за 7 часов до того как глаз урагана достиг г.Нью-Йорка.

Статистические данные о тропических циклонах говорят, что их среднегодовая встречаемость максимальна от 1 до 3 и более раз/год вблизи тропических побережий Атлантического, Тихого и Индийского океанов и коррелируют с данными наблюдения Эль-Ниньо (их число убывало над Атлантическим океаном, в дальней западной части Тихого океана и в Австралии, но возрастало в центральном регионе Тихого океана).

Наряду с циклонами мощные антициклоны вызывают засухи, пожары, гибель людей. Примером чего была побившая все рекорды метеонаблюдений жара в Западной Европе, которая привела к гибели только в августе 2003г. 11.5 тысяч человек во Франции, многочисленным пожарам в Португалии, Франции, Италии.

Поэтому спутниковый мониторинг атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов является важной составляющей прогнозирования экстремальных проявлений погоды и связанных с ними чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайно важными метеопараметрами являются также интенсивность осадков, водозапас облаков и влагосодержание атмосферы, влажность почвы, толщина снежного покрова, сплоченность льда [137]. Они могут быть определены с периодичностью в 5 дней и разрешением до 2 км в микроволновой области СВЧ спектра на основе пассивного зондирования с ИСЗ или с помощью активной радиолокации с помощью аппаратуры с синтезированной апертурой или многоспектральных комплексов установленных на спутнике и работающих одновременно, как в видимой, инфракрасной, (как например, на основе 36 каналов спектро радиометра изображений среднего разрешения- MODIS в диапазоне 0.7-14.3 мкм) так и в микроволновой области спектра (PR-радар осадков на частоте 13.8 Гц). Комплексное определение целого ряда параметров (таких как высота, тип, микрофизика, водозапас облаков, общее влагосодержание атмосферы) предопределяющих возможные метеорологические катастрофы возможно с использованием одновременно работающих установленных на спутнике приборов как рамановский лидар работающий на длине волны λ -

0.355 мкм, MPL на λ -0.5235 мкм, ИК-радиометр $\Delta\lambda$ = 9.9-11.5 мкм, микроволновых радиометрах MWR на частотах –23.8 ГГц, 31.46 ГГц, MMCR на частоте 34.86 ГГц[137].

Всероссийский научно-исследовательский институт ГОЧС совместно с КБ "Салют" проводил экспериментальные работы по обработке и анализу информации от различных космических аппаратов военного и гражданского назначения, с аппаратурой разных спектральных диапазонов и показал целесообразность использования космических средств для таких работ, как: предупреждение наводнений (паводки от таяния снегов, от ливневых дождей и тайфунов); установление факта чрезвычайной ситуации и оценка масштабов; оценка ущерба и контроль работ по ликвидации последствий бедствий.

Другим важным объектом мониторинга на основе аэрометодов являются: трансграничные переносы промышленных выбросов, выносы аэрозолей, пыльные бури, которые могут создать экстремальные ситуации для жизнедеятельности людей.

Аэрозоль - крайне изменчивый компонент атмосферного воздуха как по своему химическому составу, так и по концентрации и размерам. Модой, преимущественно ответственной за оптическое состояние атмосферы, считают субмикронную фракцию (10 - 800 нм) аэрозоля как наиболее устойчивую и долгоживущую. Характерные значения концентрации субмикронной фракции аэрозоля составляют $(2 - 10)10^3$ см⁻³ при модальном радиусе 0.1 - 0.35 мкм. Большую роль в этой фракции играет сажа, образующаяся из горячих паров углеводородов при высокотемпературных процессах горения. Как показывают многочисленные работы, обобщенные в [12], кристаллический углерод, присутствующий в тонкодисперсном аэрозоле в виде различного рода саж, играет важную роль в радиационном режиме атмосферы. Эти частицы объединяются в хлопья размером в несколько сотых микрона и оседают на поверхности пылинок, капелек и т.д., а затем удаляются из атмосферы вместе с носителями по истечении нескольких десятков часов, а порой и 1 - 2 недель. Плотность сажи в воздухе изменяется от 1 мкг/м³ в особо чистых условиях до 10 - 30 мкг/м³ в особо задымленных, а ее доля приближается к 10% от всей массы тонкодисперсного аэрозоля. Среднегодовое количество антропогенных аэрозолей, выбрасываемых в атмосферу, составляет 30 Мт [160-168].

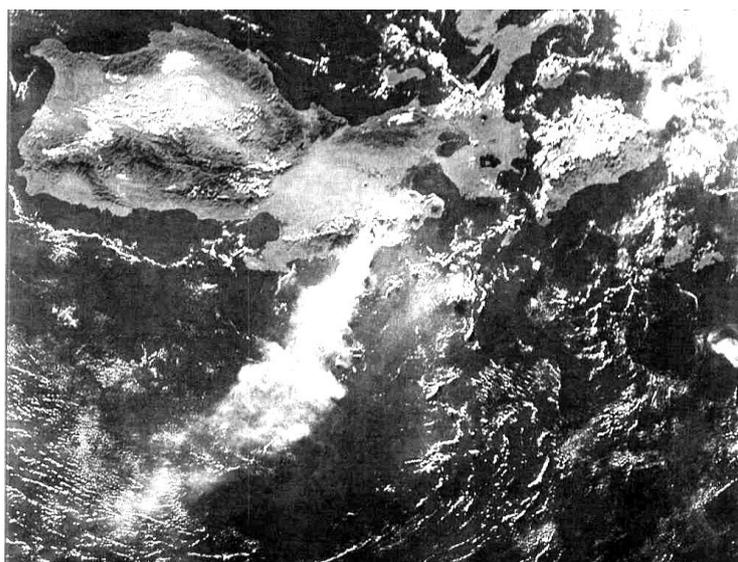


Рис.8.14. Извержение вулкана зарегистрированное с ИСЗ

Регистрация извержений вулканов, фумарольных факелов и аэрозольных выбросов также возможна на основе аэрокосмических средств (рис.8.14). Однако, обнаружение

предвестников землетрясений из космоса задача достаточно сложная, которая требует своего решения [160,161].

Поглощаемая атмосферой и земной поверхностью энергия составляет 10^5 ТВт, но распределение энергии происходит неравномерно, как в силу астрономических и географических факторов, так и по причине влияния распределения аэрозоля, облаков и парниковых газов в атмосфере Земли. Атмосферные аэрозоли (в пределах размеров в диаметре 0.05-4 мкм) могут способствовать как рассеянию, так и поглощению солнечного излучения, выступать как одни из составляющих приводящих к образованию парникового эффекта атмосферы [154,167]. Рост альбедо системы Земля-атмосфера связан с преобладанием рассеивающего аэрозоля, физические и химические свойства поглощающего аэрозоля (например, углеродосодержащие фракции) приводят к уменьшению альбедо, усилению поглощения и к потеплению атмосферы. Наиболее важной и интегральной характеристикой атмосферных аэрозолей является измеряемая с Земли или определяемая со спутника, самолёта их оптическая толщина « τ » на длине волны 0.5 мкм или 0.64 мкм (0.34 и 0.38 мкм для оценки поглощающего аэрозоля, главным образом за счёт минеральной пыли и сажи) в случае спутниковых измерений [4,12-19]. Измерения отражённой радиации на одном или в нескольких каналах одновременно позволяют по определённом алгоритму найти кажущуюся оптическую толщину аэрозоля над океанами и влажной частью суши с периодичностью в сутки, 8 дней или ежемесячно с разрешением 10 на 10 км /в надир/ и при усреднениях для картирования 0.5° и по широте и долготе.

Использование методов обращения спутниковых спектральных данных NOAA AVHRR (усовершенствованный радиометр сверхвысокого разрешения) [162-167] или уже упоминавшегося MODIS в трёх полосах 620-670, 2105-2155 нм и 3.93-3.99 мкм) и экспериментально полученной зависимости между поглощением $b = f(\tau)$ и оптической толщиной позволяет оценить величины поглощаемой солнечной радиации, в частности, в местах пыльных бурь, антропогенных выносов, пожаров (на примере сахарских выносов вблизи западной Африки (в частности, в районе внутритропической зоны конвергенции ВЗК) аравийских пустынь, промышленных зон Европы, северной Америки, южного Китая и Японии, лесных и нефтяных пожаров, в атмосфере подверженной влиянию индустриальных центров Земли.

Что и было сделано [165] на основе полученной зависимости и спутниковых данных об τ получены оценки аэрозольного поглощения над морскими акваториями в различных районах Земли (табл.4.2.).

Пыле-песчаный аэрозоль выносимый из Сахары на Атлантику, из Аравийских пустынь, Каракумов, пустынь Китая и Монголии сопровождается сильным замутнением атмосферы (с оптической толщиной аэрозолей $\tau_{aep} \sim 0.20-0.32$) и поглощением солнечного излучения до 14% (минеральной пылью, окислами железа, в частности гематита).

Внутри материковые моря, такие как Чёрное, Азовское, Балтийское, Аральское и Каспийское подвержены влиянию антропогенных выносов из близлежащих индустриальных зон, солепесчаных потоков (в частности из Приаралья [166]) и пустынь, что сопровождается ростом аэрозольной оптической толщины и поглощением до 10%. Антропогенное загрязнение атмосферы способствуют увеличению концентрации сильно поглощающих частиц аэрозоля (особенно, сажи), что предопределяет значения величин поглощения атмосферы над акваториями вблизи индустриальных регионов США, Европы и России, Японии и Китая с использованием данных о τ_{aep} [160,161]. Лесные пожары, пожары на нефтеразработках (например, в период войны в Персидском заливе в 1991 и 2003 г.) сопровождались в отдельных местах значениями аэрозольной оптической толщины до $\tau \sim 2$ и поглощением до 20% и более, когда в дневное время наступали сумерки.

Таблица 8.2.

Среднегодовые регионально осреднённые оценки поглотительной способности $b\%$ атмосферы и аэрозольных оптических толщин τ над водной поверхностью.

Регион	Среднегодовые	Величины :
	τ	$b\%$
Земля(целиком)	0.12	2
Сев. Полушарие	0.15	4
Южное полушарие	0.09	1
Аравийское море	0.32	14
Гвинейский залив	0.31	13
Акватории вблизи США	0.16	6
Карибское море	0.20	7
Китайское море	0.21	8
Японское море	0.16	5
Балтийское море	0.13	3
Каспийское море	0.22	8
Азовское и Чёрное море	0.25	10
Атлант. океан вблизи зап. части Африки	0.26	10
Север Атлантического океана	0.12	2
Сев.-зап. Тихого океана	0.11	2
Юг Индийского океана	0.08	1

Связанная с затронутой темой проблема контроля за опустыниванием тоже по силам методам аэрокосмического мониторинга. Площадь "антропогенных" пустынь на планете в настоящее время составляет 9,1 млн. кв. км, около 35% аридных земель мира находятся на грани опустынивания, ежегодные темпы потери земель в результате опустынивания составляют примерно 50 тыс. кв. км [169,171].

На территории государств-участников СНГ площадь пустынь составляет около 2 млн. кв. км, из которых 19% подвержено сильному, 22% - среднему и 34% - слабому опустыниванию.

Ежегодно теряются огромные площади сельскохозяйственных угодий. Почвы деградируют вследствие потери плодородия, эрозии, засоления, переувлажнения, заболачивания и опустынивания. Плодородные территории пропадают за счет строительства, устройства карьеров и водохранилищ. Вынос питательных веществ из почвы превышает их пополнение. Наши черноземы уже потеряли треть своего гумуса, а плодородный слой уменьшился на 1-15 см. До недавнего времени, когда сельскохозяйственные производители могли себе позволить использовать материалы сельхозхимии, почвы были сильно загрязнены удобрениями и пестицидами. Имеют место загрязнения солями тяжелых металлов. В целом же на земном шаре с середины прошлого века утрачена почти пятая часть плодородного слоя.

Актуальна проблема опустынивания, возникшая, в основном, в результате нерационального природопользования. Она рассматривается мировым сообществом как серьезнейшее нарушение во взаимоотношениях системы "человек-природа". Опустынивание особенно интенсивно проявляется на аридных (засушливых) территориях, занимающих более 30% земной суши с населением 900 млн. человек. На эти районы приходится около 20 млн. га орошаемых, 170 млн. га багарных земель и 3,6 млрд. га пастбищ.

Стратегия борьбы с опустыниванием и другими природными и техногенными бедствиями требует объединенных усилий государств с широким использованием достижений науки и техники в рамках создания в 21-м веке системы аэро-космического мониторинга чрезвычайных ситуаций планетарного связанными с метеорологическими катаклизмами и глобальными экологическими катастрофами- посильная и насущная задача международного сотрудничества.

Глава 9. АСПЕКТЫ НЕЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Введение

Согласно определению "здоровья", содержащемуся в Уставе Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ): "Здоровье является состоянием полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствием болезней или физических дефектов." [147,173,174].

Следует отметить, что здоровье населения только на 10% зависит от уровня развития медицинской науки и степени доступности получения квалифицированной медицинской помощи, 80% здоровья определяется наследственностью, экологической обстановкой и образом жизни (рациональное питание, физические занятия, курение, потребление алкоголя и др.) и 10 % - всеми остальными сопутствующими жизни процессами [173-185]. Поэтому рассмотрение экологических аспектов нездоровья людей в том числе в экстремальных ситуациях, является важной и актуальной проблемой, решение которой может продлить жизнь человека на фоне наблюдаемой депопуляции населения как России, так и в развитых странах Европы.

Под экологически обусловленными болезнями понимают заболевания причиной которого стал определённый достоверно установленный элемент окружающей среды (например, метил ртуть был причиной болезни Минамата, обнаруженной на юге Японии в 1956 г.; болезнь « итай-итай» (1971г.) была вызвана отравлением кадмием; талий и фторид фтора-были причиной облысения детей в Черновцах в 1987 ; полихлорбифенилы ПХБ связывают с болезнью Ю-Шо-Ю-Ченг и другие) [3]. В случае предположительной причины, когда экологический элемент оказывает косвенное воздействие, например, дихлорфос может стать причиной генетических повреждений; радиация, гептил, микотоксины-«жёлтые дети», то говорят о наиболее вероятных экологически зависимых заболеваниях. Наиболее распространены так называемые экологически зависимые заболевания, .т.е. там, где загрязнение окружающей среды способствуют или утяжеляют заболевания (выхлопные газы автотранспорта, например, бензола связаны с таким заболеванием .как лейкемия) , но к непосредственным факторам риска относится другой агент. К подобным заболеваниям относятся злокачественные новообразования, бронхиальная астма, некоторые иммунные и эндокринологические патологии, нарушение репродуктивного здоровья и некоторым другим[182,183].

Существовали и существуют большие трудности и в разработке надежных показателей (индексов) здоровья. В отличие от явлений физической и химической природы, показатели здоровья характеризуются многочисленными биологическими и социальными факторами, которые подвержены постоянным изменениям и которые трудно учитывать. В этом и заключается одна из основных трудностей разработки стабильных и универсальных показателей здоровья. Если использовать статистику самооценки здоровья населением, как самый простой индикатор, то оказывается, что наиболее удовлетворены состоянием своего здоровья жители Норвегии и Швеции[6].

Для оценки состояния здоровья принято использовать те показатели, разработка и учет которых достаточно хорошо налажен.

Одним из наиболее наглядных показателей, характеризующих здоровье населения, является показатель средней продолжительности жизни, который объединяет по возрастные показатели смертности и является одним из самых надежных показателей здоровья населения, а также детская смертность. Необходимо также подчеркнуть, что средняя продолжительность жизни является одним из важных и обобщающих критериев, который количественно, одним числом, характеризует биологические закономерности организма

человека, уровень жизни, состояние здоровья населения, степень влияния негативных факторов, уровень развития здравоохранения, эффективность достижений медицинской науки.

В настоящее время самая высокая продолжительность жизни населения отмечается в Японии (женщин - 83 лет, мужчин – около 77 лет), несмотря на то, что эта страна подверглась варварской атомной бомбардировке и имеет одну из самых развитых сетей атомных электростанций. Это свидетельствует о том, в Японии укреплению здоровья и продлению жизни населения, уделяется большое внимание[114,147,182,183].

В России самой болевой точкой современного демографического развития является высокий уровень смертности населения, особенно мужчин в работоспособном возрасте. Показатель смертности мужчин в этом возрасте в четыре раза выше, чем у женщин, при средней продолжительности жизни мужчин 59 лет, а женщин 72 года / по данным Госкомстата на 1.12.2001г./ . Двухкратное превышение смертности над рождаемостью в России, по прогнозам Минздрава, возможно, удастся преодолеть лишь к 2015г. [114,147]. Основные причины смерти россиян приведены в таблице 9.1.

Таблица 9. 1

Основные причины смерти россиян

Всего умерших от болезней	2000	2001	Изменение	Смертность на 100 тыс.чел в 2001 г.
Тыс.чел.	2032.4	2057.8	+25.4	1560.1
Сердечно-сосудистых	1116.9	1135.2	+16.3	860.6
Несчастных случаев, отравлений (алкоголем) и травм	284.9 (31.0)	296.6 (34.3)	+13.7 (+3.3)	226.4 (26.0)
Новообразований	273.1	269.7	-3.4	204.5
Органов дыхания	92.7	85.7	-7.0	65.0
Органов пищеварения	59.0	62.9	+3.9	47.7

Российские эксперты-демографы прогнозируют продолжение снижения рождаемости в России и в начале 21 века. Связано это будет с массовым распространением однодетных (до 40-50%) и бездетных (до 30-35%) семей. Основной причиной такого положения остается нестабильность социально-политической жизни в стране, которая влечет за собой снижение роли семьи, психологическую боязнь иметь детей, а также увеличение числа разводов, а значит и увеличение численности матерей-одиночек. [180]. Разрыв в ожидаемой продолжительности жизни мужчин и женщин, равный более 10 лет, сохранится еще в течение многих лет. Незначительное уменьшение такого разрыва возможно лишь к 2010 г., а население России с 145 млн. человек в 2002 г. может сократиться к 2025 г. до 120 млн. человек и даже менее. Такой характер депопуляции сходен с аналогичными тенденциями в развитых странах Западной Европы. На территории Европы проживает 12.8% населения земного шара, но эта доля уменьшается, ввиду падения рождаемости, особенно, на фоне роста населения в афро-азиатских странах.

Продолжающаяся тенденция увеличения доли городского населения в 21-веке, а соответственно и ухудшение качества окружающей среды особенно в крупных промышленных центрах (в свете прогнозируемого появления ста мегаполисов масштаба Мехико/20 млн. человек/ или тысячи городов типа Неаполя /2 млн. чел./), может усилить экологическую составляющую не здоровья людей, несмотря на то, что возможности медицинского обслуживания населения в городах, как правило, выше, чем в сельской местности. Поэтому чрезвычайно важно знать основные факторы рисков связанных с

аспектами нездоровья людей, в том числе в экстремальных условиях и именно этому посвящена настоящая глава. Результаты такого рассмотрения направлены на выделение наиболее вредных для здоровья людей элементов как химической, физической, так и социальной природы. В России с удивительным пренебрежением относятся к собственному здоровью и даже к жизни, поэтому важно изменить хотя бы отчасти сложившиеся поведенческие тенденции .

9.1.Химические загрязнители биосферы и нездоровье людей

Процессы хозяйственной деятельности человека приводят к негативным изменениям окружающей среды:

В настоящее время химические загрязнители могут существенно изменять состояние окружающей среды и оказывают негативное влияние на здоровье населения, наряду с влиянием физических полей различной природы, а также наличием ряда социально-бытовых факторов.

Загрязнение биосферы, то есть атмосферного воздуха, воды и почвы, в настоящее время представляет наибольшую опасность для здоровья людей. Основными источниками загрязнения биосферы являются предприятия тепло –электро –энергетики, промышленные предприятия и автотранспорт, отходы. которых содержат большое количество вредных химических веществ. Вещества, загрязняющие природную среду, очень разнообразны. В зависимости от своей природы, концентрации, времени действия на организм человека они могут вызвать различные неблагоприятные последствия. Кратковременное воздействие небольших концентраций таких веществ может вызвать головокружение, тошноту, першение в горле, кашель. Попадание в организм человека больших концентраций токсических веществ может привести к потере сознания, острому отравлению и даже смерти. Примером подобного действия могут являться смоги, образующиеся в крупных городах в безветренную погоду, или аварийные выбросы токсичных веществ промышленными предприятиями в атмосферу.

Реакции организма на загрязнения зависят от индивидуальных особенностей: возраста, пола, состояния здоровья. Как правило, более уязвимы дети, пожилые и престарелые, больные люди.

При систематическом или периодическом поступлении в организм сравнительно небольших количеств токсичных веществ происходит хроническое отравление.

Признаками хронического отравления являются нарушение нормального поведения, привычек, а также нейропсихического отклонения: быстрое утомление или чувство постоянной усталости, сонливость или, наоборот, бессонница, апатия, ослабление внимания, рассеянность, забывчивость, сильные колебания настроения.

При хроническом отравлении одни и те же вещества у разных людей могут вызывать различные поражения почек, кроветворных органов, нервной системы, печени.

В атмосфере Земли постоянно присутствует млн. тонн загрязняющих веществ. Как известно, загрязнение атмосферного воздуха является одной из причин увеличения заболеваний как органов дыхания, так и сердечно-сосудистой системы. Так, было установлено, что почти 20% всех болезней органов дыхания и 10% системы кровообращения связаны с загрязнением атмосферы [114,147,181-185].

В настоящее время проблемы загрязнения воздушного пространства наиболее остро стоят в промышленных городах, в которых проживает более 50 % населения Российской Федерации и которые можно отнести к экологически опасным зонам. Основные загрязнители воздуха и источники их выбросов представлены в табл. 2. Следует отметить, что в настоящее время остановка многих промышленных предприятий из-за экономических трудностей в стране привела к сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу на 2,4 млн. тонн в год. Однако количество таких выбросов остается все еще достаточно внушительным - 64 млн. тонн в год.

За последние годы значительно увеличилось количество вредных выбросов от транспортных средств, особенно в крупных городах, достигнув 37 млн. тонн в год [172-185].

Таблица.9.2.

Основные загрязнители атмосферы, содержащиеся в выбросах предприятий различных отраслей промышленности [172-185]

Черная и цветная металлургии	Химическая и нефтеперерабатывающая промышленность	Транспорт	Производство тепловой и электрической энергии
Оксиды серы, оксид углерода, оксид азота, сернистый ангидрид, фтористый водород, пыль и сажа, которые содержат возгоны токсичных тяжелых и цветных металлов, цианистые соединения и др.	Сернистый ангидрид, оксиды азота, аммиак, сероводород, сероуглерод. хлористые и фтористые соединения, толуол, дивинил, ацетон, изопрен, кислоты, альдегиды, кетоны, эфиры, метан, пыль и др.	Выхлопные газы: оксиды углерода и азота, углеводороды, бенз(а)пирен, сернистые газы, свинец, хлор, бром, фосфор, сажа и др. Поглощает огромное количество кислорода.	Дымовые газы, содержащие сернистый ангидрид, оксиды азота, соединения натрия, ванадия, оксид углерода, продукты сгорания, диоксин, пыль, зола, сажа и т. д., включая выбросы радиоактивных веществ.

Более чем в 100 городах Российской Федерации содержание в атмосфере загрязняющих веществ значительно превышает предельно допустимые санитарными нормами уровни. Основными загрязнителями окружающей среды в городах являются полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирен, свинец, ртуть, хром и никель. Эти вещества, накапливаясь в организме человека, могут стать причиной появления неблагоприятных отдаленных последствий, так как обладают мутагенными, канцерогенными, тератогенными и эмбриогонадо-токсическими свойствами. Так например, город Карабаш с его медноплавильным производством занесён в книгу Гиннеса, как самый экологически опасный для проживания населённый пункт.

Сегодня химические технологии в той или иной степени используются уже на многих объектах различных отраслей промышленности. При этом, в большинстве случаев даже при нормальном функционировании этих объектов имеет место выброс в атмосферу или сброс в поверхностную водную среду, как правило, различных загрязняющих веществ.

При этом, основу веществ, загрязняющих атмосферу, составляют оксид углерода (28% от суммарного выброса в атмосферу), сернистый ангидрид (16,3%), оксиды азота (6,8%), аммиак (3,7%), сероуглерод (2,6%), сероводород (0,6%), толуол (1,2%), ацетон (0,95%), дихлорэтан (0,6%) и другие [114, 147].

Со сточными водами сбрасываются нефтепродукты, нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, фосфор, цианиды, родониты, кадмий, кобальт, марганец, медь, никель, ртуть, свинец, хром, цинк, сероводород, сероуглерод, бензол, формальдегид, фенолы, пестициды и т.д.

В России насчитывалось более 20 млн. автомобилей из них 5 млн грузовых машин и автобусов, при этом доля использования этилированного бензина в них около 50%. 54%

общей массы свинца поступает в атмосферу от грузового транспорта. Переход на производство неэтилированных бензинов сопряжен с реконструкцией и вводом новых установок каталитического риформинга, каталитического крекинга, гидрокрекинга, изомеризации, алкилирования, производство кислородсодержащих октаноповышающих компонентов. По степени воздействия на живые организмы свинец отнесен к классу высокоопасных веществ наряду с мышьяком, кадмием, ртутью, селеном, цинком, фтором и бенз(а)пиреном (ГОСТ 17.4.1.02-83). Следует отметить, что в России величина ПДК свинца в атмосфере - 0,3 мкг/м³ (жестче, чем в большинстве развитых стран мира).

Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме.

Суммарное поступление свинца в атмосферу от автотранспорта на территории России оценивается величиной около 4 тыс. т. Пространственное распределение от выбросов автотранспорта максимально в Московской и Самарской области.

В результате этих выбросов и сбросов во многих районах, где работают объекты, использующие химические технологии, сегодня имеет место превышение среднегодовых предельно-допустимых концентраций в атмосферном воздухе и поверхностных водных объектах, загрязнение подземных вод. Высокая степень загрязнения атмосферного воздуха и воды приводит к накоплению загрязняющих веществ в почвах, а далее по трофическим цепям тот же свинец попадает в организм человека, со всеми вытекающими последствиями - возможного не здоровья людей. В питьевой воде различных стран мира содержание свинца изменяется в пределах 1- 60 мкг/л и в большинстве европейских стран не превышает 20 мкг/л.. В питьевой воде г. Москвы и С. Петербурга его содержание варьирует в пределах 0,7-4 мкг/л.

В Российской Федерации практически каждый шестой стационарный промышленный объект выбрасывает в атмосферу токсические вещества без какой-либо очистки. Четвертая часть имеющихся очистных сооружений неисправна или работает неэффективно. Все это способствует значительному снижению качества здоровья населения страны, особенно детского, а также повышению заболеваемости и дополнительной смертности [177-185].

К сожалению, следует признать, что в нашей стране очень малые средства выделялись и выделяются на охрану природы. Так, в бывшем СССР на эти цели расходы составляли лишь 1,55% национального дохода, в США - 3%, а в Японии - 5% [114.172-180].

В табл..3. представлен перечень вредных веществ, которые нередко встречаются сегодня в питьевой воде в регионах, где на объектах используются различные химические технологии. Он свидетельствует, что загрязнения могут приводить к серьезным последствиям воздействия на организм человека[172-185].

Таблица 9.3

.Перечень вредных веществ в питьевой воде

Вещества	Источники	Воздействие на организм
Алюминий	Водоочистные сооружения, цветная металлургия	Нейротоксическое действие, болезнь Альцгеймера
Барий	Производство пигментов, эпоксидных смол	Воздействие на сердечнососудистую систему
Бор	Цветная металлургия, природный фон	Снижение репродуктивной функции у мужчин, ОМЦ*, углеводного обмена, активности ферментов
Кадмий	Коррозия труб с гальваническим покрытием, текстильная промышленность	КВЗ, ОЗ, ОМЦ, мертворождаемость, повреждение костной ткани
Никель	Гальваника, химическая	Поражение сердца, печени, ОЗ, кератиты

	промышленность	
Нитраты, нитриты	Животноводство, удобрения, сточные воды	Метгемоглобинемия, рак желудка
Ртуть	Протравка зерна, гальваника, пайки, водопроводы	Нарушение функции почек, нервной системы
Свинец	Металлургическая промышленность-особенно цветная, производство этилированных бензинов и сжигание угля.	Поражение почек, нервной системы, органов кроветворения, КВЗ, авитаминозы С и В
Стронций	Естественный фон	Стронциевый рахит
Соли кальция и магния	Природный фон	Мочекаменная и слюнно-каменная болезнь, склероз, гипертония
Бром	Естественный фон	Нарушение функции почек, печени, снижение калия
Фтор	Природная вода	Флюороз скелета и зубов, Остеохондроз
Четыреххлористый углерод	Растворители, ППХВ	ОЗ, мутагенное действие
Тригалометаны (хлороформ, бромформ)	ППХВ, медицинская промышленность	Мутагенное действие, частично ОЗ
1,2- дихлорэтан	ППХВ, производство сжиженного газа, красок	ОЗ
Хлорированные этилены	ППХВ, текстильная, клеевая промышленность, обезжириватели металлов, химчистка, растворители	Мутагенное действие, ОЗ
Бензол	Производство продуктов питания, лекарств, пестицидов, красок, пластиков, газов	Воздействие на печень и почки
Линдан	Инсектицид для рогатого скота, леса, овощей	Поражение печени, почек, нервной, иммунной, сердечнососудистой систем
Железо	Поступление из водопроводной сети, природный фон	Аллергические реакции, болезни крови и печени
Сульфаты	Природный фон	Диарея, увеличение числа гипоацидных состояний желудка, желчно- и мочекаменная болезнь
Хлориды	Природный фон	Гипертоническая болезнь, заболевания сердечно-сосудистой системы
Хлорированные фенолы	ППХВ	ОЗ
Марганец	Природный фон	Оказывает элбритоксическое и гонадотоксическое действие

* Сокращения: ОЗ - онкологические заболевания; ОМЦ - нарушение овариально-менструального цикла у женщин; КВЗ - увеличение артериальной заболеваемости; ППХВ - побочный продукт хлорирования воды.

Безусловно наиболее масштабны и опасны техногенные загрязнения при авариях и катастрофах на объектах, использующих химические технологии, особенно на химически

опасных объектах, где производятся, перерабатываются, используются, транспортируются, хранятся или удаляются аварийно химически опасные вещества (АХОВ)¹, аварийные выбросы и сбросы (разливы) которых нередко приводят к катастрофическим последствиям. Если вспомнить, что в России накоплен самый большой арсенал химического оружия общим тоннажем в 40 тыс. т. (к ликвидации которого уже приступили), то химический риск воздействия на здоровье людей является одним из наиболее значимых в условиях России [181-185].

Импульсные или длительные интенсивные выбросы токсических веществ создают в районе расположения источника чрезвычайные ситуации,

массовые поражения людей. Такая трагедия произошла в Индии, в г. Бхопале 3 декабря 1984 г., когда в результате аварии на химическом предприятии с выходом токсичных веществ (метилизоцианата) в атмосферу от отравления погибло 3500 человек, 20 тысяч стали инвалидами и 200 тыс. человек получили поражение различной степени. 16 сентября 2001 г. во Франции, в г. Тулузе на химическом предприятии произошёл взрыв с утечкой 500 т. аммиака – в результате 14 человек погибло и многие получили отравления различной тяжести. Подобная авария имела место 20 марта 1989 г. на объединение «Азот» г. Ионава (Литовская ССР), когда произошёл взрыв ёмкости с 7000 т аммиака, возник пожар и загорелся склад с 20 тыс. т фосфорных удобрений. В результате аварии погибло 6 человек, 46 человек получили поражения. Зона химического заражения от аммиака и токсических продуктов горения составила размер 300 на 40 км, которая просуществовала трое суток. Для защиты населения пришлось эвакуировать 30 тыс. человек. 8 января 2003 г. на Новокуйбышевском нефтехимическом предприятии в результате нарушения технологического процесса произошёл выброс газа – в результате 1 человек погиб более 50 госпитализированы. Экологическая безопасность химически опасных объектов (ХОО) решается повседневно по всей территории России и в мире. Только в одном Санкт-Петербурге на 63 ХОО в технологических процессах используется 14 тысяч т. сильно действующих ядовитых веществ и ещё 10 тыс. т. в сутки транспортируется через город. После завершения второй мировой войны в Балтийском море СССР и её союзники по коалиции захоронили многие тонны снарядов с химическими отравляющими веществами (с ипритом и другими. ОВ), что является миной замедленного действия для здоровья людей, проживающих в зоне возможного химического поражения. Поэтому минимизация влияния химических рисков на здоровье людей важнейшая задача многих служб и ведомств отвечающих за безопасность природной среды и техносферы.

Одной из проблем при оценке состояния окружающей среды и здоровья людей является разработка новых инструментальных методов и внедрение уже имеющихся методических подходов к оценке риска, связанного с химическим загрязнением природной среды. В определенных пределах для этого может быть использована методология оценки риска возникновения опухолей при воздействии ионизирующих излучений, поскольку канцерогенные эффекты от использования некоторых химических соединений аналогичны эффектам от воздействия радиации.

9.2. Физические факторы риска здоровья людей связаны с изменчивостью основных физических величин, описывающих всё многообразие физических полей под влиянием которых находится человек – это и электро-магнитные, акустические, гравитационные поля, гелио-геофизические и метеорологические их вариации, влияние ионизирующего излучения и других многопараметрических переменных неживой природы воздействующих на живые организмы. [147]

Радиационный риск . "Человечество родилось в радиоактивной колыбели и продолжает жить в радиоактивном мире." Пример тому - вся история человечества. Основной составляющей облучения населения земного шара являются естественные источники радиации, избежать воздействия которых совершенно невозможно. Разные виды излучения поступают на поверхность земли из космоса, а также от радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре и в различных объектах окружающей среды. Воздействие их на человека может стать причиной его внешнего и внутреннего облучения. Облучение человека снаружи - это внешнее облучение, а поступление радиоактивных веществ внутрь организма с воздухом, которым дышит человек, или с загрязненными пищей и водой - внутреннее облучение[186-190].

Естественные источники радиации воздействуют на каждого жителя Земли, однако, степень такого воздействия или уровни радиации на разных континентах планеты различны и зависят от концентрации радионуклидов в биосфере. Так, например, в мире существуют регионы, на территориях которых естественный радиационный фон значительно выше среднего естественного фона, характерного для территорий различных стран Европы. Связано это с повышенным содержанием урана и тория в почве или радия в воде этих регионов. В среднем доза облучения человека от воздействия естественных источников радиации составляет около 2,4 мЗв/год (0,24 бэр/год), о чем свидетельствуют данные, представленные в табл. 4. Величины доз облучения от земной поверхности могут значительно изменяться в зависимости от концентрации урана и тория в почве. Дозы внешнего облучения большей частью населения планеты (около 95% населения) от земной поверхности, как видно из приведенных в табл. 4 данных, не превышают 0,5 мЗв/год, однако у 3% населения величины доз при облучении от поверхности земли могут достигать 1 мЗв/год, а у 1,5% населения - даже 1,4 мЗв/год и более. На планете Земля имеются и такие регионы, на территориях которых величины доз земного внешнего облучения населения значительно превышают средние значения. Так, на юго-западе Индии дозы облучения почти 100 тыс. человек, живущих на прибрежной песчаной полосе с повышенным содержанием тория, превышают в 8-10 раз средние дозы облучения населения мира. В Бразилии на улицах города Гуарапари земные дозы внешнего облучения его жителей превышают средние значения в 30 раз, а на отдельных участках пляжа - в 400 раз. В Иране в районе города Размер зарегистрированы уровни радиации, равные 400 мЗв/год, что в 1000 раз выше "нормального" естественного фона [186-194]. В Индии и Иране есть районы, где подобные дозы достигают величин 2000 и 3000 мЗв соответственно за время жизни из расчёта 70 лет. Средняя доза облучения за время жизни в Норвегии составляет 365 мЗв, а в Белоруссии принят уровень коммулятивного облучения в 350 мЗв. Что касается малых доз облучения, то накоплен обширный эмпирический материал об их благотворном воздействии.

Необходимо отметить, что с увеличением высоты над уровнем моря доза облучения от воздействия космических лучей возрастает, достигая на высоте 4 км (а это максимальная высота, на которой расположены деревни шерпов по склонам горы Эверест) примерно 2 мЗв/год.

Таблица 9.4.

Средние дозы облучения населения от различных источников радиации [186-194]

Источники облучения	Средние дозы облучения населения, мЗв/год	
	мира	РФ
1. Природные	0,4	0,3
Земное внешнее облучение.	0,5	0,4
Внутреннее облучение	1,5	1,6
Всего от природных источников	2,4	2,3
2. Антропогенные (искусственные)		
Медицинские процедуры	1.0	1.7
Испытания ядерного оружия	0,010	0,015
Ядерная энергетика	0.001	0,001
Всего от антропогенных источников	1,01	1,71
ИТОГО (округленно)	3,4	4,0

Величины доз внутреннего облучения от природных источников радиации примерно в два раза выше доз внешнего облучения. Наибольший вклад в дозу внутреннего облучения, примерно 80%, вносят короткоживущие продукты распада радона-222 и радона-220, около 11% - калий-40 и 7% - такие радионуклиды, как свинец-210 и полоний-210.

У людей, находящихся в жилых помещениях, дозы облучения легких от природных источников радиации, но без учета вдыхания радона, в среднем составляют около 1 мЗв/год. Основная часть дозы облучения населения от воздействия радона накапливается при нахождении людей в закрытых непроветриваемых помещениях.

Источником радона могут являться грунты, на которых построены дома, строительные материалы, а также артезианская вода и природный газ. Так, высокое содержание радона было обнаружено в водах артезианских колодцев в Финляндии и США, причем самая высокая зарегистрированная радиоактивность воды составила 100 кБк/л. По оценкам Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР), созданного в рамках ООН, около 1% населения Земли потребляют воду, удельная активность радона в которой превышает 1 кБк/л, и примерно 10 % населения - воду, в которой концентрация радона выше 0,1 кБк/л.

Кроме природных источников внешнего и внутреннего облучения населения существуют так называемые антропогенные (искусственные) источники радиации. По приведенным в табл. 9.4 данным можно сделать вывод, что в среднем величины доз облучения населения от искусственных источников радиации очень малы. Их вклад в общую дозу облучения, в отличие от вклада природного гамма-фона (космическое излучение и излучение от земной поверхности), невелик и составляет доли процентов. Регламентация ионизирующего излучения на территории РФ осуществляется на основе норм радиационной безопасности НРБ-96, а также ГН 2.6.1.054-96.

Разные регионы России, СНГ на планете несут на себе следы радиационных воздействий [185-190].

В первую очередь, от ядерных полигонов их официально 5: Семипалатинский и Северный (Новая Земля), Невада -США, Великобритания, Муруроа -Франция, Лобнор -Китай на которых произведено до 1991г. 2059 взрывов, в том числе 715 в СССР из них 215 в атмосфере мощностью 452Мт, в США 1085 из них в атмосфере 205 мощностью 141 Мт.

Во-вторых, в рамках добычи и обогащения урана (45% мировых разведанных запасов – около 2.2 млн.т. сосредоточено в России, Казахстане, Таджикистане по30%.на Украине –10% В-третьих, взрывы в « мирных целях» более 200 взрывов как наземных, так и подземных.

В третьих, от АЭС -на территории СНГ их 20, из них 3 на Украине и 1 в Армении, остальные в России. Кроме того существует целый ряд исследовательских реакторов в Москве и Подмоскowie-9 и 4, в Санкт-Петербурге-3, а также в закрытых городах около 10: Арзамас –16,Красноярск-26,45,Челябинск 70 и 65,Златоус-26,Пенза-19 и т.д.

В Северодвинске ,где производят атомные подводные лодки находится 50 атомных реакторов, в Североморске в Мурманской обл. около 100[192].

В С.Петербурге в центре города строили атомоходы, а на берегу Финского залива у пос. Приветнинское, существует два бетонных могильника с оборудованием от атомохода «Ленин» и фон здесь 1500мкР/ч[192].

О масштабах возможных последствий радиационных аварий наглядно свидетельствуют последствия аварии на Чернобыльской АЭС, где суммарная активность выбросов составила $5 \cdot 10^7$ Ки. Температура во взорвавшемся реакторе превышала температуру на поверхности Солнца (6000С), в то время как уровень радиация превышал десятки тысяч рентген в час (20-34 тыс. Р/ч). При взрыве четвёртого блока Чернобыльской АЭС с него сорвало крышу весом более 1000т , с мгновенным выбросом части содержимого реактора на высоту до 1км..Затем происходило истечение струи газа при горении графита с периодическими взрывами. Например, на ЧАЭС было 2 таких выброса радионуклидов 26.04. и 6.05.86 г.

В наибольшей степени радиоактивному загрязнению подверглись территории России, Белоруссии и Украины. В России общая площадь радиоактивно загрязненных территорий с плотностью загрязнения выше 1 Ки/км² по цезию-137 достигала почти 60 тыс.км². На загрязненных территориях оказалось 7608 населенных пунктов, где проживало около 3 млн. человек. Радиоактивному загрязнению подверглись территории в 16 областях и 3 республиках России. На этих территориях проживало около 30 млн. человек.

Следует напомнить, что в 1957 году в Челябинском регионе произошёл тепловой взрыв одной из ёмкостей на ПО «Маяк », содержащей жидкие отходы активностью в 20млн.Ки. В результате образовался восточно-уральский радиационный след вдоль р.Течь , включая оз. Карачай и отдельные районы Свердловской обл.. Более того в пределах Уральского региона было произведено 38 технологических ядерных взрывов, из них 5 с выбросом на поверхность. Там же работает 8 ядерных реакторов,6 мощных центров по переработке радиоактивных материалов, имеется 6 районов , где хранятся радиоактивные отходы(РАО). Только на ПО «Маяк» общая активность РАО составляет около 1 млрд. Ки, что во много раз больше превышает выбросы после Чернобыльской катастрофы (60млн.Ки) [186-194]..Радиоактивному облучению подверглись более 500 тыс. человек

Радиационные катастрофы привела к радиоактивному загрязнению огромных территорий, затронула судьбы многих миллионов людей, проживающих на этих территориях, а для России, Белоруссии и Украины стала общенародным бедствием.

К первичным экологическим последствиям аварии на Чернобыльской АЭС следует отнести выброс при разрушении реактора первичного парогазового облака и его продвижение, а также радиоактивное загрязнение различных сред (воздуха, суши, акваторий) за счет этого и последующих выбросов.

Первичное парогазовое облако, образовавшееся в результате разрушения реактора, содержало весь состав радионуклидов, накопившихся в реакторе за время его работы.

При подъеме этого облака и его движении образовалось два явно просматривающихся радиоактивных следа: западный и северный. Это было обусловлено тем, что в день аварии приземный ветер в районе АЭС имел восточное направление, а на высоте 500-600 м и выше -

юго-восточное. В результате наиболее тяжелые, быстро конденсирующиеся радионуклиды распространялись на запад, а более легкие (радионуклиды йода и цезия), поднявшись выше 500-600 м (по оценке - до 1,5 км), были перенесены на северо-запад.

Согласно расчетам активность радионуклидных газов и аэрозолей первичного выброса, образовавших облако, составляла около 10^5 Ки. Внешнее облучение при прохождении этого облака над населенными пунктами составило около 0.4 бэр под осью следа.

Безусловно, что радиационному воздействию за счет прохождения первичного парогазового облака подверглись люди и окружающая среда. Причем на малых расстояниях от аварийного блока дозы облучения па следе облака были весьма значительными, о чем свидетельствует гибель хвойных пород леса («Рыжий лес») на западном следе первичного парогазового облака.

В дальнейшем значительные выбросы радионуклидов из разрушенного реактора, связанные с горением графитовой кладки реактора и повышением температуры топлива и топливосодержащей массы из-за энергии радиоактивного распада накопленных продуктов деления, продолжались еще 9 суток.

Следует отметить, что выбросы представляли собой сложную аэродисперсную систему, состоящую из нескольких видов аэрозолей различной физико-химической природы, из которых можно выделить две основные компоненты - топливную и конденсационную. При этом топливная компонента была обусловлена частицами диспергированного топлива, а конденсационная - аэрозолями, образовавшимися путем конденсации паров радионуклидов в выбросах.

Значимые с точки зрения практической дозиметрии выпадения топливной компоненты были ограничены расстояниями 100-200 км от аварийного энергоблока, а на дальних расстояниях, в том числе на территориях России, преобладала конденсационная компонента выпадений, характерной особенностью которой является преимущественный вклад цезия в суммарную активность загрязнения объектов окружающей среды после распада короткоживущих радионуклидов (барий, лантан, йод, рутений-103 и т.д.) [147,186-193].

Хотелось бы подчеркнуть, что в соответствии с удельным весом в составе выбросов биологически наиболее значимых радионуклидов, в развитии радиационной обстановки после аварии на Чернобыльской АЭС можно выделить два основных периода: «йодовой опасности», продолжительностью до 2 месяцев, и «цезиевый», который будет длиться еще многие годы.

В «йодном периоде», кроме внешнего облучения, (формировалось до 45% дозы за первый год) основные проблемы были связаны с молоком, главным «поставщиком» радионуклида йода внутрь организма, и листовыми овощами. Отметим, что корова ежедневно съедает на пастбище корм с площади около 150 м² и является идеальным концентратом радиоактивности в молоке.

«Цезиевый период», наступивший по прошествии 10 периодов полураспада йода в конце июня 1986 года, учитывая длительный период полураспада цезия-137 (~30 лет), будет продолжаться длительное время и цезий будет являться основной причиной радиационного воздействия на население и окружающую среду [185-190].

Все изложенное и определяло характер вторичных экологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС, оказавших влияние на состояние здоровья и условия жизнедеятельности людей на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Причем, если на первом этапе радиационное воздействие на людей складывалось из внешнего и внутреннего облучений, обусловленных соответственно радиоактивными облучениями из облака выброса, от загрязненных радионуклидами объектов окружающей среды и вдыханием радионуклидов с загрязненным воздухом, то на втором этапе - облучением от загрязненных радионуклидами объектов окружающей среды и введением их в

организм человека с потребляемой пищей и водой, а в дальнейшем - в основном за счет употребления населением загрязненных продуктов питания. Принято считать, что 85% суммарной прогнозируемой дозы облучения на последующие 50 лет после аварии может составить доза внутреннего облучения, обусловленного потреблением продуктов питания, которые выращены на загрязненной территории, и лишь 15% падает на дозу внешнего облучения.

При этом следует отметить, что время аварии (конец апреля - начало вегетационного периода) обусловило поверхностное (внекорневое) загрязнение продуктов растениеводства до конца 1986 года. Весной и летом этого года уровни загрязнения растительной продукции зависели от биологических особенностей растений и фазы их развития в период загрязнения. Начиная с 1987 года загрязнение происходило и происходит через корневые системы растений.

Говоря о корневом поступлении радиоактивных загрязнений, необходимо отметить, что в цезиевый период корневое поступление загрязнений определяют стронций-90 и цезий-137. Являясь химическими аналогами соответственно кальция и калия, они отличаются высокой биологической подвижностью. Причем, при внекорневом пути поступления наиболее подвижен цезий-137, значительная часть которого довольно быстро переходит в корни, кору и древесину. Поступление же стронция-90 происходит в десятки раз медленнее. И наоборот, при корневом пути поступления более подвижен стронций-90, который из почвы через корни легче поступает в растения.

Если в качестве последствий аварии рассматривать ухудшение состояния здоровья людей вследствие радиоактивного облучения, то необходимо принимать во внимание облучение на всех этапах, включая острое облучение персонала и населения вблизи аварийного реактора.

Воздействия больших доз радиоактивного облучения на организм человека вызывает не только комплекс взаимосвязанных и взаимообусловленных изменений, протекающих на молекулярном, биоструктурном, физиологическом и генетическом уровнях живой клетки, но и приводят к их гибели. Так, острое кратковременное облучение человека дозой более 6 Гр вызывает, как правило, летальный исход, 4 Гр - крайне тяжелую степень лучевой болезни (погибает 50% облученных), 1 Гр - нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни, 0,5 Гр - кратковременное незначительное изменение состава крови. Лучевая болезнь возникает при воздействии на организм ионизирующего излучения в дозах, равных 1 Зв (100 бэр) и более. У человека эта болезнь проявляется, главным образом, поражением органов кроветворения, желудочно-кишечного тракта, нервной системы. Радиобиологические эффекты длительного облучения (хроническое облучение) имело место на втором и последующих этапах радиационной аварии с выбросом радионуклидов. При высокой канцерогенности ионизирующих излучений новообразования (раковые опухоли) чаще всего появляются в наиболее облучаемых тканях. При равномерном облучении, что имеет место в поле гамма или нейтронного излучения или при инкорпорации равномерно распределяющихся радионуклидов, вероятность возникновения опухоли определяется радиочувствительностью органа. Существенную роль играет путь поступления радиоактивных веществ в организм.

Следует отметить, что биологический эффект при малых дозах облучения населения носит стохастический характер.

Главными эффектами облучения, негативно влияющими на состояние здоровья человека, являются:

возникновение злокачественных новообразований определенных органов или тканей (соматические поражения);

возникновение наследственных болезней у потомков облученных родителей (наследственные поражения).

Поэтому места захоронения радиоактивных отходов (РАО), пути их транспортировки несут потенциальную угрозу для здоровья людей. В целом суммарная активность РАО в омывающих территорию России морях по разным оценкам составляет до 250 МКи [147]. На предприятиях атомной энергетики к настоящему времени скопилось РАО с общей активностью 1.7 млрд Ки. В результате аварий АПЛ на дне мирового океана находится 12 ядерных энергоустановок/включая реакторы затонувшей в 2003 г АПЛ К-59/ и более 30 ядерных боеголовок (так, например АПЛ «Комсомолец» затонула 7.04.1989 г. и находится на глубине 1680 м) и, очевидно, что со временем фактор малых доз облучения окружающей среды будет возрастать, также как и риск поражения живых организмов.

Влияние физических полей различной частоты на здоровье людей.

Спектр электромагнитных колебаний (ЭПМ) по частоте ν достигает 10^{21} Гц связан со спектром излучения Солнца и Земли, и по разному оказывает влияние на живые организмы. Чем короче длина волны λ (и соответственно больше ν), тем больше энергия квантов электромагнитного излучения и тем более они становятся опасными для живых организмов - и в том числе для человека. К таковым относятся гамма-лучи ($\lambda < 10^{-5}$ мкм и $\nu = 10^{12}-10^{14}$ Гц) рентгеновское излучение ($10^{-5} < \lambda < 10^{-2}$ и ультрафиолетовая радиация ($0.01 < \lambda < 0.39$ мкм). Для фотосинтеза и для всех живых организмов для нормальной жизнедеятельности наиболее важно видимое излучение Солнца ($0.39 < \lambda < 0.76$ мкм) и инфракрасная радиация ($0.76 < \lambda < 3000$ мкм.). Радиоволновое излучение характеризуется $\lambda > 0.3$ см.

ЭМП природного и антропогенного характера (от 3 Гц до 3000 ГГц) окружают нас, находятся повсеместно и при плотности потока энергии более 1 мВт/см^2 (10 Вт/м^2) могут приводить к нарушениям нервно-эндокринной регуляции, а при значениях более 10 мВт/см^2 могут приводить к изменению крови. Предельно допустимая плотность потока энергии облучения от вращающихся и сканирующих антенн 20 Вт/м^2 . Допустимый уровень облучения пользователя сотового телефона не должна превышать 1 Вт/м^2 . Излучение ЭМП (от монитора с $\nu = 5 \text{ Гц} - 400 \text{ кГц}$ и статический электрический заряд на экране) при регулярной работе с компьютером может приводить к заболеваниям органов зрения, сердечно-сосудистой системы, слуха и наиболее опасно для детей и беременных женщин. В области частот от 30 до 100 кГц допустимая величина энергии поглощённой телом человека является 0.4 Вт/кг . В диапазоне частот от 100 МГц до 3 ГГц следует учитывать резонансные эффекты в теле и области головы [5,7,8,194].

ЭМП промышленной частоты 50 Гц ($\lambda = 6000 \text{ км}$) могут влиять на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы человека. Поэтому длительное пребывание в зоне действия электрических полей (ЭП) с напряжением более 1000 кВ не безопасно. Допустимое время $T(\text{ч})$ пребывания в ЭП напряжённостью $E = 5-20 \text{ кВ/м}$ определяется по формуле $T = 50/E - 2$. Предельно-допустимый уровень $E = 25 \text{ кВ/м}$. Допустимые уровни напряжённости ЭМП различной частоты установлены специальными ГОСТами ССБТ. Предельно допустимый уровень напряжённости электростатических полей ($\nu = 0$) 60 кВ/м в час. В химической промышленности при производстве материалов и изделий происходит образование электростатических зарядов и полей с $E = 240-280 \text{ кВ/м}$. На земном шаре одновременно происходит до 1800 гроз. У экватора на суше их бывает 80-160 дней в году. В Европе при сильных грозах число молний может достигать 200 за 5 мин. У земной поверхности E в среднем 130 В/м , а пробой воздуха при грозе происходит при величине E порядка 30 кВ/м .

Напряжённости магнитного поля H не более 150-200 А/м являются относительно безвредными для человека в течение длительного времени (курская магнитная аномалия характеризуется величиной 160 А/м , линии электропередач напряжением до 750 кВ – 20-25

А/м). В основном электрическое и магнитное поле Земли характеризуется величинами $E=120-150$ В/м и $H=24-40$ А/м [7,8,194].

Жизнь человека в 21-веке без электрической энергии уже немыслима, но если, в силу неосторожности человека, электрический ток пройдёт через его тело (сопротивление тела человека при сухой и чистой и неповреждённой коже колеблется от 3 до 100кОм), то основным фактором поражения человека становится сила тока (и, в частности, фибрилляционный ток - эл.ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца и даже его остановку) и время воздействия. Пороговый фибрилляционный ток составляет 100мА переменного тока и 300 мА постоянного тока при длительности действия 1-2 с по пути рука-рука или рука-ноги может вызвать ожоги, паралич дыхания. Пороговый не отпускающий ток (вследствие судорожного сокращения мышц руки) составляет 10-15 мА переменного тока и 50-60 мА постоянного тока.

Шум (это совокупность аperiodических звуков самой различной интенсивности и частоты от 16 до 20000 Гц, инфразвук с $\nu < 16$ Гц, с $\nu > 20$ кГц ультразвук) и вибрации (малые механические колебания с частотой от 0.7 Гц и выше, возникающие в упругих телах под воздействием переменного физического поля) - также неизбежная реальность цивилизации, который оказывает вредное физическое воздействие на здоровье людей. Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ (взлёт реактивного самолёта, старт космического корабля, выстрелы из тяжёлых орудий) что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м². Оптимальный шумовой фон соответствует 20 дБ, городской шум – 30-40 дБ. Предельно допустимый шум для самолётов над Землёй 50 дБ. Шум в 90 дБ (гром при грозе, дискотека., взлет самолёта) вызывает болезненные ощущения. Нормируемые параметры шума определены ГОСТом 12.1.003-83, санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96, а вибрации ГОСТом 12.1.012-90 и СН 2.2.4/2.1.8.556-96.

Уровень воздействия вибраций на организм человека проявляется в наибольшей степени при резонансе, то есть при совпадении частоты внешнего воздействия и собственной частоты тех или иных органов людей. Так расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3-3.5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4-6 Гц. Вибрационные болезни усугубляются при наличии шума и росте параметров температурного и влажностного режима на соответствующих производствах.

Роль ультрафиолетового излучения, а также светового облучения и всего комплекса фотобиологических процессов на здоровье людей достаточно очевидна и только при взрывах, пожарах, при направленном когерентном облучении создаются экстремально-опасные ситуации.

При взрывах, пожарах поражение людей происходит как от прямого воздействия ударной волны, так и косвенно от летящих обломков, камней, осколков стекла и лучевого облучения. Стёкла вылетают из рам окон уже при избыточном давлении 5-10 кПа. При избыточном давлении 20-40 кПа люди могут получить лёгкие травмы и контузии, а при 60-100 кПа – тяжёлые и смертельные [7,8,114,147,194].

Влияние изменений погоды и климата на здоровье людей.

Загрязнение биосферы (воздуха, воды, суши) отходами быта и промышленных предприятий, а также выхлопными газами автотранспорта стало причиной изменения ее количественного и качественного состава. В течение уже ушедшего 20-го столетия значительно изменился по сравнению с 19 веком состав атмосферы: в воздушном океане стало больше на 30 % углекислого газа, вдвое возросло количество метана, на 15 % увеличилось содержание закиси азота; в тропосфере Нарушение энергетического баланса в

окружающей среде, в частности, тепловое стало причиной повышения глобальной температуры(за последние 50 лет средняя приземная температура подстилающей поверхности увеличилась на 0.4 С °) и изменения климата. По результатам оценок, проведенных экспертами ООН, за время цивилизации человечеством было использовано около 100 млрд. тонн топлива различных видов, причем половина этого количества приходится на последние 50 лет [195-198]. Антропогенная составляющая загрязнения атмосферы связана с механическими/пыль, все виды аэрозолей/,физическими /тепловыми, световыми, шумовые, электро-магнитные, радиоактивные/ химическими и биологическими загрязнениями, которая наиболее заметно проявляется в техносфере , в местах компактного проживания людей - ,особенно, в мегаполисах, где с погодные условия также заметно отличаются от аналогичных параметров за городом. Всё это вместе предопределяет и особенности здоровья и не здоровья людей.

Ещё со времён Гипократа отмечалось влияние погоды на здоровье человека, а с началом систематических метеорологических измерений появились и биометеорологические исследования влияния изменения температуры и влажности воздуха, общего уровня радиации, атмосферного давления электричества на здоровье людей[195-198]. Более того окружающее нас космическое пространства и в первую очередь солнечная активность(которая характеризуется числами Вольфа связанными с числом и группами пятен на Солнце) могут также оказывать влияние на здоровье людей. Заболевания, связанные с метеорологическими и космическими процессами называют метеотропными а число людей чувствительных к ним растёт даже среди молодых людей. Опрос горожан в Германии (выборка 1064 чел.) показал, что 19.2% населения считает , что погода влияет на их здоровье и ещё 35.3 % полагают, что это имеет место до некоторой степени.

Крайние параметры метеоэлементов при которых может оказаться человек по температуре от –80 до +60 С, по атмосферному давлению 680-810 мм.рт.ст., при скорости ветра 0-32,7 м/с и более, относительной влажности от 10 до 100%. Достаточно вспомнить, что в 2001/02 г. около 150 тыс.чел. в Приморье и около 30 тыс. чел. на северо-западе России из-за аварий на теплотрассах и в коммунальном хозяйстве оказались в экстремальных ситуациях выживания при крайне низких температурах. И наоборот в августе 2003 г .в результате 40-градусной жары во Франции погибло 11 тыс. человек, а в Португалии 1500 чел..

При наличии соответствующей одежды (теплоизоляции - в зависимости от её теплопроводности) тепломассообмен между человеком и окружающей средой осуществляется в основном за счёт длинноволнового излучения примерно 45%, конвекции –30% испарения 25%. Основную роль в теплообменных процессах у человека принадлежит физиологическим механизмам регуляции отдачи тепла и осуществляются в основном через кожный покров. Низкая температура и ветер способствуют увеличению теплопотерь конвекцией и кондукцией через испарение. В условиях повышенной температуры окружающей среды теплопотери уменьшаются за счёт конвекции и излучения, но увеличиваются за счёт испарения.

Резкое понижение температуры зимой способствуют возникновению эпидемии гриппа или даже его пандемии, как это было начале 19 века, что привело к гибели тысяч людей в Европе. В периоды прохождения атмосферных фронтов резкое изменение приземного атмосферного давления, которое сопровождается изменением градиента потенциала электрического поля атмосферы может приводить к головным болям, гипертоническим стрессам, обострению сердечно-сосудистых заболеваний людей. Между индексом изменчивости контрастных смен погоды и патологическими реакциями при различных заболеваниях имеется достаточно устойчивая корреляционная связь [27-31]. При этом отмечается сезонный характер уровня летальности/наибольший зимой и меньше летом/, а

также их различия в периоды солнечной активности. Однако, оправдываемость медицинских прогнозов погоды по самочувствию людей чуть более 50%

На здоровье человека оказывает влияние не только степень техногенной загрязненности среды обитания и изменчивости метеоусловий не только связанных с климатическими, но и геологическими условиями окружающей среды. К последним относится влияние неоднородности строения земной коры, как связанные с разломами мобильно-проницаемых *геоактивных зон*, так и геохимических особенностях комплексов горных пород, а также неоднородности, связанные с зонам глубинных разломов, которые характеризуются повышенной проницаемостью и интенсивным тепломассопереносом (газами, растворами, расплавами), так называемых *геопатогенных зон*, в пределах которых условия существования биоты резко отличны от таковых в окружающих их участках, Под геопатогенными зонами понимаются локальные, обычно ограниченные по ширине (десятки метров) и вытянутые вдоль активных разломов на километры -десятки километров участки, в пределах которых определенные виды растений, животных и человек испытывают стресс, приводящий к возникновению разнообразных функциональных расстройств, которые снижают сопротивляемость организма к заболеваниям. Таким образом, термин «патогенез» относится не к геологическим структурам, а к человеку, точнее к его самочувствию в пределах таких зон] определяют геопатогенез как возникновение устойчивых патологических изменений в живом организме, вызванных геологическими, геофизическими и геохимическими полями или другими природными явлениями, которые приводят к тому, что в ряде городов процент смертности от онкозаболеваний наиболее высок в местах, пересекаемых разломами, а также над руслами высохших ручьев и рек. у людей, чье жилье находилось над разломами.

9.3. Социально-экологические аспекты нездоровья человека

Наиболее значимыми составляющими этих факторов являются такие показатели, как условия жизни, труда и отдыха, доходы семьи, качество питания, образ жизни, уровень образования, наличие вредных привычек (наркозависимость, табакокурение и злоупотребление алкоголем), качество медицинской помощи и т. д. Результаты таких анализов дают основание утверждать, что основное влияние на уровень заболеваемости и смертности, а также на среднюю продолжительность жизни оказывают такие факторы, как питание, образ жизни, а также наличие вредных привычек, в частности, употребление алкоголя, наркотиков, курение, а также возможные проявления экологического терроризма.

Непоправимый вред здоровью наносят курение и злоупотребление алкоголем, о чем свидетельствуют результаты многолетних исследований и наблюдений за курящими людьми. Так, было установлено, что курение является главной причиной возникновения таких болезней, как рак легких и гортани в 90% случаев, хронический бронхит эмфиземы в 75% и от болезни сердца в примерно 25% случаев. Курение может стимулировать возникновение рака мочевого пузыря и пищевода, цирроза печени, а также способствовать заболеванию полости рта, зева, поджелудочной железы, почек, поражению сердечно-сосудистой системы. Кроме того, следствием курения могут быть рождения детей с уродствами и мертворождения [198-200]. Примерно 25% регулярных курильщиков сигарет имеет шанс умереть по причине курения, потеряв при этом 10-15 лет своей жизни.

За последние 30 лет потребление сигарет в развивающихся странах возросло в среднем на 2,5 % в год; тогда как в развитых странах — стабилизировалось или уменьшилось (Если в среднем на каждого курящего в развивающихся странах и в России приходится уже более 2000 сигарет в год /по некоторым оценкам с учётом нелегального табачного производства уже около 4000 сигарет в год/, то в США и в Западной Европе просматривается устойчивая тенденция по снижению этого числа, даже уже чуть менее 2000 сигарет в год.). С учетом упомянутого роста вполне вероятно, что курение может стать в будущем ведущим фактором летальных исходов. Согласно имеющимся

данным, жертвами курения стали в 2000 г. около 3 млн человек, а к 2025 г. эта цифра может возрасти до 10 млн/год. Соответствующие значения для развивающихся стран составят 1 и 7 млн, т. е. предполагается семикратное возрастание числа жертв курения! По данным WB, сохранение временных тенденций употребления табака в течение предстоящих трех десятилетий выдвинет курение на первое место по числу жертв по сравнению со СПИДом, туберкулезом и осложнениями при деторождении, вместе взятыми (в общей сложности курение стимулирует развитие 26 различных болезней [114, 147]).

Не менее чем курение опасно для здоровья злоупотребление спиртными напитками. Алкоголизм способствует смертности от алкогольного психоза, цирроза печени, тяжелых травм и злокачественных новообразований (в основном рака бронхов и пищевода). Только в 2002 г. от отравления палёным спиртным в России умерло 40 тыс. человек.

По результатам анализа имеющихся в литературе данных о потреблении алкоголя населением СССР и Российской Федерации в разные годы построен представленный на рис.9.1 - график, характеризующий изменение потребления алкоголя на душу населения и смертности от отравлений алкоголем [147, 198-200]. По заключению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), наступает процесс необратимого изменения генофонда нации, или просто процесс вырождения нации после критического уровня потребления алкоголя, равного 8 литрам абсолютного алкоголя на человека в год. После 1960 г. в стране ежегодно стала увеличиваться государственная продажа алкогольных напитков, в результате чего их потребление на душу населения с 4 литров в год в 1960 г. увеличилось в 1980 г. до 11 литров в год, превысив тем самым опасный уровень [114, 147, 198]. Для ориентации по затронутой теме приведём следующие цифры, характеризующие состояние опьянения: человек практически трезв и все его функции в пределах физиологических норм при содержании спирта в крови менее 0.2-0.3 промилли и острое отравление алкоголем, опасное для жизни наступает при 3-5 промиллей /1г спирта на 1 кг веса крови/.

Дальнейшее ежегодное увеличение потребления алкоголя в стране привело к тому, что 15.05.1985 г. вышел известный указ о мерах по усилению борьбы с пьянством и алкоголизмом. Нет смысла, да и необходимости, обсуждать методы, которые использовались в те годы в борьбе с пьянством, однако после него значительно снизилась смертность от отравлений алкоголем и травматизма (на рис. 1. кривая 2). Однако, не исключено, что эти два минимума есть результат «лукавства» заказной статистики тех лет, так как хорошо известно, что именно в те годы возрос уровень самогонварения, потребления специфических парфюмерных и иных изделий содержащих в себе алкоголь –со всеми отсюда вытекающими последствиями. Бесспорен лишь общий тренд роста потребления алкоголя в России за последнее столетие, даже после принятия сухого закона в 1913 г.

Имеющиеся в медицинской статистике данные свидетельствуют о том, что уровень заболеваемости и смертности населения коррелирует с душевым потреблением алкоголя: больше потребление алкоголя - выше заболеваемость и смертность населения, естественно, ниже средняя продолжительность жизни [114, 147, 198-200]. Как уже отмечалось, злоупотребление алкоголем способствует и развитию онкологической патологии, то есть алкоголь может провоцировать онкологические заболевания и, кроме того, является одной из основных причин снижения качества здоровья не только взрослого населения, но и детей пьющих родителей [198-200].

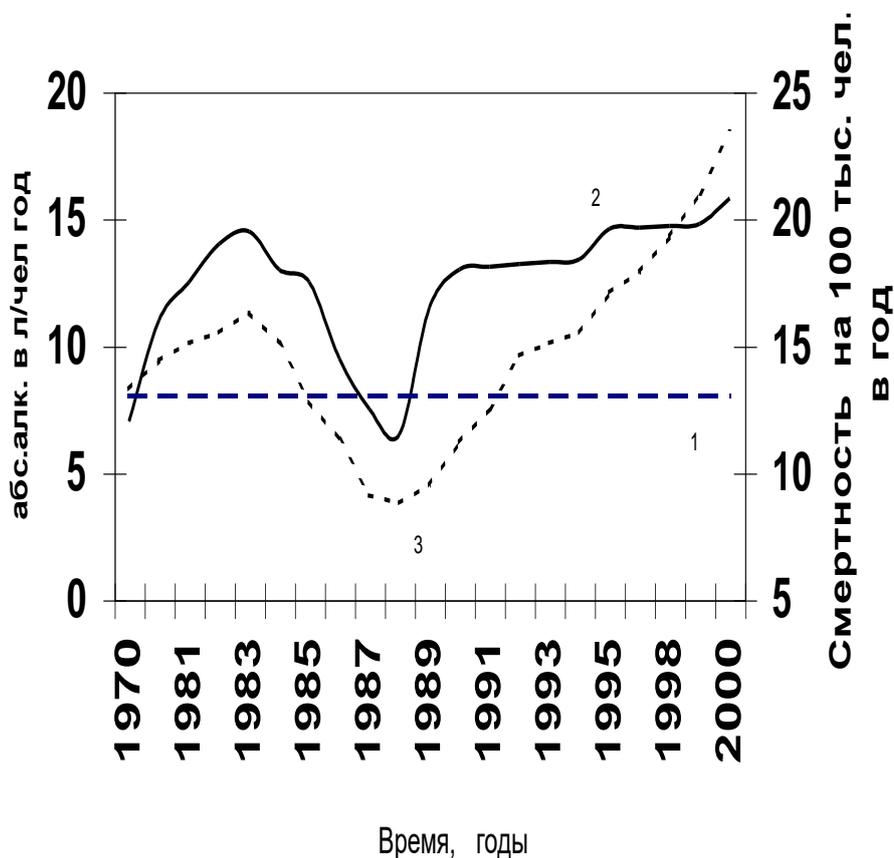


Рис.9.1. Динамика изменения потребления алкоголя (2) и смертности (1) в СССР/России/ за период с 1970 по 2000г.

К сожалению, следует отметить, что в конце 80-х годов и особенно после распада СССР потребление алкоголя в стране стало резко увеличиваться, причем алкоголя сомнительного качества. По данным Госкомстата Российской Федерации в 90-е годы потребление ликеро-водочных изделий почти в 2 раза превысило опасный уровень (рис. 1, кривая 1), что привело к значительному увеличению смертности от алкогольных отравлений и пьяного травматизма (рис. 1, кривая 2).

Медики утверждают, что существует определенная связь между потреблением алкоголя и курением: чем больше человек курит, тем больше пьет и наоборот. Статистика свидетельствует, что 90% алкоголиков одновременно являются и заядлыми курильщиками [198]. В Российской Федерации, по данным ВОЗ, в возрасте 30-35 лет курят 74% мужчин и 14% женщин, в 36 случаях из 100 причиной смерти людей среднего возраста является табакокурение [200]. Медицинская статистика свидетельствует, что курение является причиной смертей около 25% от всех сердечно-сосудистых заболеваний и порядка 85 % вследствие рака лёгких, губы, гортани и пищевода.

В тоже время статистический мультивариантный анализ с использованием модели пропорционального риска показал нелинейное возрастание смертности с увеличением потребления алкоголя и табака со значительными возрастными и половыми различиями (женщины и молодые люди имели более высокий уровень риска) [114,147]. Там же в [31]. отмечается, что существует несомненная польза от употребления небольшого количества алкоголя для людей старше 60 лет, что снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний и в особенности коронарного заболевания сердца.

Рост алкоголизма, наркомании сопровождается увеличением числа суицидов. Уровень самоубийств и по сравнению с 1990 г. в 2001 г. вырос почти в двое, и составил 78,4 чел на

100 000 населения/из них около 19% алкоголики/. По данным ВОЗ в мире совершается более 500 тыс самоубийств и около 7 млн попыток. После отмены государственной монополии на производство алкогольной продукции потребление чистого алкоголя с учётом «палёной» водки, самогонварения (в разные годы она колебалась от 70 до 30 %) достигло "рекордной" цифры - 15-16 л в год на душу населения при официальной статистике 7 л/год [198-200]. В 2002 г. теневой оборот спиртного по разным оценкам исчисляется от 1 до 5 млрд. долларов.

Особую тревогу у медиков России вызывает рост числа курящих среди несовершеннолетних, а также пристрастие их к наркотикам. В среднем в Российской Федерации курят 36% мальчиков и 25% девочек в возрасте до 15 лет. Каждый десятый ребёнок рождается генетически неполноценным (при 13% общество обречено на вымирание. Каждая четвёртая женщина не может родить здорового ребёнка по генетическим обстоятельствам, каждый четвёртый мужчина импотент [147,200].

К социально-биологическим проблемам может быть отнесена наркомания. Распространение наркомании грозит деградацией человечества. С другой стороны, запрет этого порока стимулирует возникновение разветвленной сети транснациональной организованной преступности, призванной по подпольным каналам обеспечить наркоманов зельем. И еще одна сторона этой проблемы - бессилие медицины перед стойкостью привыкания человека к наркотическим средствам, отсутствие методов надежной разблокировки механизмов привыкания к наркотикам, алкоголю, курению и т.д..

Положение дел в России с наркоманией тяжелое и постоянно ухудшается. Темпы роста потребления наркотических средств в нашей стране одни из самых высоких в мире. По данным комитета ООН по контролю за наркотиками в России более 5 млн. наркоманов (из которых большинство –потребители наркотиков опиумной группы), причем их число среди молодежи ежегодно увеличивается на 70%. Объем незаконного оборота наркотиков в нашей стране по данным некоторых экспертов достигает тонн в год. Россия становится страной транзита наркотиков. Только 11.01.2003г. на Оренбургской таможне был пресечён ввоз 144 кг героина на сумму в 2 млн долларов.

Из-за отсталости здравоохранения и неблагоприятных условий обитания . в мире больше всего людей умирает от инфекционных заболеваний (33%). Здесь "лидируют" острые инфекционные заболевания дыхательных путей (3,7 млн. жертв). Затем идут туберкулез (2,9 млн. чел), диарея (2,5 млн. чел), СПИД (2,3 млн. чел), малярия (1,5 млн. чел). На сердечно-сосудистые заболевания приходится 29% всех умерших, на рак - 12% [172-200].

Система здравоохранения в России в последние годы находится в кризисном состоянии, причем бесплатное социальное медицинское обслуживание из-за нехватки средств постоянно деградирует. Как результат этого, а также по экологическим и социальным причинам снижается физическое и психическое здоровье населения. Наблюдается рост заболеваемости туберкулезом, сифилисом, СПИДом, т.е. болезнями с ярко выраженной социальной причинностью. Масштабы их роста таковы, что они приобретают характер эпидемий. На рис 9.2 приведены кривые роста числа ВИЧ(вирус иммунодефицита человека, вызывающий СПИД)- инфицированных людей и умерших в результате СПИДа за последние 20 лет в мире. Скорость роста ВИЧ инфицированных в Африке так высока, что согласно экстраполяции подобных кривых для Ботсваны, Мозамбика, Намибии, Южной Африки, к 2020 году в этих странах количество трудовых ресурсов может уменьшиться на три четверти по сравнению с нынешним уровнем. В России к настоящему времени зарегистрировано более 200 тыс. ВИЧ-инфицированных, в том числе 20 тыс. детей получивших эту болезнь от родителей [200].

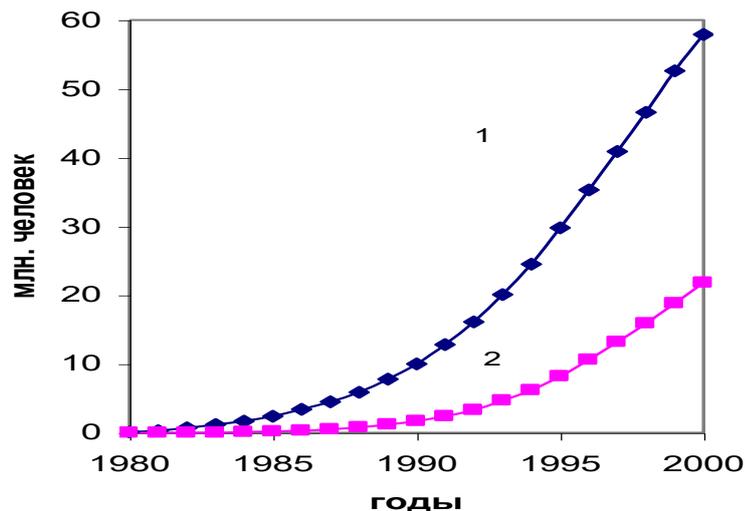


Рис.9.2. Динамика ВИЧ инфицированных (1) и суммарное число умерших от СПИДа (2) за 1980-2000 г.

Наряду с этим опасно повышается число психических заболеваний. Это происходит потому что 70% населения живет в состоянии затяжного психоэмоционального и социального стрессов, вызывающих рост депрессий, реактивных психозов, тяжелых неврозов и психосоматических расстройств. Услугами психиатров России пользуется 6 млн. чел. - пятая часть от нуждающихся.

Но самой опасной является тенденция ухудшения материнского и, особенно, детского здоровья. Исследования показывают, что складывается парадоксальная ситуация, когда проблемы здоровья перемещаются с групп престарелого населения в группы детей и молодежи. Это противоречит естественным процессам, при которых человек теряет свое здоровье с возрастом. Кроме того, отмечено, что происходит снижение здоровья каждого последующего поколения. Это, в свою очередь, чревато снижением качества человеческого потенциала всей нации на длительную перспективу: большое поколение не может воспроизводить здоровых.. Достаточно напомнить, что лишь 10% детей оканчивают школы здоровыми.

Конечно, в таком состоянии здоровья нации виновата не только система здравоохранения, но прежде всего условия жизни. Однако качество этой системы таково, что она уже не может заметно влиять на состояние здоровья нации, не обладает возможностями исправить положение дел.

Еще одна глобальная проблема социально-биологического характера - генетическая безопасность (или биобезопасность). Эта проблема - следствие появления новой науки и технологии - генной инженерии.

Генная инженерия - это новая технология, появившаяся немногим более 20 лет назад, основанная на переносе четко детерминированных фрагментов генетической информации в используемые организмы, будь то микроорганизмы, растения или животные. Эта порция генетической информации становится неотъемлемой генетической частью организма-реципиента, в результате чего он приобретает новые свойства, которые передаются последующим поколениям. Такой живой измененный организм (ЖИО) называется трансгенным организмом.

Результаты генной инженерии впечатляющи. Достаточно упомянуть, что в 2003 г. уже появились три клонированных ребёнка. С другой стороны детерминированные фрагменты

генетической информации встраиваются в организмы и получаются организмы с новыми свойствами, которых в принципе в природе быть не может. С одной стороны, это дает совершенно фантастические возможности в создании новых пищевых продуктов, щадящих для окружающей среды технологий, новых вакцин. С другой стороны - возможны непредсказуемые последствия этих генетических манипуляций. Новые организмы могут оказаться невстроенными в естественные биологические циклы, угрожать вытеснением существующих организмов, оказаться опасными для сельского хозяйства. Рукотворные микроорганизмы могут стать источниками доселе невиданных болезней. Поэтому требуются условия в обеспечении безопасности генетических исследований и осуществление биотехнологий, их регулирование.

Именно "новизна" ЖИО несет в себе неопределенность оценки воздействия их на человека и окружающую среду, особенно в отделенных результатах. Это, а также глобальные масштабы использования современной биотехнологии и клонирования, в частности, диктуют необходимость создания четкой системы информационно-правового регулирования в области генной инженерии и современной биотехнологии. Подобная система регулирования и есть система биобезопасности. Целью этой системы является определение наличия дополнительных рисков для человека и окружающей среды в процессах получения, обработки и использования новых генно-инженерно-модифицированных организмов и их фрагментов, содержащих рекомбинантную ДНК, а также выработка и проведение мер по предотвращению возможных рисков. В России в 1996 г. принят федеральный закон "О генной инженерной деятельности". Создана Межведомственная комиссия по проблемам генно-инженерной деятельности, осуществляющая руководство системой биобезопасности.

Оценка риска возникновения наследственных (генетических) эффектов вызывает большие трудности в связи с необходимостью длительного наблюдения за очень большой популяцией потомков[175,186,187].

Экологически чистая пища, как элемент здоровья людей

Многие из вышерассмотренных неорганических (минеральных) загрязнителей/тяжелые металлы/, а также органические загрязнения /производные углеводов, пестициды, поверхностно-активные вещества и другие/ по трофическим цепям поступают к более высокоорганизованным живым организмам и в конечном итоге - к людям - предопределяя их экологически зависимые заболевания[114].

Поэтому роль питания, калорийности, состава и качества пищи для сохранения здоровья человека бесспорна. Несбалансированное питание может привести к развитию заболеваний органов пищеварения, возникновению многих эндокринных расстройств, болезней сердечно-сосудистой и мочеполовой систем, врожденных аномалий, болезней крови. Чтобы подчеркнуть особую значимость пищи в предопределении здоровья и продолжительности жизни людей стоит отметить, что самая высокая продолжительность жизни в Японии у населения префектуры Киото и острова Окинава во многом связана с рациональным питанием и употреблением соли [147]. Считается, что это обусловлено весьма хорошо сбалансированным сочетанием в рационе свинины и рыбы, большой долей содержания в нём водорослей и бобовых, а также низким потреблением соли и большим разнообразием свежих овощей

С другой стороны, у жителей района Тохоку -северо-востока острова Хонсю, средняя продолжительность заметно меньше, чем у окинавцев. В Тохоку весьма суровые и снежные зимы, населению приходится запасать на зимние месяцы солёную рыбу и овощи. В результате они потребляют соли в два раза больше, чем окинавцы. Стоит также отметить, что многие блюда традиционной японской кухни готовятся без тепловой обработки, с использованием ферментированного продукта, например, такие приправы как

мисо(изготавливается мисо из распаренных и размятых соевых бобов смешанных с зерном пшеницы, ячменя или риса) или сею(соевый соус). Мисо богато протеином и кальцием, считается, что оно разрушает токсины табака, разлагает холестерин и даже способствует выводу радионуклеидов[200-203]. Некоторые реперные величины потребления пищи в мире и, в частности, в Японии приведены в таблице согласно [201-203]. Не соблюдение технологии изготовления пищевой продукции(как например, на северном Кавказе на Кропоткинском молочном комбинате в 2002 г.) или попадание сточных фекальных вод в водозабор приводит к массовым поражениям людей дизентерией, гепатитом С и к иным болезням. Поэтому чрезвычайно важно осуществлять мониторинг и контроль состояния питьевой воды и пищи на основе требований СанПиН 2.3.2.560-96

Таблица 9. 6.

Некоторые реперные параметры потребления пищи [201-203]

Параметр	Величина параметра
Потребность человека: в энергии (ккал*сут) в белках(г/сут)	2385 38.7
Состав продуктов питания человека в % :	
мясо и птица	12
рыба	14.5
пшеница	20
рис	51
Физиологическая норма потребления человеком рыбы(кг/чел.год)	21
средний уровень потребления в мире	18.2
в Японии	30
другие развитые страны	23.8
Доля рыбы в пищевом рационе населения(%):	
Японии	20.8
Филлипины	18.6
Норвегия	10.8
Испания	6.3
Производства зерна,(мясо) рыбы в 1998 г.(кг/чел)	312,(36.4),15.8

9.4. Эпидемии. Эпидемия (греч. epidemia; от еpi-на, demos-народ) – распространение какой-либо инфекционной болезни человека, значительно превышающее обычный уровень заболеваний на данной территории. В основе эпидемий лежит эпидемический процесс, т.е. непрерывный процесс передачи возбудителя инфекции и непрерывная цепь последовательно развивающихся инфекционных состояний (заболевание, бактерионосительство, распространение) в коллективе. Возбудителями заболевания являются болезнетворные микробы и вирусы [22,206-212].

Микробы (от греч. micros-малая величина чего-либо и bios-жизнь) – собирательное название бактерий и микроскопических грибов, т.е. микроорганизмов, исключая простейшие и вирусы. Иногда микробами называют все микроорганизмы.

Бактерии – группа микроскопических, преимущественно одноклеточных микроорганизмов, относятся к “доядерным” формам, т.е. не обладающим оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. Наследственная информация реализуется через дезоксирибонуклеиновую кислоту. Питаются, используя органические вещества или создавая органические вещества клеток из неорганических. Участвуют в круговороте веществ в природе. Патогенные (болезнетворные) микробы – возбудители болезней растений, животных и человека.

Вирусы (от лат. *virus*-яд) – мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислоты и белковой оболочки. Вирусы – внутриклеточные паразиты, они размножаются только в живых клетках. Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК – высокомолекулярные органические вещества. Они присутствуют в клетках всех живых организмов и выполняют важнейшие функции по хранению и передаче генетической информации; участвуют в механизмах, при помощи которых она реализуется в процессе синтеза клеточных белков.

Основными специфическими свойствами микробов – возбудителей инфекционных заболеваний являются: способность передаваться от больного к здоровому и таким образом распространяться среди людей и вызывать массовые заболевания; наличие скрытого (инкубационного) периода; сложность процесса диагностики; способность некоторых возбудителей длительное время сохраняться в воде, продовольствии, почве, на различных предметах, одежде, а также в организме насекомых; трудности обнаружения во внешней среде.

Основные пути передачи инфекции:

контактно - бытовой – при общении с больными людьми и животными, потреблении зараженной воды и пищи, соприкосновении с зараженными предметами, одеждой;

воздушно - капельный – при чихании и кашле больного в местах скопления людей (общественном транспорте, на производстве, в кино, театре и т.д.);

при укусах грызунов, клещей, насекомых – живых переносчиков заболеваний.

В зависимости от масштабов заболевания различают:

спорадическая заболеваемость – единичное инфекционное заболевание;

эпидемическая вспышка – групповое заболевание на ограниченной территории;

эпидемия – значительное превышение заболеваемости данной инфекционной болезнью в районе, области и т.д.;

пандемия – распространение заболевания на больших территориях, иногда ряда стран.

Следует отметить, что эпидемии и особенно пандемии могут иметь характер настоящих стихийных бедствий. Примерами могут служить эпидемии проказы и оспы в XI – XIV веках в Европе и Азии, эпидемия чумы в XIV веке в Европе (погибло 25 млн. человек, т.е. около четверти населения Европы), шесть последовательных эпидемий холеры в 1817-1917 г.г. в Европе, Индии, Америке, эпидемия оспы в 1913 г. в России (свыше 152 тыс. случаев), эпидемия гриппа (испанки) в 1918-1920 г.г., когда в Западной Европе умерло свыше 20 млн. человек – почти столько же, сколько погибло в течение первой мировой войны [1].

Эпидемии время от времени возникают и в последнее время. Например, только благодаря чрезвычайным мерам были своевременно ликвидированы очаги холеры на юге нашей страны, в частности в Астрахани в 1970г.

Некоторые опасные инфекционные заболевания [206-212]:

Холера – острое карантинное заболевание человека]. Возбудитель болезни холерный вибрион. Вибрионы – бактерии, имеют форму коротких, изогнутых в виде запятой палочек. Способны к быстрым колебательным движениям – отсюда их название. Обитают в водоемах, почве, содержимом кишечника. Заражение человека происходит при попадании вибрионов в

желудочно-кишечный тракт с зараженной водой, пищей, возможен перенос возбудителя мухами. Главный путь – водный, вследствие спуска неочищенных сточных вод в открытые водоемы. Инкубационный период 2-3 суток. Далее водянистый понос (30-40 раз в сутки), рвота, явления интоксикации. В результате потери воды происходит обезвоживание организма, падает кровяное давление, появляются отдышка, судороги, температура больного понижается до 34⁰-35⁰. Состояние больного очень тяжелое.

Исторический эпидемический очаг холеры – бассейн рек Ганга и Брахмапутры в Индии, что обусловлено влажным климатом, высокой плотностью населения, использованием необеззараженной воды для питья. Из Индии холера заносилась в другие страны: Афганистан, Иран, страны Юго-Восточной Азии и дальнего Востока. С 1817 г. по 1926 г. наблюдалось 6 пандемий. В Россию холера заносилась из Ирана, Афганистана, Турции сначала обычно в Астрахань, Закавказье, Среднюю Азию. В 1848 г. в нашей стране холерой заболело 1,7 млн. человек, из них умерло 700 тыс. человек. Опасная вспышка холеры имела место на юге страны в 1970 г. Благодаря своевременно принятым мерам угроза эпидемии была ликвидирована.

Чума – острое карантинное заболевание человека [208]. Возбудитель болезни – чумная бактерия. Характеризуется природной очаговостью, связанной с пустынным, степным и предгорным ландшафтом. В очаге эпидемический процесс поддерживается определенными видами грызунов. Эпидемическая опасность увеличивается при заносе возбудителей чумы в популяции связанных с человеком грызунов, например, крыс. Заражение человека происходит трансмиссивным (через блох) и редко – контактным путем, заражение от человека – через блох. Инкубационный период 2-6 суток. Далее озноб, головная боль, температура поднимается до 40⁰, интоксикация, помрачение сознания, симптомы поражения оболочек мозга. При бубонной чуме появляются бубоны (бубон – от греч. *bubon* – пах, опухоль в паху) – увеличение лимфатических узлов воспалительного характера; при легочной – симптомы воспаления легких (в последнем случае возможна передача инфекции воздушно – капельным путем). Болезнь протекает очень тяжело. Как отмечалось ранее, при эпидемии чумы в XIV веке в Европе погибло 25 млн. человек.

Оспа (натуральная) – карантинное заболевание человека, характеризующееся высокой заразностью, своеобразной узелково-пузырьковой сыпью, оставляющей после себя рубцы, оспины [22,206]. Возбудитель – фильтрующий вирус. Источник инфекции – больной человек. Вирус передается через воздух (с капельками слизи, пылью) и реже через предметы (белье, игрушки). Инкубационный период 5-17 суток, в среднем – 14 суток. Далее – резкое повышение температуры (до 40⁰), мучительная головная боль, тошнота, боль в области крестца. Потом появляется сыпь в виде неярких красных пятен на лице, туловище, конечностях. Сыпь проходит несколько стадий развития: узелки, пузырьки, гнойнички. Заболевание длится 35-45 суток.

Упоминания об оспе встречаются в древнеегипетских и древнекитайских рукописях, описаниях врачей Древней Греции и Рима. В XII веке оспа была занесена из Азии в Европу при крестовых походах; в XVI веке на кораблях Д. Кортеса – из Европы в Америку. В России упоминание об этой болезни встречается в летописях XV века. В XV – XVII веках эпидемии оспы в Европе уносили сотни тысяч человеческих жизней и обезображивали лица выживших.

В борьбе с оспой важное значение имеют профилактические мероприятия – противооспенная прививка всему населению. В нашей стране оспа ликвидирована окончательно в 1937 году.

Проказа (лепра) – опасное инфекционное заболевание [62,63,68]. Возбудитель – один из видов микробактерий. Считают, что возбудитель проказы проникает в организм здорового человека через слизистые оболочки верхних дыхательных путей и поврежденную кожу.

Инкубационный период 4-6 лет (иногда 10-20 лет и более). При заболевании поражается кожа, слизистые оболочки, лимфатические узлы, нервные стволы, внутренние органы. На лице, реже на предплечьях, голених и других местах образуется множество полусферической формы инфильтратов (лепромы) синюшно – коричневого цвета величиной до лесного ореха с блестящей сальной поверхностью. Инфильтраты на лице придают ему вид “львиной морды”. Они могут сохраняться многие месяцы и даже годы с последующим превращением в рубцовую атрофию с пигментацией или же распадом с изъязвлениями.

Проказа была известна с древних времен (до Новой Эры) на Ближнем Востоке, в Китае, Индии, Японии. В XX веке она наблюдается в Африке, Азии, Центральной и Южной Америке. Число больных – несколько миллионов человек (в 1974 г. – 10 млн. человек [22,206]). Способствуют распространению болезни антисанитарная обстановка, скученность населения, плохое питание, авитаминоз. Больных проказой изолируют и лечат в специальных учреждениях – лепрозориях.

Грипп (инфлюэнца) – быстро распространяющееся среди населения острое вирусное заболевание дыхательных путей [211]. Возбудитель болезни – вирус гриппа. Известны несколько видов вируса гриппа. Характерная особенность некоторых из них – непрерывная изменчивость свойств, сопровождающаяся периодическим возникновением новых подтипов, не вызывающих у заболевших перекрестного иммунитета. Источник инфекции – больной человек, реже – здоровый вирусоноситель. Заражение в основном воздушно – капельным путем: при кашле, чихании, разговоре с больным. При заражении наблюдается короткий инкубационный период (1-2 дня) с последующим быстрым развитием болезни. В начале умеренные по интенсивности раздражения слизистых оболочек носовых ходов, глотки, зева, гортани, бронхов сопровождаются интоксикацией организма, которая вызывает резкий упадок сил, общую “разбитость”, головную боль. Появляются озноб, выделения со слизистых оболочек носовых ходов (сопли), конъюнктивит, повышается температура. Часто развиваются осложнения бактериального происхождения: воспаление среднего уха, тонзиллит, ларингит, пневмония, менингоэнцефалит. Как последствия общей интоксикации возможны опасные поражения сердечно-сосудистой системы.

Некоторая часть населения не считает грипп серьезным заболеванием. Поэтому можно видеть заболевших людей в общественном транспорте, на производстве, что приводит к распространению инфекции. Такое отношение к болезни – опасное заблуждение. Следует напомнить, что в 1918-1920 г.г. от эпидемии гриппа умерло 20 млн. человек.

С целью предупреждения возникновения и распространения эпидемии гриппа проводится массовая иммунизация населения гриппозной вакциной из ослабленных вирусов. При заболевании – изоляция больного на дому, постельный режим. Методы лечения направлены на облегчение интоксикации введением иммунного глобулина и на подавление бактериальной микрофлоры применением антибиотиков.

Тиф (то греч. typhos – дым, помрачение сознания) – острое инфекционное заболевание человека [22,206-212]. Различают несколько видов тифа.

Сыпной тиф. Возбудитель – риккетсии Провачека. Риккетсии – мелкие безлетворные бактерии размером не крупнее некоторых вирусов. Относятся к внутриклеточным паразитам, т.к. размножаются только в клетках хозяина. Источник болезни – больной человек. Переносчик возбудителя – вши (чаще всего платяная вошь), которые заражаются при сосании крови больного и спустя 5-6 суток способны распространять инфекцию. Заражение человека происходит при втирании в кожу (расчёсы) или при попадании на слизистые оболочки экскрементов вшей. Эпидемии сыпного тифа наблюдаются во время войн, голода и других социальных бедствий, сопровождающихся нищетой, ухудшением социальных условий жизни (отсюда установившиеся названия “голодный тиф” или “военный тиф”). При заражении имеет

место инкубационный период от 3 до 20 суток, в среднем ~12 суток. Далее повышение температуры до 40⁰, мучительная головная боль. На 4-5 сутки на теле человека появляется сыпь, не распространяющаяся на лицо. Нарушение сознания.

Лечение: антибиотики тетрациклиновой группы; средства, уменьшающие интоксикацию; сердечно-сосудистые препараты. Важно полноценное питание, уход за больным. Основа профилактики – борьба с вшивостью. Распространение эпидемии прекращают путем ранней изоляции больных, санитарной обработкой в очаге.

Возвратный тиф. Характеризуется периодическими лихорадочными приступами. Возбудители – спирохеты (от греч. *speira* – изгиб, виток и *chaite* – волос) – бактерии, клетки которых имеют вытянутую спирально извитую форму. Различают эпидемический (вшивый) тиф и эндемический (клещевой) тиф.

Эпидемическим тифом болеет только человек. Переносчик инфекции – платяные вши. Спирохеты попадают в кровь здорового человека через ранки, царапины, расчёсы, при раздавливании вшей. Проникнув через ранку, спирохеты попадают в общий ток крови, далее – в селезёнку, печень, центральную нервную систему. Инкубационный период от 2 до 14 суток. Потом – озноб, быстрое повышение температуры до 40⁰-41⁰. У больного появляется слабость, сильные мышечные боли, особенно резкие в области икроножных мышц, у многих – повторные носовые кровотечения. Кожа сухая, горячая, слегка желтушная. Пульс учащен. Увеличиваются селезенка и печень. Первый лихорадочный приступ продолжается 5-8 суток. Потом температура падает до нормальной, что сопровождается обильным потом. Наступает период нормальной температуры называемый аппрексией. Он длится 6-8 суток. Внезапно после озноба температура снова резко повышается – начинается второй приступ болезни (3-5 суток), затем аппрекия. Через 8-12 суток – третий приступ. Лечение в лечебных учреждениях. Профилактика – раннее выявление больных и их госпитализация. Борьба с вшивостью.

Эндемический тиф относится к природно-очаговым инфекциям. Очаги эндемического тифа находятся в Африке, Азии (Иран, Ирак, Афганистан, Китай), Центральной и Южной Америке, в Европе – Испании. Носители инфекции – грызуны, переносчики – клещи. Течение болезни сходно с описанной выше картиной заболевания, но отличается некоторой мягкостью. Заболевание таким тифом чаще всего наблюдается весной и летом среди людей, впервые прибывающих в местность природного очага (экспедиции, командировки, военные части).

Брюшной тиф. Болезнь наблюдается только у человека. Больной выделяет брюшнотифозные бактерии с испражнениями и мочой. Бактерии размножаются в воде, молоке, на овощах и фруктах. В переносе бактерий определенную роль играют мухи. Заражение происходит при попадании бактерий в организм здорового человека через рот с поверхности загрязненных рук. Инкубационный период 10-14 дней. Потом ухудшение самочувствия, снижение аппетита, головные боли, температура постепенно повышается. Кожа на лице становится бледной. Язык покрывается серым налетом. Живот вздут. Печенка и селезенка увеличены. В конце третьей недели болезнь может осложниться кишечным кровотечением, прободением кишечной язвы, воспалением легких, тромбофлебитом. Болезнь длится 3-6 недель. Больной обязательно госпитализируется. Лечение – антибиотиками.

Дизентерия – острое инфекционное заболевание человека с поражением толстого кишечника (понос) и общей интоксикацией организма [62-65,71]. Возбудитель болезни – бактерии рода шигелл. Заражение от больного и бактерионосителей через воду, пищу, мух, грязные руки. Способствуют распространению инфекции антисанитарная обстановка (особенно в местах общественного питания, туалетах), пренебрежительное отношение к личной гигиене. В обиходе: “дизентерия – болезнь грязных рук”.

Чумой XX века называют инфекционное заболевание СПИД – синдром приобретенного иммунного дефицита [72]. Характеризуется патологическим состоянием, при котором в результате поражения иммунной системы ослабляются защитные силы организма. Заболевание вызывается вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ). Источник инфекции – носитель вируса. По данным ООН к началу XXI века число заболевших СПИД и зараженных ВИЧ составляло ~36 млн. человек.

Заражение: главным образом при половых контактах (особенно при гомосексуальных); от больной матери – плоду во время беременности; при родах, во время кормления новорожденного грудью; при переливании крови, инъекциях. Первые проявления болезни: лихорадка, воспаление лимфоузлов и некоторые специфические изменения – возникают от трех суток до нескольких месяцев после заражения. Период вторичных проявлений длится от нескольких месяцев до 8-10 лет и завершается формированием СПИД, который в течение 1-5 лет приводит больного к смерти (в силу резкого ослабления защитных свойств организма возникают различные поражения, преимущественно вызываемые различными вирусами).

Необходимо отметить, что на распространение рассмотренных выше инфекционных заболеваний оказывают влияние: условия жизни людей, иммунитет (невосприимчивость к данным заболеваниям), уровень общей санитарной культуры населения, состояние лечебно-профилактической и санитарно-профилактической работы, направленной на предупреждение распространения инфекционной болезни, достижения медицины в изучении этих болезней, обеспечение лекарствами и другие факторы. При возникновении очага инфекционного заболевания на зараженной территории проводятся специальные лечебно – профилактические мероприятия (вводится карантин или обсервация).

Эпизоотии представляют собой широкое распространение болезней животных в районе или стране, а иногда даже на целом материке. К числу наиболее известных заболеваний животных относятся: сап, ящур, пситтакоз, туляремия, сибирская язва, коровье бешенство/губчатая энцефалития/, птичий грипп и др. В 1997г, в 2003 и 2004г. в инфекционном треугольнике Китай-Гонконг-Таиланд в результате птичьего гриппа заразились и были уничтожены несколько миллионов домашних птиц кур, гусей и уток, что сопровождалось гибелью нескольких десятков людей. Дикая кошка виверра стала носителем корона-вируса ,мутация которого привела к поражению атипичной пневмонией нескольких тысяч людей в 2003г. Следует отметить, что при общении человека с больными этими болезнями животными межвидовой барьер препятствует поражению людей. Если же это случается, то по причине сбоя иммунной системы человека. Некоторые инфекционные заболевания поражают животных отдельных видов, например, чума крупного рогатого скота, свиней, птиц и т.д.

Большой ущерб народному хозяйству наносит массовое распространение саранчи, колорадского жука, совки, майского жука, сибирского шелкопряда, термитов. В прошлом в низовьях рек, впадающих в Каспийское, Азовское и Черное моря, двигались целые тучи саранчи. Саранча передвигалась со скоростью до 0,5 км/час, уничтожая на своем пути буквально все. Её личинки двигались по земле в таких количествах, что были случаи пробуксовки колёс и остановки поездов на железной дороге. Саранча до сих пор наносит ни с чем не сравнимый ущерб сельскому хозяйству в ряде стран Африки, Азии и Ближнего Востока. Так в Сомали стая саранчи в 1958 г. уничтожила за день 400 тысяч тонн зерна. Губительные нашествия саранчи наблюдались в 1950-1963 г.г. Налётам саранчи подвержено почти 20% территории суши земного шара [22].

Вспышки распространения биологических вредителей наблюдалось в нашей стране и во второй половине XX века. Например, большой вред лесонасаждениям, особенно хвойным деревьям, нанес сибирский шелкопряд. От него в Восточной Сибири погибли сотни тысяч

гектаров хвойной тайги, прежде всего кедровой. В 1973 г. чрезвычайно опасная вспышка сибирского шелкопряда в кедровых лесах Присяянья в Зиминском и Черемховском районах была ликвидирована с помощью лесной авиации, биологических и химических средств (распылением хлорофоса) [22].

Эпифитотии – заболевания растений. К наиболее опасным заболеваниям растений в нашей стране относятся: ржавчина хлебных злаков, при поражении которой потери составляют 40...70%; фитофтороз, или картофельная гниль, при котором поражаются грибом листья, стебли и клубни картофеля; пиокулариоз риса – грибковое заболевание, потери могут достигать ~90% и др. [206-212].

Гибель и болезнь растений могут явиться также следствием неправильного применения различных химических веществ, которые используются для уничтожения сорняков и дикорастущих кустарников, удаления или подсушивания листьев сельскохозяйственных растений, а также как стимуляторы роста и созревания.

Гербициды применяют для уничтожения или частичного подавления растительности, кустарников и деревьев. По характеру действия на растения гербициды разделяются на гербициды сплошного действия, уничтожающие и подавляющие растения всех видов, и гербициды избирательного действия, поражающие растения отдельных видов. Избирательность действия зависит от доз, сроков и способов применения. При большей дозе на единицу площади гербицид избирательного действия может вызвать гибель всех растений.

Дефолианты – вещества, вызывающие опадание листьев вследствие их обезвоживания. Листья становятся светло-серыми, сморщиваются, постепенно подсыхают и спадают; через четверо суток спадает ~75% листьев, к 12-му дню ~90%.

Десиканты – препараты, применяющиеся для высушивания листьев растений, кустарников, деревьев. На обрабатываемых десикантами деревьях листва изменяет окраску и может длительное время не спадать, резко выделяясь на общем фоне зелени.

При возникновении очага инфекционного заболевания вводятся карантин или обсервация.

Постоянные карантинные мероприятия в отношении людей, животных и растений осуществляется также таможенными на государственных границах.

Карантин – это система противоэпидемических и режимных мероприятий, направленных на полную изоляцию очага заражения от окружающего населения и ликвидацию инфекционных заболеваний в нем. Вокруг очага устанавливается вооруженная охрана, запрещается въезд и выезд, а также вывоз имущества. Снабжение карантинизированных производится через специальные пункты под строгим медицинским контролем.

Обсервация – это система изоляционно-ограничительных мероприятий, направленных на ограничение въезда, выезда и общения людей на территории, объявленной опасной, усиление медицинского наблюдения, предупреждение распространения и ликвидацию инфекционного заболевания. Вводится при установлении возбудителей инфекции, не относящихся к группе особо опасных, а также в районах, непосредственно соприкасающихся с границей карантинной зоны.

Некоторые данные об условиях введения карантина и обсервации приведены в табл. 9.7 [22]

Таблица 9.7

Условия введения и сроки карантина и обсервации.

Возбудитель	Средний инкубационный период, сутки	Опасность больного для окружающих	Срок обсервации, сутки	Срок карантина и условия его введения
Чумы	1-3	Очень опасен	-	6 суток
Холеры	1-3	Очень опасен	-	6 суток
Сибирской язвы	1-3	Мало опасен	8	Может устанавливаться на 8 суток при массовой заболеваемости и наличии контактного распространения
Туляремии	3-6	Не опасен	6	Не устанавливается
Сапа	2-3	Опасен	14	Может устанавливаться на 14 суток при массовой заболеваемости и наличии контактного распространения
Сыпного тифа	10-14	Опасен, при наличии педикулеза	23	Может устанавливаться на 23 суток при массовой заболеваемости и наличии контактного распространения
Оспы	13-14	Очень опасен	-	17 суток
Ботулинический токсин	до 1	Не опасен	2	Не устанавливается

К основным действиям при борьбе с эпидемиями, эпизоотиями, эпифитотиями и распространением вредителей сельского и лесного хозяйства, а также эпидемическим мероприятиям, проводимым на территории, объявленной зоной карантина или обсервации, относятся следующие мероприятия.

Проведение экстренной профилактики населения антибиотиками (предохранительные прививки), а после установления характера заболевания и его возбудителя – специфической профилактики. Раннее выявление больных, у которых предполагают данное заболевание, изоляция, госпитализация и лечение заболевших. Доставка больным и подвергнутым карантину воды, питания и одежды. Дезинфекция территории, сооружений и имущества. Захоронение погибших. Установление на транспорте, промышленных объектах, предприятиях общественного питания, торговли режима работы, исключающего возможность заноса и распространения инфекции. Противоэпидемические и противоэпифитотические профилактические мероприятия, направленные на предотвращение заболеваний животных и растений. Дезинсекция, биологическая, химическая и механическая борьба с вредителями сельского и лесного хозяйства (опрыскивание, опыление, окапывание канавами очагов распространения вредителей).

Заключение

Некоторые ключевые показатели, влияющие на здоровье, жизнь и безопасность людей приведены в табл.9.8. и сравниваются с их критическим уровнем, считающимся катастрофическим в мировой практике. Как видно из табл.9.8. практически многие основные экологические переменные, характеризующие жизнедеятельность людей в РФ, находятся в за критической области.

Во всём мире минимальный уровень расходов на здравоохранение и экологическую безопасность не менее, чем по 5% от ВВП, тогда как в России около 2% и менее 1% соответственно. Для контраста можно привести среднегодовые затраты на здравоохранение

одного человека в наиболее бедных странах мира (50 долларов или даже менее), в России 9 ,тогда как в США- 4100 долларов [13,114,147,202,203], т.е. в сотни раз больше .То есть в России , по- прежнему ценность человека и его здоровья больше декларируется, чем фактически делается со стороны государства и общества -хотя бы для детей и престарелых.

Таблица.9.8.

Основные показатели жизнедеятельности и их предельно-критические значения для РФ, согласно [2-7,114].

Показатель	Предельно-критическое значение	Значение в 1996 г. в РФ	Значение в 2001 г. в РФ	Вероятные соц.-пол. последствия
Прирост населения,%	1.5	- 0.1	0.0	Превышение смертности над рождаемостью
Средняя продолжительность жизни (лет)	75-79	65	66	Снижение жизнеспособности страны
Доля людей старше 65 лет (%)	7	11	27	Старение населения
% от ВВП на экологическую безопасность	5	0.1	0.1	Угроза экологической катастрофы
Экологические потери, % от ВВП	5	15-20	20	Жизнеопасность окружающей среды
Природноохранные затраты, %	5	2	1	Деградация экологии
Уровень потребления алкоголя, л. абс. на чел. в год	8	15.5	16	Физическая деградация населения
Потребление сигарет в год (шт)		1860	2100	Рост заболеваний рака лёгких и др.

Тем не менее в рамках рыночной экономики, при наличии экономического роста в России в ближайшем десятилетии, кроме увеличения расходов на экологическую безопасность здоровья людей в РФ, значимый вклад в увеличение продолжительности жизни населения страны могут внести продуманные мероприятия на государственном уровне, направленные на борьбу с алкоголизмом, наркоманией, особенно, среди детей и подростков, на снижение уровня инфекционных заболеваний, на снижение уровня гибели мужчин трудового возраста, на повышение жизненного уровня людей и улучшение их социально-бытовых условий, а также мероприятия по защите окружающей среды от различного рода загрязнителей, особенно химических и радиационных.

Глава 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

10.1. Географические информационные технологии безопасности при ЧС

Направлением совершенствования систем мониторинга, включая и космический, является создание глобальных и локальных географических информационных систем (ГИС)[213-221]. Геоинформационные системы базируются на представлении исходных данных с помощью электронных карт.

Геоинформационные системы позволяют:

во-первых, представлять информацию на картографическом фоне в условных знаках и символах, использовать новые возможности по сжатию информации, повысить оперативность ее восприятия, обработки и анализа на всех уровнях управления (восприятие информации при анализе состояния объектов при ликвидации последствий стихийных бедствий без ее привязки к карте вообще становится неточным, а иногда и невозможным);

во-вторых, осуществлять точную адресацию информации в пространстве, что дает возможность проводить ее дополнительную систематизацию для органов управления МЧС России;

в-третьих, наглядно отображать динамику решения многих задач, возложенных на МЧС России [133,201].

Область географических информационных систем (ГИС) является одним из наиболее важных частей мониторинга природной среды и техносферы. Под термином ГИС понимается «организованный набор аппаратуры, программного обеспечения, географических данных и персонала, предназначенный для эффективного ввода, хранения, обновления, обработки, анализа и визуализации всех видов географически привязанной информации». Результаты комплексного мониторинга в том числе и чрезвычайных ситуаций(ЧС) всегда имеют географическую привязку, поэтому оптимальным способом организации анализа сведений о состоянии окружающей среды будет тот, который основывается на ГИС-технологиях (рис.10.1), которые лежат на стыке компьютерной картографии/цифровых-электронных картах/ с базами данных и результатами мониторинга в том числе и на основе дистанционного зондирования[]. ГИС — это типичная система управления базами данных и её разработка началась сравнительно давно — еще в конце 60-х годов ,когда была предпринята первая попытка создать компьютерную систему для управления географическими данными. В начале 70-х годов появились первые коммерческие ГИС, сначала на больших ЭВМ, а потом и на персональных компьютерах. Наиболее известной ГИС, определившей многие пути развития геоинформационных технологий, остается ГИС ARC/INFO, MAP/INFO разработанные исследовательским центром Environment System Research Institute (ESRI), а также ГИС (IDRISI) , которая представляет собою растровую ГИС, которая позволяет проводить хранение, анализ и визуализацию растровых карт и обработку спутниковых изображений, а также имеет возможность работы с векторной информацией, ГИС ArcView удобна при изготовлении карт и географическом анализе) которые служат основным инструментом при создании национальных и региональных систем комплексного мониторинга. Программные средства ARC/INFO работают на компьютерах и рабочих станциях различного типа под управлением операционной системы UNIX, на персональных компьютерах типа Apple Macintosh и PC и включает несколько интегрированных модулей, предназначенных для работы как с векторной географической информацией /точки, ломаные линии, замкнутые контуры/, так и с атрибутивной /текстовой/ информацией, логически связанной с географической:

С практической точки зрения важен синтез комплексной системы сбора информации о потенциально опасных зонах окружающей среды при ЧС как на основе прямых, контактных/наземных/, так и дистанционных измерениях. Такие системы называют

геоинформационными мониторинговыми системами (ГИМС) и они предназначены для систематических наблюдений и оценки состояния окружающей среды [201].

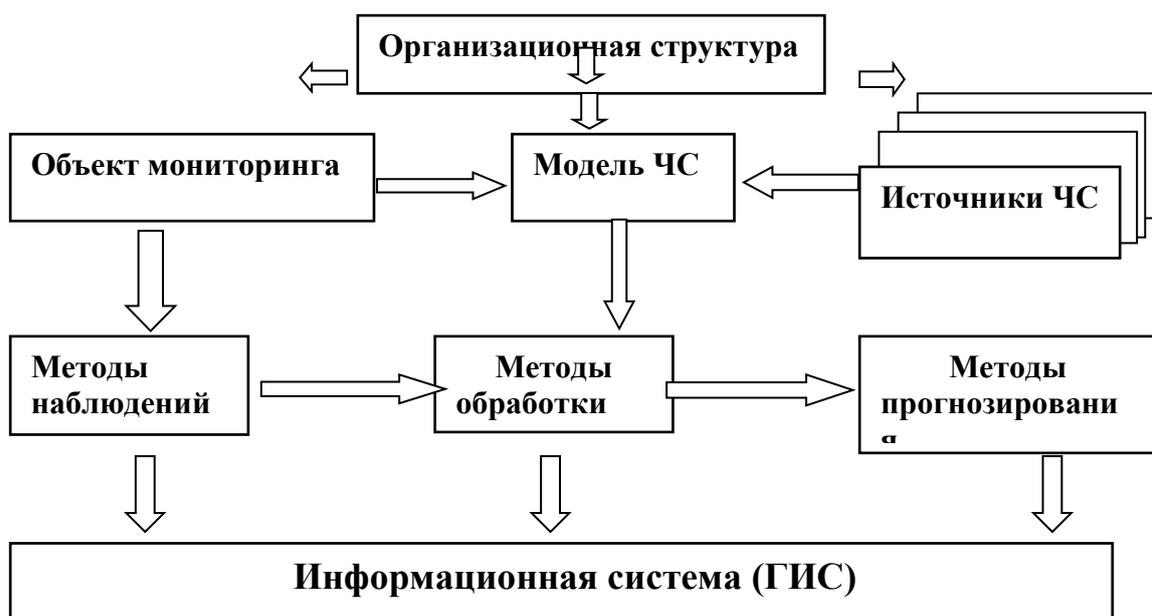


Рис.10.1 Структурная схема системы мониторинга

10.2. Цифровые карты Для создания *цифровых карт* информация о местности была разделена на два типа [216-220]:

- *пространственная* (синонимы: картографическая, векторная) информация, описывающая положение и форму географических объектов и их пространственные связи с другими объектами;

- *описательная* (синонимы: атрибутивная, табличная) информация о географических объектах, состоящая из наборов чисел, текстов и т.п.

Описательная информация может быть организована в базу данных так, что отдельные таблицы могут быть связаны между собой по ключевым полям, для них могут быть определены индексы, отношения и т.п. Кроме этого, описательная информация должна быть связана с пространственной информацией.

Из всей совокупности географических объектов можно выделить родственные объекты, например, реки, которые впадают в другие реки или озера; железные дороги, которые образуют железнодорожную сеть и могут начинаться от другой железной дороги, но не начинаются от шоссе. Такие родственные объекты можно объединить в *покрытия* (coverage), представляющие собой цифровой аналог слоя карты, а иногда и отдельной карты. При этом картографическая информация фрагментируется, что очень удобно, так как позволяет в дальнейшем работать лишь с теми слоями карты, которые действительно необходимы пользователю при решении поставленной задачи.

В последние годы геоинформационные системы (ГИС) стремительно становятся стандартным инструментом для принятия решений в задачах управления ресурсами окружающей среды. Благодаря способности хранить, обрабатывать, анализировать и визуализировать в структурированной электронной форме огромные объемы пространственно распределенных разнородных данных, таких как цифровые карты, базы данных, модели и т.п., ГИС позволяют быстро генерировать синтетическую информацию в ясной для принимающих решения специалистов форме.

Существует особый круг задач, решение которых в значительной степени облегчается или ускоряется при использовании ГИС. К ним можно отнести раннее оповещение о стихийных бедствиях и опасных погодных явлениях, наблюдения за лесными и тундровыми пожарами, контроль за

крупномасштабными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и Мировой океан, контроль за водной и ветровой эрозией почв, определения границ снежного покрова, затопления и разлива рек, агрометеорологические и биометеорологические приложения, обнаружение сигналов изменения и изменчивости климата. Использование ГИС в подобных задачах имеет одну общую характерную особенность, а именно: необходимость усвоения и анализа данных дистанционного зондирования, в особенности от метеорологических радиолокаторов и спутников для исследования окружающей среды.

Однако, цифровая информация с современных средств дистанционного зондирования для исследования окружающей среды, хотя и может быть непосредственно введена в ГИС, в некоторых из которых даже допускается возможность проведения таких процедур обработки, как геометрическая и радиометрическая коррекция, улучшение контрастности и подавление помех, в целом не позволяет образовать информационные слои. Эта информация требует расшифровки и анализа с целью идентификации изображенных на снимках объектов, выполняемого, как правило, вне рамок ГИС с использованием специализированных программных и аппаратных средств. Можно выделить две типовые задачи, решение которых необходимо для превращения спутниковых снимков в информационные слои, составляющие основу для хранения информации в ГИС; 1) компрессия данных, или задача выбора наиболее информативных спектральных диапазонов зондирования; 2) расшифровка изображения в выбранном спектральном диапазоне и идентификация изображенных на снимках объектов. Процесс принятия решений был бы значительно ускорен, если бы решение этих задач было возможно непосредственно в рамках ГИС, да еще в автоматическом режиме.

Столь же актуальной является задача построения с помощью ГИС сводных показателей. Подобная задача возникает при разработке моделей принятия многокритериальных решений в условиях неопределенности и неточной информации путем построения некоторых сводных характеристик, обобщающих различные стороны объекта. Примерами подобных задач может служить оценка различного рода территориальных потенциалов, оценка многофакторного риска стихийных бедствий или степени уязвимости для них определенного района, построение различных индексов, сравнительный анализ по многим критериям.

На рис. 10.2. приведены примеры географически привязанных изображений различных спутников.

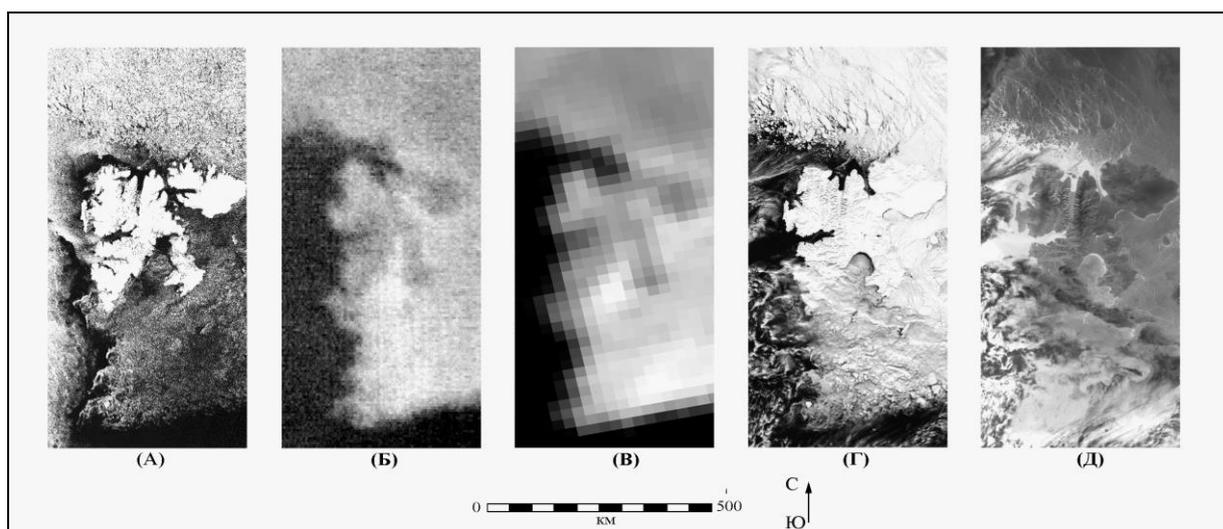


Рисунок 10.2. Примеры данных с различных сенсоров. Регион Шпицбергена. А, Б – Океан-01 №7, РЛСБО и РМ-08, соответственно; В – изображение среднесуточных радиояркостных температур SSM/I; Г, Д – изображения AVHRR в видимом и ИК диапазонах [153,223,224].

10.3. Тематические ГИС. Программа ГИС РСЧС установлена во всех региональных центрах (РЦ) МЧС России. Цифровое картографическое обеспечение представлено картами масштаба 1:1 000 000 в формате Р1М. Кроме того, в ряде РЦ имеются свои собственные разработки по геоинформационному обеспечению деятельности региональных служб. Активно создаются тематические ГИС по отдельным видам чрезвычайных ситуаций. Одной из наиболее развитых ГИС этого плана является геоинформационная система прогнозирования последствий разрушительных землетрясений. Рассмотрим ее несколько подробнее.

Данная ГИС включает комплект программ, который дает возможность хранить, систематизировать и обрабатывать картографическую и семантическую информацию, прогнозировать последствия землетрясений в городах и населенных пунктах, а также обосновывать эффективные сценарии реагирования в пострадавшем регионе. Ее программные средства в целом отвечают следующим требованиям: оперативности; информационности; многофункциональности; блочности построения структуры; наглядности отображения ситуации; масштабированности картографической основы; возможности использования математических и статистических расчетных моделей; сопрягаемости расчетных моделей с картографической основой, а также с данными сейсмологического и гидродинамического мониторинга земной поверхности; пространственной и временной привязке событий и информации; возможности научного прогноза и расчетов по факту события; возможности развития системы.

Геоинформационная система разработана на основе трех взаимосвязанных блоков: картографической базы данных, семантической базы данных и расчетно-аналитического [17].

Блок картографической базы данных содержит цифровые картографические материалы ("электронные карты") четырех уровней — карты:

обзорная Евразии (М 1:5 000 000);

регионов (М 1: 1 000 000);

городов с изображением кварталов (М 1:10 000);

городов с изображением отдельных домов (М 1:2000).

В таком объеме подготовлены "электронные карты" для Камчатского сейсмоопасного региона, разрабатываются для Сахалина, Курильских островов, Алтае-Саянского региона и Северного Кавказа.

Указанный блок обеспечивает: ввод координат эпицентра землетрясения; ввод и редактирование картографической информации; импорт готовых цифровых карт; просмотр и документирование картографической информации, включая выбор территории для отображения на экране дисплея произвольно или по адресным признакам; включение-выключение слоев; уменьшение-увеличение рассматриваемых карт; вывод на принтер любого рассматриваемого на экране фрагмента; возможность запроса в семантическую базу данных и отображение выбранных из нее объектов; картографическое представление информации, полученной при использовании расчетных моделей.

Блок семантической базы данных содержит информацию, которая необходима для решения задач ГИС. Она включает: описание сейсмической активности региона; данные о горно-геологических и климатических условиях; характеристику застройки; сведения о населении региона; данные о сейсмологических и геодинамических наблюдениях; характеристику объектов, являющихся вторичными источниками опасности (взрыво- и химически опасных, гидродинамических); сведения о силах и средствах; данные о натурном опыте ликвидации последствий.

Расчетно-аналитический блок содержит математические модели, которые можно разделить на пять групп: модели воздействия; описывающие сопротивление объектов воздействию;

оптимизационные; прогнозные; оперативные. Каждая модель дает возможность решить определенные типы задач как до землетрясения, так и по факту его возникновения.

Модели воздействия позволяют определить параметры землетрясения с учетом пространственных факторов, а также параметры вторичных источников опасности (взрыво- и химически опасных объектов, гидротехнических сооружений). На основе моделей, описывающих сопротивление объектов воздействию, формируются законы разрушения зданий, поражения людей, проводятся расчеты устойчивости объектов. Оптимизационные модели используются для решения задач по заблаговременному выбору районов дислокации сил и средств, распределения этих сил и средств на локальном и региональном уровнях, по обоснованию технологии ведения аварийно-спасательных работ. Прогнозные модели дают возможность оценить последствия первичного и вторичного воздействия, включая медицинскую, инженерную, пожарную и химическую обстановку в районе воздействия разрушительного землетрясения, а также спрогнозировать индивидуальный риск для населения. С помощью оперативных моделей определяются требуемая численность спасателей, медицинского персонала, личного состава аварийно-технических команд, инженерной техники, а также показатели жизнеобеспечения.

Применение указанных моделей в комплексе дает возможность обосновать сценарии реагирования на разрушительные землетрясения, а это, в свою очередь, будет способствовать сокращению продолжительности поисково-спасательных работ на 3-5 суток и в конечном счете — снижению безвозвратных потерь примерно на 20%. Структура блока базы данных (БД) специализированных ГИС их информационные массивы (ИМ) могут быть объединены в группы. Так, например, для оперативной оценки землетрясений в [] выделены следующие группы ИМ. Первая группа ИМ позволяет детально описывать изучаемое пространство. Она включает цифровые топографические данные, точность, полнота и надежность которых соответствуют Российским стандартам для карт масштабов 1:5 000 000, 1:1 000 000, 1:100 000, 1:10 000, 1:2 000. Мелкомасштабные карты дают общую информацию о топографии района. Крупномасштабные карты позволяют описывать структуру городов, населенных пунктов и отдельных объектов. Карты разломов и инженерно-геологических условий дают геологическую характеристику среды. Эта информация дополняется детальными данными о гидрографии. Структура массива соответствует Российским стандартам для электронных карт. Вторая группа данных предназначена для описания уровня сейсмической опасности. В базу данных ГИС включают карты ОСР-78 и ОСР-97 (М.1:5 000 000), другие более детальные карты (от М.1:1 000 000 до 1:200000) и карты СМР (от МЛ:25 000 до 1:10000) для территорий сейсмоопасных регионов России (Северного Кавказа, Сибири, Алтае-Саянского региона и Дальнего Востока, включая Камчатский регион и Сахалинскую область) и мира. Все упомянутые данные формируют набор тематических карт, таблиц, сетей и графов. В БД включены также каталог сильных землетрясений мира за период с 1900 и для территории России — исторические и инструментальные данные почти за 100 лет. В эту группу данных включены региональные константы макросейсмического поля. Эта же группа ИМ включает данные о других природных опасностях, вторичных инженерно-геологических и техногенных процессах. Третья группа информации позволяет описать различные объекты воздействия (элементы риска). В рассматриваемом случае это население, существующие здания и сооружения, инфраструктура, системы жизнеобеспечения, особо ответственные объекты. Информация о зданиях может быть детальной (тип сооружения, материал, дата постройки, количество этажей и др.), а также обобщенной, например, распределение разных типов зданий в пределах города или его микрорайонов. В [17] приведены характеристики застройки городов Камчатской области. В эту группу данных также входит информация о распределении людей в зданиях и в городе в течение суток. Четвертая группа ИМ объединяет

параметры законов разрушения зданий, поражения людей, а также параметры моделей для определения перечня мероприятий по понижению рисков и оперативному реагированию в случае ЧС. Все четыре группы информационных массивов связаны единым координатным пространством (координатной системой B, L, H) и единой системой мер. В рамках блока математических моделей (ГИС) можно получить: распределение интенсивностей землетрясений, значения максимальных ускорений колебаний грунта и их повторяемость; поля поражающих факторов в случае аварий на потенциально опасных объектах; законы разрушения зданий различного типа, характерного для рассматриваемого региона; законы поражения людей, учитывающие специфику территории; оценки последствий землетрясений, вторичных природных и техногенных процессов; оценки индивидуальных сейсмических рисков, инженерных, экономических и комплексных рисков.

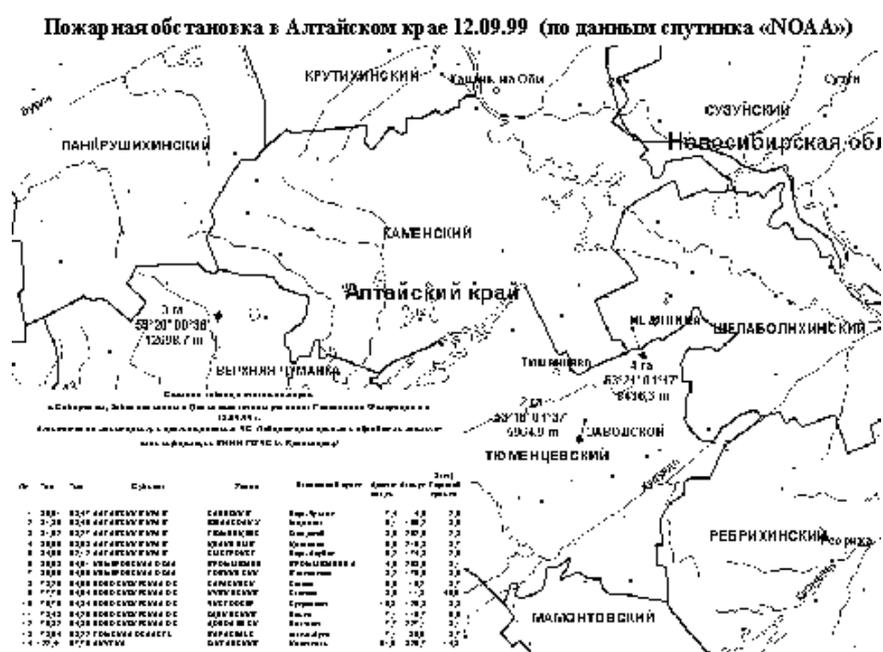


Рис.10.3

В Агентстве МЧС России по мониторингу и прогнозированию ЧС в 1997г. был создан специализированный Центр приема и анализа авиационно-космической, в рамках которого в оперативном режиме можно контролировать возникновение ЧС и проводить мониторинг потенциально опасных объектов и территорий, а также обеспечивать органы управления федерального и территориального уровней информацией для принятия управленческих решений[152,153]. Одной из функций указанной системы является оперативный контроль возникновения, динамики и развития лесных (торфяных, степных) пожаров на территории Российской Федерации. Для решения данной задачи Агентством используются программно-аппаратные комплексы приема и предварительной обработки информации от ИСЗ/ NOAA, "Ресурс-О1" № 3 и др./ разработанные Информационно-технологическим центром (ИТЦ) "СканЭкс" и установленные в г. Москве и Владивостоке, а также станция приема космической информации Института леса СО РАН им. Сукачева в г. Красноярске. Для выделения очагов пожаров и подготовки данных для представления их в органы территориального управления используются пакеты программ ERDAS Imagine и ArcView, а также специальное программное обеспечение, разработанное ИТЦ "СканЭкс" и ВНИИ ГОЧС применительно к компьютерам

типа Pentium. оответствии с имеющимися силами и средствами система позволяет: осуществлять контроль лесопожарной обстановки практически на всей территории Российской Федерации; оценивать и предоставлять информацию о параметрах лесных пожаров: координатах и площади очагов горения, удаленность очагов от объектов инфраструктуры, направление распространения пожаров (рис. 10.3); выявлять зоны и площади задымления от лесных (торфяных) пожаров с указанием населенных пунктов, оказавшихся в зонах задымления (рис. 10.4); обнаруживать не только действующие лесные (торфяные) пожары, но и пожары в стадии начала их развития (без образования дымовых шлейфов) рис.10.5 [153]

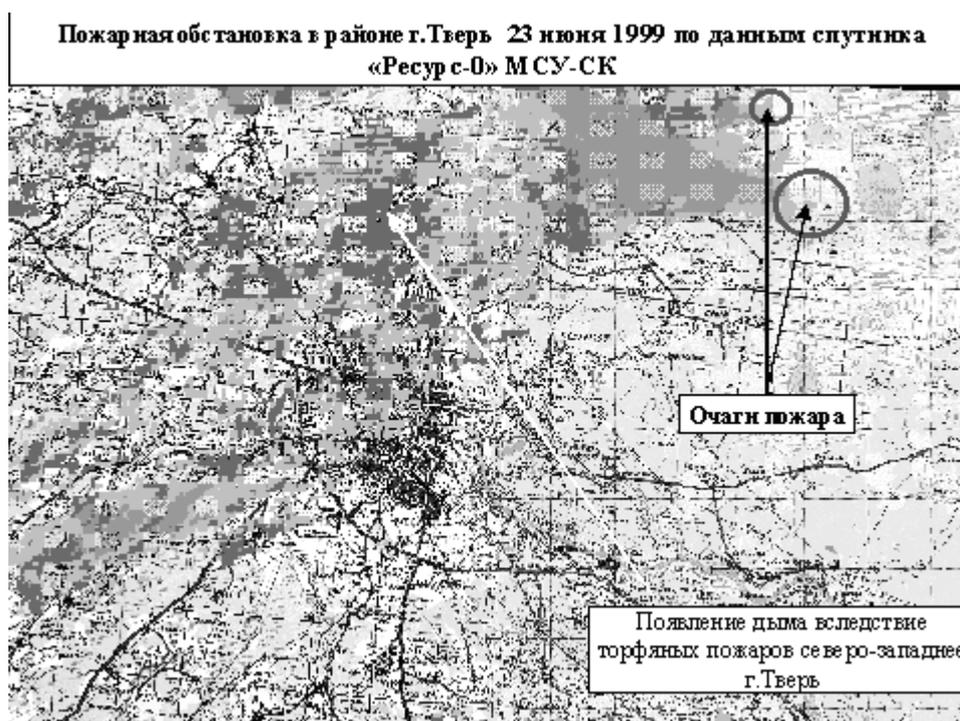


Рис.10.4.

Система обладает следующими характеристиками:

- период обновления информации о лесных пожарах составляет 3-4 раз в сутки;
- время, затрачиваемое на выявление очагов пожаров и подготовку данных для передачи их в органы управления, составляет не более 1 часа;
- минимально обнаруживаемая площадь очага горения составляет около (0,1-0,3 га);
- передача информации в органы управления осуществляется в сети Internet со скоростью до 2 Мбит/с [153].

Другой тип ГИС может быть связан с объектами радиационного риска, и в частности 20 объектов риска (рис.10.6.), включающие 10 российских ОРР (Кольская, Ленинградская, Смоленская, Курская и Билибинская атомные электростанции, ядерный полигон архипелага Новая Земля, базы атомных подводных лодок и захоронения радиоактивных отходов на Кольском полуострове, Камчатке и в Приморье) и 10 зарубежных ОРР - в Литве, Украине, Швеции, Финляндии, Германии и Великобритании [221,222] .

переноса, а также для вероятностного анализа полей за различные временные интервалы (месяц, сезон). Получаемые при статистическом анализе суммарные и осредненные поля в свою очередь являются также индикаторами возможного воздействия ОРР на географические территории, окружающую среду и население. Результаты таких расчётов [221,222] приведены на рис.10.7 и 10.8. При этом модельные расчеты выполняются с интенсивным использованием современных и высокопроизводительных вычислительных систем и ресурсов[222].

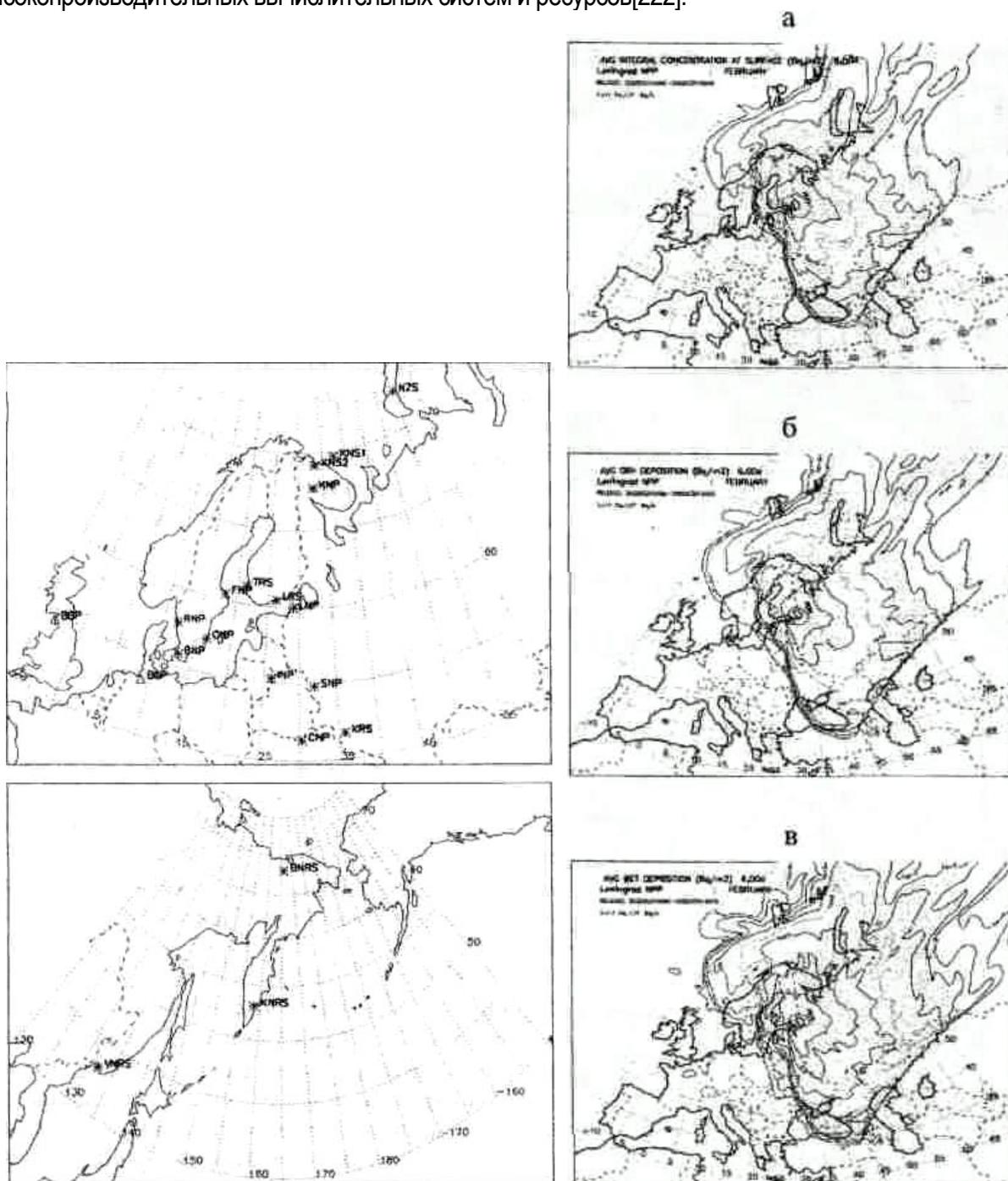


Рис.10.7. Объекты радиационного риска (ОРР) в Северной Европе и на Дальнем Востоке России.(слево)

Рис.10.8. Осредненные поля а) интегральной концентрации, б) сухого и в) влажностного выпадения Cs¹³⁷ на подстилающую поверхность при единичном гипотетическом выбросе в течении месяца (февраль) на Ленинградской АЭС(справо).

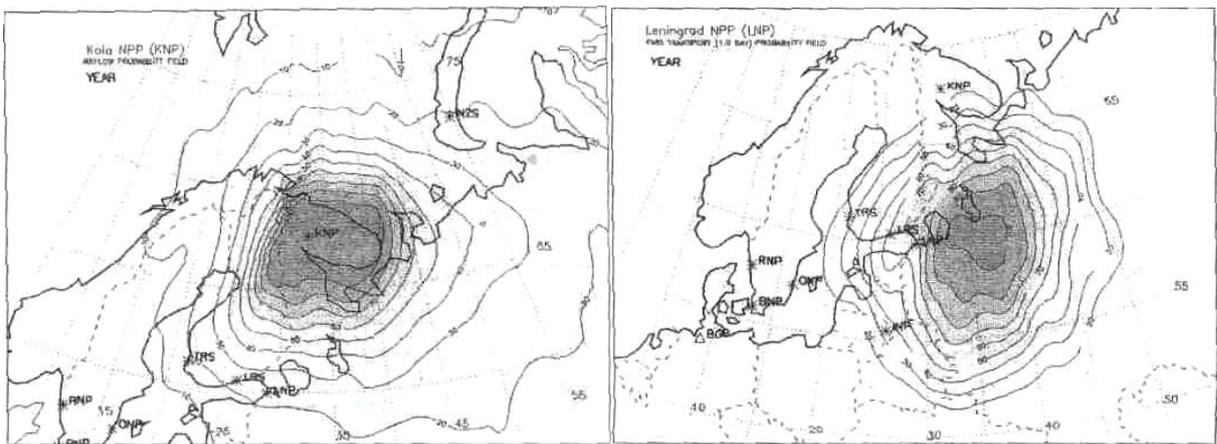


Рис.10.9.Вероятностные поля а) воздушных потоков для Кольской АЭС и б) быстрого переноса для Ленинградской АЭС.

Нефтяное и нефтепродуктовое загрязнение окружающей среды также является одним из наиболее распространенных и опасных и поэтому использование ГИС-технологий на основе дистанционного зондирования в различных участках электромагнитного спектра/как это было показано в главе 8/является одним из приоритетных направлений ,как для исследований, так и их внедрения в практику мониторинга ЧС.

Другим важным направлением применения ГИС- технологий является определения моментов таяния снежного и ледового покрова для задач прогнозирования паводков в регионах сибирских рек России В работе [223,224] проведен анализ и разработан алгоритмов оценивания начала, окончания и длительности периода таяния ледового покрова Арктики,концентрации открытой воды, молодого/однолетнего и многолетнего морского льда.Разработка аппроксиматоров выполнена на основе искусственных нейронных сетей (ИНС)[225,226] для оценок геофизических параметров морского льда по многоканальным пассивным микроволновым спутниковым данным. Для оценки концентрации многолетнего льда использовались многослойные перцептроны.. В качестве входных данных использовались среднесуточные радиояркостные температуры микроволновых радиометров SMMR, SSM/I для каналов с частотой 19ГГц, вертикальной и горизонтальной поляризацией (19h, 19v) и частотой 37ГГц, вертикальной поляризацией (37v). Обучение ИНС проводилось на оценках концентрации многолетнего льда по спутниковым данным среднего и высокого разрешения (Океан-01 и ERS-1). Для обучения был использован комбинированный метод обратного распространения ошибки и эмуляции отжига (случайного поиска)[224].

На рис. 10.10 показано распределение начала, окончания и длительности сезона таяния в Арктике в фазы низких (1979-1988) и высоких (1989-2001) значений индекса арктических осцилляций (АО) на основе спутниковых микроволновых измерений [223,224].

Использование средств аэрокосмического мониторинга позволяет регистрировать чрезвычайные ситуации в разных регионах мира, как например, пожары на нефтепроводах вблизи г. Багдад, делать оценки масштаба ЧС и его последствия (рис.10.11).

Региональные службы МЧС РФ ,как ,например, в г. Санкт –Петербурге используют в своей работе ГИС- MapInfo. Возможности тематического использования такого ГИСа позволяют иметь многослойную географически привязанную информацию в виде карт, таблиц, прогностическую информацию на основе численного моделирования не только адресную информацию , чтобы оперативно привязать тот или иной случай ЧС в городе/ рис. 10.12. с помощью соответствующих кнопок управления можно детализовать адресную информацию до каждого отдельного дома/, но и о химически опасных объектах/например, по хлору или аммиаку/., о перевозке радиоактивных изотопов или радиоактивных отходах, о возможности

затопления тех или иных районов города при различных уровнях подъема воды в р.Неве, данные о высоте зданий и иных объектах, как то шахты и линии метро, сведения об инженерных сетях города и многую другую оперативно-необходимую информацию для ликвидации последствий ЧС.

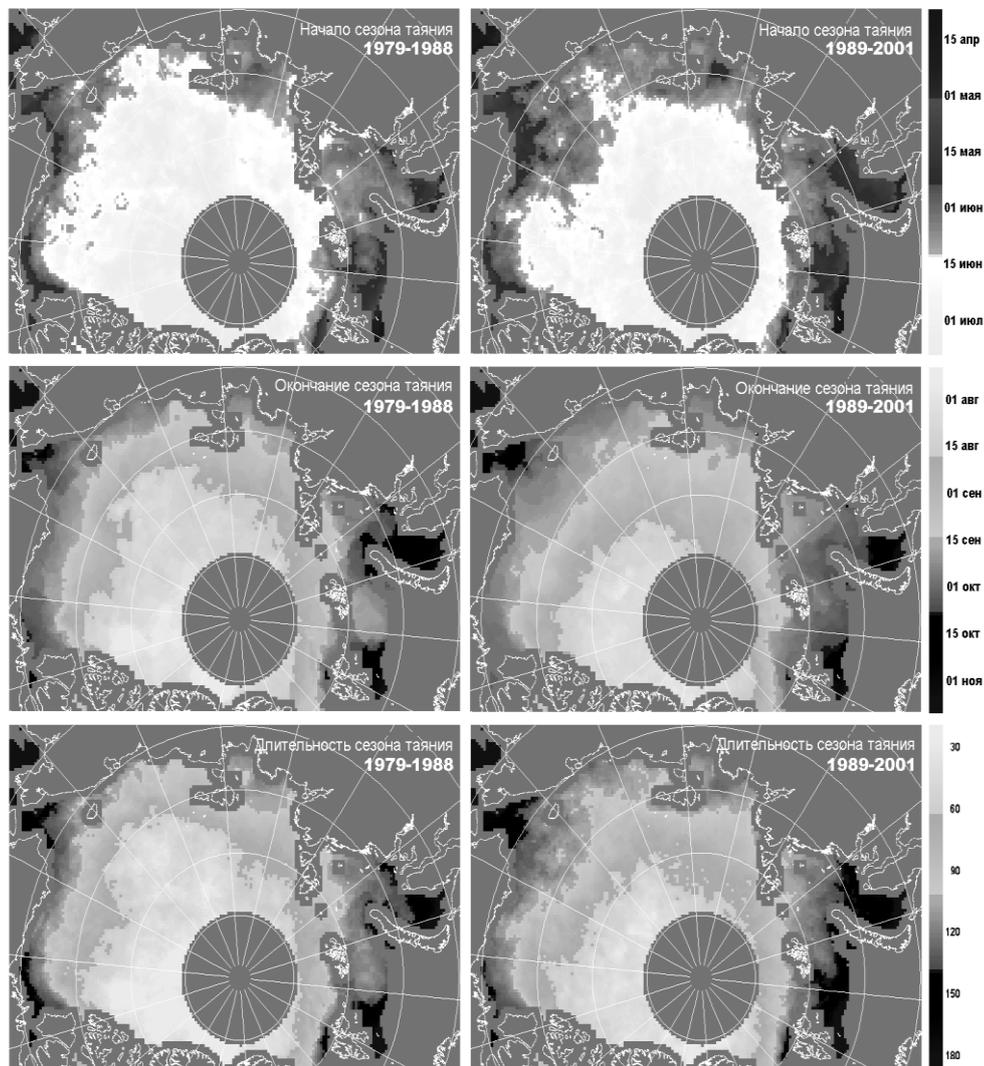


Рисунок 10.10 Карты средних дат начала и окончания сезона таяния и средней длительности сезона таяния в фазы низких (1979-88) и высоких (1989-2001) значений индекса арктических осцилляций.

Как известно при пожарах на предприятиях, на электрических подстанциях и на других объектах . использующих трансформаторы и конденсаторы содержащие масла с полихлорированными бифенилами /ПХБ/ при горении образуются и другие опасные токсические вещества - дибензо-п диоксины и другие экотоксиканты, поэтому важно иметь информацию о таких потенциально опасных объектах со стойкими органическими загрязнителями /СОЗ-диоксины, ПХБ, хлорорганические пестициды/ . Так на рис.10.13. [227] показана схема расположения таких предприятий на которых используются такие масла в

Чрезвычайно важна также информация о радиоактивных, нефтегенных, ртутных загрязнениях, о состоянии основных свалок и других потенциально опасных объектах с тем, чтобы в рамках тематических ГИС можно было бы использовать те или иные имитационные модели при возможных чрезвычайных ситуациях.

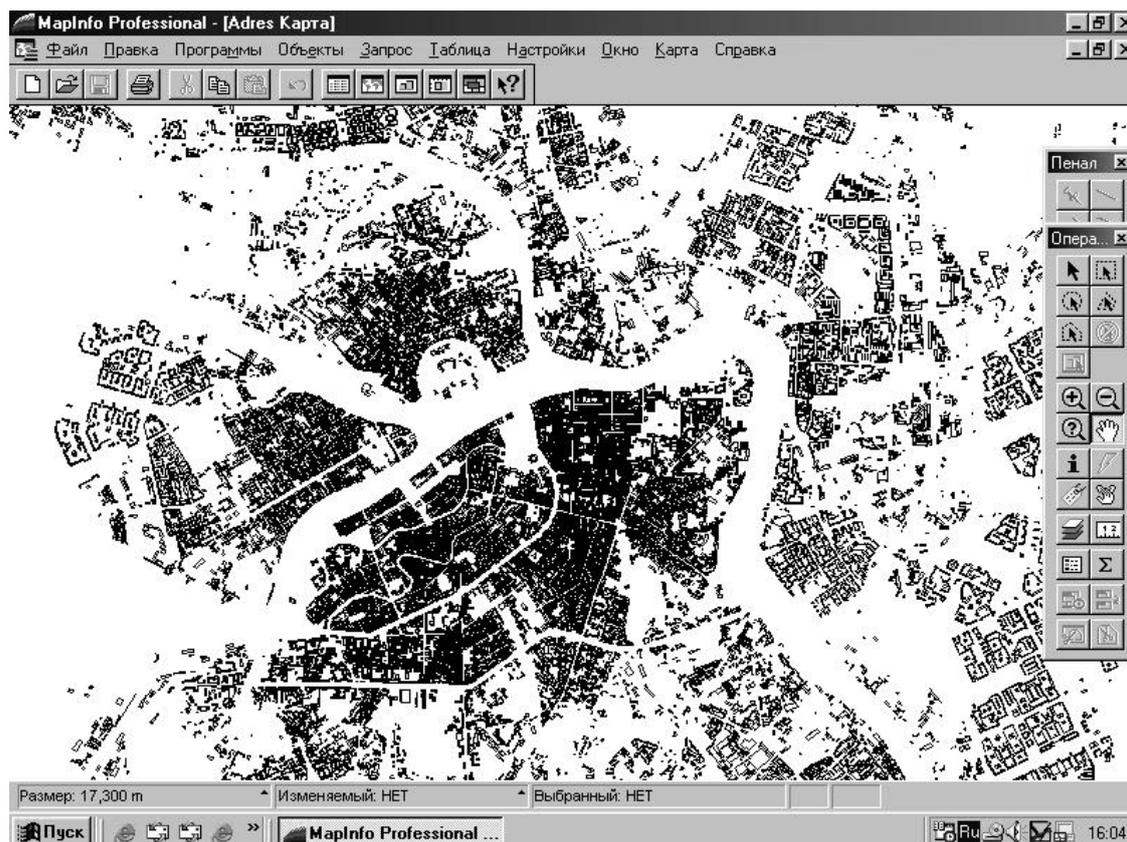


Рис.10.12. Пример использования ГИС в региональном центре МЧС по г.Санкт-Петербург

Все выше приведённые примеры свидетельствуют о значительном потенциале использования ГИС в чрезвычайных ситуациях различного уровня, как на основе дистанционных методов зондирования из космоса, так и в региональных и локальных средствах мониторинга ЧС.

В случаях аэрокосмического зондирования важным является компрессия данных, автоматическая идентификация изображений на снимках объектов, использование алгоритмов распознавания на основе методов максимального правдоподобия, или использующих искусственные нейронные сети (ИНС), так как ИНС способны аппроксимировать широкий класс функций без априорных предположений об их характере распределения и строить решающие поверхности любой формы после соответствующего обучения. Использование современных гиперспектральных сенсоров, разработка новых методов обработки данных и разработка методов ускорения работы существующих нейросетевых алгоритмов позволит значительно улучшить в рамках ГИС-технологий не только регистрацию, но и прогнозирование природных и техногенных катастроф.

Совершенствование и внедрение региональных и локальных тематических ГИС в системе МЧС значительно расширяет возможности оперативной работы в режиме экстремальных или чрезвычайных происшествий.

Заключение

Рост числа чрезвычайных ситуаций в современном мире, который сопровождается увеличением числа жертв и материального ущерба, оценивается по разным источникам от 2 % до 4 % в десятилетие. Изучение и развитие методов мониторинга, борьбы, прогнозирования и предупреждения стихийных бедствий, техногенных аварий, катастроф и терроризма является одной из важнейших задач в XXI веке. В настоящей книге сделана попытка систематизации наших знаний в этой области, а также возможные пути теоретических и практических направлений исследований в решении поставленной самой жизнью задач. И если природные катастрофы фактически предотвратить нельзя, то здесь наиболее важна информационная составляющая, первичная подготовка и профилактика, которая хоть в какой то мере может сократить потери населения и материальный ущерб, например, в сейсмически опасных районах Земли, при угрозе засух и наводнений, при развитии мощных циклонов и ураганов. Создание механизмов предупреждения и прогнозирования техногенных и природных катастроф возможно на основе комплексного наземного, морского и аэрокосмического мониторинга с использованием ГИС-технологий. При этом система сбора и анализа банка исходных данных даёт возможность оперативного моделирования опасных явлений как в экосистеме, так и в техносфере.

Определённые успехи в этом направлении уже есть. Разработаны алгоритмы, например, на основе нейронных сетей, по дешифрированию многоспектральных изображений отдельных аномалий в оптическом, инфракрасном и радиодиапазоне, как на основе активных, так и пассивных сенсоров, по оценке пожароопасности лесных и торфяных массивов, сейсмоопасности отдельных регионов; по картированию лесных пожаров, нефтегенных загрязнений, гидрологического режима рек и озёр, границ снежного и ледового покрова; по определению времени их таяния и т.п.

Тем не менее проблем, нерешённых задач и вопросов в данной области больше, чем решённых. Одним из путей развития этой области является широкое международное сотрудничество и не только в части ликвидации последствий всякого рода ЧС и катастроф, но и в плане прогнозирования природных бедствий и техногенных аварий, профилактики социальных потрясений, борьбы с международным терроризмом и другими проявлениями чрезвычайных происшествий.

Роль интегрирующего начала, способного собрать воедино данные и модели из различных областей знаний, соответствующие информационные потоки, принадлежит компьютерному моделированию, системному анализу и нелинейной динамике, в случае решения сложных нелинейных систем уравнений, описывающих в том числе и редкие катастрофические события. Развитие теории катастроф требует не традиционных подходов в используемых для их описания алгоритмах, новых подходов для более достоверной оценки рисков чрезвычайных событий разного рода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация. Под ред. Кочеткова К.Е., Котлякова К.Е., Забегаева А.В., кн. 1. Ассоциации строительных ВУЗов, М., 1995.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн. 1, 2, 3, 4, 5, М, 1995...2001.
3. Арнольд В.И. Теория катастроф, — М.: Наука, 1990.
4. Воробьев Ю.Л., Локтионов Н.И., Фалеев М.И., Шахраньян М.А., Шойгу С.К. Катастрофы и человек. Книга 1. Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям. М.: «Издательство АСТ-ЛТД» 1997г.,255с..
5. Буланенков С.А., Воронов С.И., Губченко П.П., Избаш Г.М., Кириллов Г.Н., Крючек Н.А., Ларионов В.И.,Мастрюков Б.С, Овсяник А.И., Панов И.В., Попов С.Е., Пучков В.А., Сосунов И.В., Сюрсин В.Н., Ткачев В.Д., Хлобыстан С.И., Цивилев М.П., Чинюк М.В., Чурбанов О.И., Шульгин В.Н. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций- под общ. ред. М.И. Фалеева. - Калуга: ГУП «Облиздат», 2001.-480 с.
6. Резанов И.А. Великие катастрофы в истории земли. Наука, М., 1980
7. Безопасность жизнедеятельности - под ред..С.В. Белова, М. ,Высшая школа,1999,448с.
8. Русак О.Н., Малаян, К.Р. Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности – учебное пособие, СПб.2000,448 с.
9. Ковалев Е.Е. Анализ риска для населения России. Часть 2 в книге «Анализ риска и безопасности». Под ред. Г.А. Ягодина. — М.: Энергоатом издат, 1997
- 10.Евстафьев И.Б., Григорьев С.Г. К вопросу об оценке фоновго уровня риска.//Проблемы безопасности при ЧС. 1993, № 3.
11. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. М.-СПб,1998,-482с.
12. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 08-120-96. Постановление Госгортехнадзора от 12.7.96 № 29.
13. Управление риском: Риск..Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука,(2000).- 431с.
14. www.lib.ru
15. www.port.ru
16. www.yandex.ru
17. Шахраманьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения людей. М.: 2000.
18. Спицын Ю.Г., Яковлев В.В. Оценка риска в социально-экономической и техногенной сферах, СПб, 2000-60с.
19. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. — М.: Наука, 1991. —384 с.
20. Яковлев В.В. Параметрические и координатные законы поражения. Вестник ИВТОБ. №1 Нестор, СПбГТУ, 2000
21. Яковлев В.В. Прикладные аспекты теорий надёжности технических систем Нестор, СПбГТУ, 2000-178с.
22. Храмов Г.Н. Опасные природные процессы СПб.,изд.СПбГПУ,2002.-184с.
23. Храмов Г.Н. Землетрясение. Учебное пособие. Нестор, СПбГТУ, 2000-62с.
24. Шейдеггер А.Г. Физические аспекты природных катастроф. Перевод с англ. «Недра», М., 1981

25. Базилевский А.Т., Иванов Б.А. Обзор достижений механики кратообразования. Сб. Механика образования воронок при ударе и взрыве, № 12, М., 1977
26. Катастрофические процессы и их влияние на природную среду/сейсмичность/- под ред. М.Л. Лаверова, М. 2002-504с.
27. Садовский М.А., Кириллов Ф.А. Сейсмический эффект взрывов и современное состояние его изучения. Сб. Взрывное дело № 37, М., 1939
28. Соболев Г.А., Аптикаев Ф.Ф., Шумилина Л.С., Гусев А.А. Сценарии сейсмических событий, разрушительных для урбанизированной территории вокруг Авачинской бухты. —М. — Петропавловск-Камчатский: ОИФЗ РАН, 1999, -57 с.
29. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений — М.: Наука, 1993.-313с
30. Сейсмическое районирование территорий СССР. Под ред. Буне В.И., Горшкова Г.П. Недра, М., 1964
31. Справочник данных по определению устойчивости зданий и сооружений при землетрясениях. ВЦК ГО СССР. Новогорск, 1989
32. Морозов В.И., Шахраманьян М.А. Прогнозирование и ликвидирование последствий аварийных взрывов и землетрясений. УРСС, М., 1998
33. Морозов Н.В. Оценка сейсмической опасности в регионах СНГ для строительных объектов. Ж-Л. Проблемы безопасности при ЧС. Вып. 2. ВИНТИ, М., 1993
34. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озерах. Гидрометеиздат. Л.1987
35. Национальный портал Природа - <http://www.priroda.ru/>
36. Пясковский Р.В., Померанец К.С. Наводнения. Гидрометеиздат, Л., 1982
37. Храмов Г.Н. Наводнения. Учебное пособие. Нестор, СПбГТУ, 1999.-43с.
38. Кондратьев К.Я., Демирчан К.С., Балюнас С, Адаменко, В.Н., Бомер-Кристиансен С., Идсо Ш.Б., Кукла Д., Постметьер Э.С., Сун В..(2001) Изменения глобального климата: концептуальные аспекты. СПб., 124с..
39. Karl T.R., Easterling D.R. Climate extremes: . Selected review and future research directions// Climate Change.- 1999.V.42,N 1.-p.309-325.
40. Karl T.R., Nicholls N., Chazi A. (Ed.) Weather and Climate Extremes-Changes, Variations and a Perspective from the Insurance Industry// Kluwer Acad. Publ., Dordrecht,-1999.-V1-349pp .
41. Smith F. Atlantic and East Coast hurricanes 1900-1998; A frequency and intensity study for the twenty-century // Bull.Amer.Meteorol.Soc. —1999.-V.80,N 12.-2717-2728.
42. Smith K. Environmental Hazards. Assessing risk and reducing disasters.-London: Longman.1997.-389pp.
43. Solow A.R. On testing for change in extreme events // Climate Change.-1999.-V.42,N 1.341-349pp
44. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика , т.2, Экологические катастрофы. СПб.2001, 686с.
45. Кондратьев К.Я., Биненко В.И. Влияние облачности на радиацию и климат. 1984.Л.: Гидрометеиздат-240с.
46. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии-Физика атмосферы Гидрометеиздат, СПб, 2001-701с.
47. МГЭИК, 2001b, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability/Contribution of Working Group to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [McCarty J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA, 1031pp.

48. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними. Лесная промышленность, М., 1975
49. Алексеев М.В. Пожарная профилактика технологических процессов производств. М., 1986.
50. В.И. Васильев, Г.Н. Храмов, В.В. Яковлев Пожары, поражающее действие и обеспечение безопасности. СПб. изд.СПбГТУ,2002.-72с.
51. Биненко В.И., Дьяченко Л.Н., Кондратьев К.Я., Черненко А.П ИК-картирование крупных лесных пожаров -Труды ГГО,1972,вып. 275
52. Баум Ф.А., Орленко К.Л., Станюкевич К.П. Физика взрыва. «Наука».М.1975.
53. Космические катастрофы. Ж-л. Гражданская защита,№1.1996
54. О'Киф Дис.Д., Аренс Т.Дж. Ударные эффекты при столкновении метеоритов с Луной. Сб. Механика образования воронок пр ударе и взрыве, № 12. Перевод с англ. «Мир», М., 1977
55. Храмов Г.Н.Техногенные взрывы СПб.,изд. «Нестор»,2002.-51с.
56. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. «Химия».М. 1987.
57. Белоозеров Я.Е., Несытов Ю.К. Внимание! Радиоактивное заражение., М., Воениздат,1982.
58. Дуриков А.В. Радиоактивное загрязнение и его оценка. М. , Энергоатомиздат,1993.
59. Действие ядерного оружия. Пер. с английского М., Воениздат, 1963.
60. Атаманюк В.Г. Гражданская оборона. М., Высшая школа. 1986
61. Городинский С. М. Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами. М., 1973.
62. Перцов Л.А. Ионизирующее излучение биосферы. М.,1973.
63. Шубин Е.П., Боровский Ю.В., Жаворонков Г.Н. и др. Гражданская оборона. Просвещение, М.,1991.
64. Мясников В.В. и другие Защита от оружия массового поражения. М.,Воениздат,1989.
65. Кулаков В.А. Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций 1995.СПб.изд. СПбГТУ-52с.
66. Кулаков В.А. Оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях . 1995.СПб.,СПбГТУ-87с.
67. Кулаков В.А. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. 1999.СПб.,изд. «Нестор»-50с
68. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) (1999) М.: Минздрав России, 115 с.
69. Бойченко Б.И., Кожара, Кулаков В.А. Радиационная, химическая разведка, дозиметрический и химический контроль. 2001,СПб.,изд.»Нестор»-102с.
70. Козлов В.Ф. Справочки по радиационной безопасности. Москва, 1991 г.
71. Гражданская оборона и предупреждение чрезвычайных ситуаций-методическое пособие- под ред. М.И. Фалеева. -М.: Институт риска и безопасности,2003.-328с.
72. Кожара В.И., Кулаков В.А. Оценка радиационной обстановки при авариях на атомных электростанциях 1998, СПб..изд. Нестор»-50с.
73. Кожара В.И., Кулаков В.А. Научно-методические основы прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.-Методическая разработка.-СПб.: СПбГТУ,2000.-103с.
74. Цабулин В.А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях СПб.,изд. СПбГТУ,1999.-122с.

75. Аккерман Г., Адом Э., Шаргулова Т.Х. и др. Экономичность и безопасность атомных электростанций. Высшая школа, М., 1984.
76. Ефремов С.В. Опасные технологии и производства. - СПб. : СПбГПУ.-2003-220с.
77. Радиационная, химическая и биологическая защита -под ред. С.Б.Варгощенко и С.В.Косырева, 2002. СПб.ВИКУ -т.1-192с, т.2-278с
78. Доусон Г., Мерсер Б. Обезвреживание токсичных отходов. М.: Стройиздат, 1996. - 288 с.
79. Кожара В.И. Защита от аварийно химически опасных веществ 2001 СПб.изд.»Нестор»-75с.
80. Гозенбук В. С. Средства коллективной противохимической защиты. Гражданская оборона. Вып. 3. ВИМИ. М., 1989.
81. Индивидуальные средства защиты кожных покровов человека гражданской обороны. Вып.4. ВИМИ. М., 1988.
82. Малышев В. А. и др. Основные принципы защиты населения в экстремальных условиях (Обзор) Гражданской обороны. Вып. 6. ВИМИ. М., 1990.
83. Каминский С. П. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. М., 1982.
84. Энциклопедия «Экометрия»-под ред. Л.К. Исаева(1998): «Контроль химических и биологических параметров окружающей среды» СП «Союз»-896с.
85. Маршалл В. Основные опасности химических производств. М.: Изд. Мир, 1989, 671 с.
86. Родионов Н.Н. Современные танкеры. Ленинград, Судостроение, 1980
87. Альхименко А.И. Предотвращение загрязнения воды нефтью и нефтепродуктами. Методические указания. СПбГТУ, 1992, с.85...89.
88. Альхименко А.И. Охрана природы при освоении ресурсовМирового океана. Л.: Судостроение, 1983.
89. Альхименко А.И., Симаков Г.В. Методические указания для выполнения раздела «Охрана окружающей среды» при дипломном проектировании. Л.: ЛПИ, 1986.
90. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-170-97), СПб, 2001.
91. Шебеко Ю.Н. Методы оценки поражающих факторов крупных пожаров и взрывов на наружных технологических установках. Пожаровзрывобезопасность. Том. 8, №4, 1999.
92. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Л.:Госэнергоиздат, 1961.
93. Технико-экономическое обоснование строительства портового комплекса в бухте Батарейная Финского залива. СПб.: 1994.
94. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС (книга 2). М., 1994.
95. Алексеев М.В. Пожарная профилактика технологических процессов производств. М., 1986.
96. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. НПБ 105-95. Москва, 1995.
97. Яковлев В.В., Яковлев А.В. Последствия аварийных взрывов газовоздушных смесей. СПбГТУ, 2000

98. Вылкован А.И., Венцюлис Л.С. и др. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти. СПб, Центр-Техинформ, 2000/
99. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 08-120-96. Постановление Госгортехнадзора от 12.7.96 № 29. России, 2000/
100. Бородавкин П. П., Ким Б. И. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1981.
101. Гриценко А. И., Аكوпова Г. С., Максимов В. М. Экология. Нефть и газ. - М.: Наука, 1997. - 598 с.
102. Исмаилов Н. М., Пиковский Ю. И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель/Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем/Сер. Современные проблемы биосферы/М.: Наука, 1988. С. 222 - 230.
103. Обобрин А. А., Калачникова И. Г., Масливец Т. А. и др. Нефтяное загрязнение почвы и способы рекультивации/Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987
104. Разлив нефти и специальное оборудование для устранения нефтяных загрязнений. Сер. Транспорт и хранение нефти. Зарубежный опыт. Вып. 9. М., 1998. - С. 8 – 15
105. Пиковский Ю. И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах/Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем/Сер. Современные проблемы биосферы/М.: Наука, 1988.
106. Разлив нефти и специальное оборудование для устранения нефтяных загрязнений. Сер. Транспорт и хранение нефти. Зарубежный опыт. Вып. 9. М., 1998. - С. 8 - 15.
107. В.В.Яковлев Нефть, газ, последствия аварийных ситуаций СПб, СПбГПУ, 2003.- 414с.
108. Миньковский Г., Ревин В. Характеристика терроризма и некоторые направления повышения эффективности борьбы с ним: - Государство и право, 1997, №8.
109. Кожушко Е.П. Современный терроризм-анализ основных направлений –под ред. Тараса ,Минск,Хервенес,2000,-448с.
110. Комиссаров В.С., Емельянов В.П. Террор, терроризм, «государственный терроризм»: понятие и соответствие. – Вестник Московского университета, 1999, №5.
111. Будницкий История терроризма в России в документах, биографиях, исследованиях -Ростов на Дону,1996
112. Доклады международной конференции «Глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций»-22-23 апреля 1998 г., М.изд.УРСС-320с.
113. Доклады симпозиума “ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРРОРИЗМ” 24-26 апреля 2002 г. СПбГПУ.
114. Биненко В.И. Экологические аспекты ухудшения здоровья людей. Экологическая химия . (2003), 12 ,вып.4, 208-224.
115. Шульц В.Л. Терроризм как глобальная угроза современности . Доклады международной конференции«Глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций»-22-23 апреля 1998 г., М.изд.УРСС- 260-265с
116. Даниленко Н.Н. О проблеме терроризма в Российской Федерации//Интернет: www.terrorism.com Terrorism Research Centre(доклады для конференций по терроризму/ Терроризм угроза обществу. ООО «ИЦ-Редакция «Военные знания»2000, -10с.

117. Экологические преступления.- Комментарий к Уголовному Кодексу Российской Федерации, Изд."ИНФРА*М-НОРМА", Москва, 1996г.,- с.586..
118. Клемин В.В.,Луценко Г.П.,Ременсон В.А. Обеспечение экологической безопасности при повседневной деятельности воинских частей и подразделений.Учебное пособие.-МО РФ,1999-304с.
119. Шевченко В.В., Блинов С.Ю., Бузин Б.М. Действия населения по предупреждению террористических акций-под ред. А.И. Ефремова-библиотека « Военных знаний»М. 2001.- 48с.
120. Биненко В.И. Терроризм и проблемы безопасности. СПбГПУ /учебное пособие/ (2002) СПб -,26с
121. Малышев В.А Химический и биологический терроризм. –М.,2000
122. Независимое военное обозрение № 39, 1999 г.
123. «Ядерная безопасность» № 7, 1998 г.
124. Матвеев М.В., Рудик А.П. Почти все о ядерном реакторе. Москва, 1991
125. Андрушечко С.А., Мишуев А.В., Хуснутдинов Д.З. Особенности проектирования и расчета противозрывных клапанов для защиты систем вентиляции реакторных отделений АЭС. Противозрывобезопасность, №6, 2000.
126. Биненко В.И. Авдеев В.П.,Ковшик А.П.,Каретников А.А., Рюмцев Е.И. Обнаружение аномалий температуры человеческого тела и его покровов бесконтактным тепловизионным методом. Материалы 7-ой Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы: «Фундаментальные исследования в технических университетах»20-21 июня 2003г. ,СПб. Т.2,ч.2,с.228-230
127. Kuznetsov A.V., Explosives and landmines identification based on times radioactive source. // Proc. of the Second RCM on Application of Nuclear Techniques to Anti-personnel Landmines Identification., St-Petersburg, Russia, 11-14 Sept., 2001. (IAEA/PS/RC-799-2).
128. Kuznetsov A.V., "Concept of a combined mobile device for explosives and landmines identification based on timed neutron source and electromagnetic UHF waves". // H.Schubert, A. Kuznetsov (eds.), proc. of the NATO ARW #977941 "Detection of explosives and land mines: methods and field experience", St.-Petersburg, Russia, 11 – 14 September 2001, Kluwer Academic Publishers, pp. 21-32, (2002).
129. National Emergency Management Association(NEMA)-www.nemaweb.org
130. National Institute for Urban Search and Rescue(NI/USR)-http://niusr. Org
131. Шойгу С.К., Воробьев Ю.Л., Шахраманьян М.А., Владимиров В.А. и др.. Безопасность России. Защита населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера. —М.: МГФ «Знание», 1999. -592 с.
132. Pozner D. "Why American Slept" 2003, NY-278pp
133. Гарбук С.В.,Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли М. СканЭкс,1997-296с.
134. Безгузиков В.П. Кулаков В.А. Мониторинг и прогнозирование в чрезвычайных ситуациях. СПб.изд. «Нестор», 2002г.-80 с.
135. Еремеев В.А., Мордвинцев И.Н., Платонов Н.Г., Современные гиперспектральные сенсоры и методы обработки гиперспектральных данных. Обзор // Исследование Земли из космоса, РАН. №6. 2003. с. 1-11.
136. Космическая система « Метеор 3М » №1, СПб,Гидрометеоиздат.-102с.
137. MTPRE EOS-Data products Handbook Vol.1-Ed.S.W.Warrton, M.F.Myers.1997.-266pp.
138. «Аэрокосмические информационные системы» т.2,»научные основы создания и применения аэрокосмических систем наблюдения Земли»-под ред. Бондура В.Г., Савина А.И. , М.: Наука,2000, 496с.

139. Савиных В.П., Соломатин В.А. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования Земли. М. : 1995, 349с.
140. Биненко В.И. Аэрометоды для мониторинга окружающей среды в экстремальных ситуациях Труды НТК «Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций» 24-25 ноября 1999 г. в СПбГЭТУ, СПб.
141. Аэрокосмические методы геологических исследований - под ред. А.В. Перцова. СПб.: Изд. СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 2000, 316с..
142. Биненко В.И. Мониторинг чрезвычайных ситуаций на основе аэрокосмических средств – Доклады конференции « Национальная безопасность» 6-7 .06.2002 г. СПбГПУ ,294-300с.
143. Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб. 1996. изд. "Прогресс-Погода" -356с.
144. Наследие Чернобыля. вып.3, Материалы НТК. Калуга-Обнинск. 2001.-348с
145. Гридин В.И. Чернобыль из космоса. Зелёный мир.-1993,-№ 18.-с.6
146. Лялько В.И., Ходоровский А.Я., Сахатский А.И. Использование многозональных космических фотоснимков для контроля за загрязнением растительности радионуклидами (в связи с аварией на ЧАЭС). Чернобыль 94: 4-ая междунац. Научно-техн. Конф. "Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС" 1994. Сб. тезисов. Зелёный мыс. 1994.-61с.
147. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении - под ред. В.А. Логачёва – М.: ИздАТ(2001).-519с.
148. Биненко В.И., Донченко В.К., Андреев В.Л., Иванов Р.В. Некоторые результаты и перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для задач экологического мониторинга – Экологическая химия ,2001,10(1),21-31
149. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1998-2003, вып.1-12
150. Брушлинский Н.Н., .. Соколов С.В., Вагнер П. П. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в мире на рубеже столетий Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1999, вып.7.
151. Шилин Б.В. и др. Тепловая аэрокосмическая съёмка –М. : Недра.1993.-128с.
152. <http://www.forest.ru>
153. Сборник докладов- «Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами» / Бондарев Д.А., Епихин А.В., Щербенко Е.В. Мониторинг лесных пожаров и оценка ущерба от лесных пожаров средствами дистанционного зондирования Земли космического базирования/ Муром, 20-22 июня 2001г.,-638 с..
154. van Hees, R.M., Lelieveld J. and W.D. Collins (1999) Detecting tropical convection using AVHRR satellite data, J. Geophys. Res., 104, 9213-9228.
155. Hazard Center University of Colorado- www.colorado.edu/hazards/
156. van Hees, R.M., Lelieveld J. and W.D. Collins (1999) Detecting tropical convection using AVHRR satellite data, J. Geophys. Res., 104, 9213-9228.
157. <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaas/sir-c/precision.html>
158. <http://globe3.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/show.cgi/page=gallery-advanced.htm>
[ftp://jplinfo.jpl.nasa.gov\(137.78104.2\)](ftp://jplinfo.jpl.nasa.gov(137.78104.2))
159. <http://sun1.cr.usgs.gov/landdaas/sir-c/sir-c.html/>
160. <http://www.jpl.nasa.gov>
161. Disaster information networks-www.disaster.net

162. Husar R.B., J.M.Prospero, L.L.Stowe, Characterization of tropospheric aerosols over the oceans with the NOAA advanced very high resolution radiometer optical thicknesss operational product, J.Geoph.Res., 1997, Vol.102, No.D14, pp.16.889-16.909.
163. International Association of Emergency Managers (IAEM) –www.iaem.com
164. Krummer H.J. Observation of Earth and its environment //Survey of missions and sensors/Springer-Verlag, New York.1995,832pp
165. Биненко В.И. О поглощении солнечного излучения аэрозольно-замутнённой атмосферой над водной поверхностью. Метеорология и гидрология .2000. № 7,42-48.
166. Биненко В.И, Иванов В.А., Лебединов В.Г. (1982) Аэрозольно-радиационные измерения в Приаралье Труды ГГО, вып.462, 37 – 43
167. Биненко В.И. , Харшвардан. Влияние аэрозоля на перенос радиации /- в монографии «Аэрозоль и климат» -под ред. К.Я. Кондратьева Л. Гидрометеиздат. 1990,427-487
168. Биненко В.И. Возможности фотометрических измерений в области поглощения молекулярного кислорода 760 нм на основе аэрокосмических средств. Экологическая химия, 2002,11(1):16-26с.
169. Изменение климата,2001г.-Обобщённый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (третий доклад МГЭИК).WMO, Geneva-220с.
170. Казаров Ю.К. Электророманодинамика солнечной системы и глобальное потепление. Журнал «Проблемы безопасности при ЧС», вып. 4, ВИНТИ, М., 2000
171. Climate Change (2001): The Scientific Basis, 2001: (eds: J. T. Houghton et al.) Contribution of the WG1 to the Third Assessment Report of the IPCC.Cambridge University Press, 881 pp.
172. НТР, здоровье, здравоохранение.)-под ред. А.Ф. Серенко, О.А.Александрова.- М.:Медицина(1984, 248с.
173. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов.Метрологические аспекты в 2 тома под ред. Л.К.Исаева.- М.:ПАИМС. (1997).- 512 и 496с.
174. Здравоохранение в СССР/Справочные материалы/-(М.:Минздрав СССР, 1988),- 75с
175. Planet et.al., Health Physics(1987.) -52(5), 571 p.
176. Худoley В.В. Экологически зависимые заболевания в Санкт-Петербурге и пути решения проблемы-«Экологическая безопасность», (2001) ,№1-2(15-16),44-45с.
177. Новая парадигма развития России в 21 веке. Комплексные исследования проблем устойчивого развития : идеи и результаты под ред. В.А.Коптюга и др. –М. Академия, .(2000).
178. Экология и здоровье детей (1998)под ред. М.Я. Студеникина. А.А. Ефимовой. – М.Медицина.-129с.
179. Стрекалова Н.В.(2002) Картографирование показателей здоровья населения Москвы для целей устойчивого развития Труды межд. Конференции «ГИС ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ» Хельсинки- С. Петербург, 300-303/
180. Наше здоровье: вскрытие без наркоза -Аргументы и факты.(2002),№ 48, с.3.
181. Грошева Е.И., Данилина А.Е. и Тычкин Л.В. (1998) Оценка загрязнения территории России диоксинами и диоксиноподобными токсикантами. *Диоксины — супертоксиканты XXI века. Федеральная программа.* Вып. 2, М.: ВИНТИ – Госком. РФ по охране окружающей среды, с. 20–76.

182. Белоконь В.С., Землянова Е.В., Мунтяну Л.В. (1995) Медико-социальные аспекты здоровья населения и продолжительности жизни по оценкам экспертов. «Здравоохранение», №6, -24-26с.
183. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З. и Будников Г.К. (1996) *Эколого-аналитический мониторинг супертоксиантов*, М.: Химия, 320 с.
184. Schecter A., Furst P., Furst C., Grachev M., Beim A. and Koptug V. (1992) Levels of dioxins, dibenzofurans and selected other chlorinated organic compounds in food from Russia. *Chemosphere*. **25**, 2009–2015.
185. Defour S., Fraisse D., Scherrer M.C., Schnepf B. and Le Querrec F. (1997) Analysis of polychlorodibenzo-dioxins (PCDDs) and polychlorodibenzo-furans (PCDFs) in dairy products in France. *Organohalogen Compounds*. **32**, 283–285.
186. Ваганов П.А. и Им М.-С. (1999) *Экологический риск*. СПб.: Изд-во.: СПбГУ, 116 с.
187. Bate R.(Ed) (1997), *What Risk* Butterworth-Heinemann, Oxford s.a. 328pp.
188. Логачёв В.А., Михалихина Л.А., Цвирбут А.И.(1993). Влияние радиационных и нерадиационных факторов на здоровье населения. *Медицинская радиология*. -№2. с.19-23.
189. Василенко И.Я.(1999) Сочетанные поражения, радиация, полициклические ароматические углеводы, нитросоединения, диоксин, металлы, препараты ДДТ, алкоголь. – *Медицина экстремальных ситуаций*, №3, 36-48с.
190. Крышев И.И., Рязанцев Е.П.(2000). *Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России*.-М.:ИздАТ, -382с.
191. Вальстрем Б. (1998) *Излучение, здоровье и общество*.- Вена, МАГАТЭ,.-56с.
192. Булатов В.И. (1993) «200 ядерных полигонов СССР: география радиационных катастроф и загрязнений» Новосибирск, ЦЭРИС,.- 88с.
193. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата-под ред.Ю.А.Израэля М. «Наука,(2001)-245с.
194. *Безопасность жизнедеятельности*.- под ред Э.А. Арустамова , М.:изд. дом «Дашков и К°» (2001)-678с.
195. Троян П. (1988) *Экологическая биоклиматология*. -М.: Высшая школа,.-205с.
196. Головина Е.Г., Русанов В.И.(1993) Некоторые вопросы биометеорологии СПб, -90с.
197. *Экологические аспекты медицины*, т.2,- под ред. Ю.П. Гичева (2000) , Новосибирск-240с.
198. Brown L.R., Renner M., Flavin C.(1997) *Vital Signs 1997-1998/The Environmental Trends/That are Shaping Our Future/Earthscan publ.,London,168pp*
199. Портнов А.А., Пятницкая И.Н (1973). *Клиника алкоголизма*-Л.: Медицина,-233с.
200. *Vital Signs 2001-2002/The Environmental Trends/That are Shaping Our Future/Earthscan publ.,London,149pp*
201. Крапивин В.Ф.Кондратьев К.Я(2002). *Глобальные изменения окружающей среды: эоинформатика* СПб , 724с.
202. Маймулов В.Г., Нагорный С.В. и Шабров А.В. (2000) *Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях*. СПб: СПб ГМА им. И.И. Мечникова, 342 с.

203. *WHO Information* (1997) Fact Sheet No. 1, 1–3.
204. Токаревич К.Н. По следам минувших эпидемий. Лениздат, Л., 1986
205. Чайка Н.А., Клевакин В.М. СПИД: чума XX века. Лениздат., Л., 1989
206. Николаев Н.И. Чума. М., 1968
207. Покровский В.И., Малеев В.В. Холера. Л., 1978
208. Гукасян А.Г. Желудочно-кишечные заболевания и их предупреждение. Знание, М., 1963
209. Злыдников Д.М. и др. Проблемы гриппа. Научный обзор, М., 1971
210. Бурчасов П.Н., Николаевский Г.П. Натуральная оспа. М., 1972
211. ГИС-Ассоциация - <http://www.gisa.ru/>
212. ESRI - ESRI is the GIS Software Leader - <http://www.esri.com/>
Idrisi Project Home Page - <http://www.clarklabs.org/>
213. Federal Emergency Management Agency(FEMA)USA- www.fema.gov.
214. Учебно-научный экологический сервер Северо-Западного региона - <http://www.ecosafe.nw.ru>
215. Global Environment Outlook 2000.UNEP/Earthscan Publ. Ltd. –London.-1999-398pp. "Почти все об Internet..." - <http://www.machaon.ru/digest/>
216. US EPA Envirofacts Homepage - http://www.epa.gov/enviro/index_java.html
217. Растоскуев В.В. Информационные технологии экологической безопасности - http://www.ecosafe.nw.ru/win/ENV/Read_me.htm (2002)
218. Растоскуев В.В., Шалина Е.В. Обработка данных дистанционного зондирования с помощью ГИС IDRISI. - http://www.ecosafe.nw.ru/win//RS&GISr/Read_me.htm (2002)
219. Ревунков Г.И. и др. Базы и банки данных и знаний. М.: Высшая школа, 1992 – 367 с
220. Ларионов В.И., Суцев С.П., Нигметов Г.М., Овсяник А.И. и др. Разработка методической базы ГИС ФССН по прогнозированию последствий и сценариев реагирования на разрушительные землетрясения на Северном Кавказе (район г. Пятигорска). —М.: ЦИЭКС, 1995, -132с.
221. Baklanov A., Mahura A., Sorensen J.H. Evaluation of Possible Consequences of Accidental Atmospheric Releases of Hazardous Matter: Kursk Submarine Study. *Atmospheric Chemistry and Physics, EGS*, (2002): 16p..
222. Mahura A., Baklanov .A. Probabilistic Indicators of Atmospheric Transport for Regional Monitoring and Emergency Preparedness System. *Tellus*, (2002):, 9p
223. Бельчанский Г.И., Еремеев В.А., Мордвинцев И.Н., Исследование сезонной и межгодовой вариабельности ледового покрова в Баренцевом-Карском морях и прилегающей части Северного Ледовитого океана по данным спутниковых микроволновых измерений // Исследование Земли из космоса, РАН, 2002, №2, с. 52-60.
224. Bel'chanskiy G. I., V. A. Yeremeyev, I. N. Mordvintsev, and N. G. Platonov. Comparative Analysis of Seasonal Estimates of Sea Ice Concentrations Determined Using the Okean-01, SSM/I, and Radarsat Satellite Data // Mapping Sciences and Remote Sensing. V.H.Winston & Son, Inc./Bellwether Publishing Ltd. Columbia. MD. USA. 2002. Vol. 39(1). P. 56-65
225. Назаров Л.Е. Нейронные сети на основе радиальных функций и их использование для классификации земных покровов в составе многозональных изображений. Исследование Земли из космоса.2002 №3,44-52.
226. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей Изд предприятие редакции журнала «Радиотехника»М. 2000.
227. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2002г.- под ред.Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. 2003, СПб, «Сезам»

Некоторые законы, постановления правительства РФ и другие документы связанные с чрезвычайными ситуациями

Закон РФ « О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М., 1994.

Закон «О гражданской обороне» № 28-ФЗ 12.02.1998.

Закон РСФСР «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» от 15.05.91. Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР №21 от 23.05.91.

Закон РФ «О безопасности гидротехнических сооружений».№-117-ФЗ.21.07.1997.

Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». М., 1997.

Закон РФ «О радиационной безопасности населения» №3- ФЗ 09.01.1996.

Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера". Принят Государственной думой 11.11.1994 г.

Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Принят Государственной думой 20.06.1997 г.

Постановление Правительства РФ № 457 от 06.05.1994 «Положение о Министерстве РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Постановление правительства РФ № 1113 от 05.11.1995 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».Постановление правительства РФ «О декларации безопасности промышленного объекта РФ». №675 от 1.07.95.

Постановление Правительства РФ «О гражданских организациях гражданской обороны» от 10.06.1999 № 620.

Постановление Правительства РФ « О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии».№-865.14.07.1997.

Постановление Правительства РФ О мерах по противодействию терроризму от 15 сентября 1999 г. № 1040

Постановление Правительства РФ « О порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий».№- 93.28.01.1997.

Постановление правительства РФ «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» № 1309, 29.11.99.

Постановление Правительства РФ « О порядке эксплуатации водохранилищ».№- 762.20.06.97.

Постановление Правительства РФ « Об утверждении правил возмещение работодателями вреда, причиненного работникам увечьем, профессиональным заболеванием, либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением или трудовых обязанностей». №-4214 от 24.12.92. Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР №2 от 14.01.93.

Положение о создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), специально уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны. Утверждено постановлением Правительства РФ от 10.07.1999, № 782.

Система стандартов ГО СССР. Основные понятия. Термины определения ГОСТ 22.0.22-77

Система стандартов по качеству вод, ТК-147, Международная организация по стандартизации(ISO),1997г.

СНиП 11-0151-90. Нормы проектирования. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Госстрой СССР. М., 1990.

СНиП 11-11- 77^х. Нормы проектирования. Защитные сооружения гражданской обороны. Госстрой СССР. М., 1987.

СНиП 111-01.09-84. Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений и содержание их в мирное время. Госстрой СССР. М., 1985.

Строительные нормы и правила СНИП 11-3-79 ч.11 гл.3.Строительная теплотехника. М., Госкомитет по делам строительства, 1986.

Строительные нормы и правила СНИП 21.01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. М., 1996.

Строительные нормы и правила СНИП П-0151-90. Н.ЦИТП., 1990.

ГОСТ 12.1.004 –91 Пожарная безопасность. Общие требования. М. Госкомитет по стандартам. 1991.

Гигиенические нормативы «Нормы радиационной безопасности», ГН 2.6.1 054-96,1996

Руководство по действиям органов управления и сил РСЧС при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. М. ВНИИ ГОЧС. 1996.

Руководство по организации планирования. Обеспечения и проведения эвакуации населения в военное время. МЧС. М., 1997.

Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах (проект). Научно-техническое управление Госгортехнадзора России, 2000

Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности НПБ 105 –95. М., 1995.

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99), Минздрав России, М., 2000

Реестры диоксинов и фуранов. Национальные и региональные выбросы(1999) Подпрограмма ЮНЕП по химическим веществам. Женева.148с.

Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-170-97), СПб, 2001.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основные понятия и определения, риск, систематизация ЧС	15
1.1.Основные понятия и определения, ЧС в системе наук о взаимодействии общества с биосферой.....	15
1.2.Основные положения теории риска... ..	16
1.3. Некоторые сведения из теории вероятностей и методов оценки риска	24
1.4. Систематизация ЧС	35
Глава 2. Стихийные бедствия	41
2.1 Землетрясения.....	41
2.1.1 Виды. землетрясений и их основные характеристики	41
2.1.2. Сейсмический эффект и местное действие взрыва.....	52
2.1.3. Прогноз землетрясений. Сейсмостойкое строительство. Оценка обстановки в очаге поражения при землетрясении.....	55
2.1.4.Оценка вероятности поражения объектов в зависимости от их сейсмичности и сейсмостойкости района.....	59
2.1.5. Прогноз землетрясений. Меры безопасности	62
2.2.Гидрометеорологические катастрофы.....	63
2. 2.1 Виды наводнений.....	64
2.2.2. Половодье.....	65
2.2.3 Паводок.....	69
2.2.4.Волна прорыва при разрушении плотин гидроузлов. Оценка состояния зданий, сооружений в зоне затопления волной прорыва	71
2.2.5. Нагонные наводнения.....	73
2.2.6. Цунами и сели.....	77
2.2.7.Защитные мероприятия от наводнений.....	81
2.2.8. Опасные атмосферные явления.....	82
2.2.9. Интенсивность ветров. Оценка воздействия ветра на различные объекты.....	85
2.2.10.Пыльные бури. Снежные метели. Парниковый эффект.....	88
2.3. Грозы , пожары и падение космических тел в контексте атмосферных явлений.	92
Глава3. Техногенные аварии: поражающие свойства взрыва	106
3.1 Определение взрыва. краткие сведения о природе взрывчатых превращений.....	106
3.2.Взрыв конденсированных химических взрывчатых веществ. параметры ударной волны.....	108
3.3. Взрыв газовой смеси в открытой атмосфере.....	114
3.4. Взрыв газовой, пылевой смеси и аэрозоля в помещении.	120
3.5. Взрыв емкости, содержащей газ под давлением.....	122
3.6. Поражающее действие взрыва.....	126
3.7. Очаг поражения при авариях и катастрофах, связанных со взрывом.....	130
3.8. Поле давлений и очаг поражения при ядерном взрыве.....	132
Глава 4. Радиационный поражающий фактор	134
4.1. Радиоактивность.....	134
4.2. Поражающее действие ионизирующего излучения.....	140

4.3. Воздействие радиоактивного загрязнения на среду обитания.....	145
4.4. Радиационно-опасные объекты.....	150
4.5. Классификация аварий на АЭС.....	153
4.6. Проникающая радиация ядерного взрыва.....	157
4.7. Радиоактивная заражение при авариях на ядерных взрывах.....	159
4.8. Радиоактивная заражение при авариях на атомных электростанциях.....	163
4.9. Радиоактивные отходы ядерного энергетического комплекса.....	168
4.10. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при чрезвычайных ситуациях военного и мирного времени.....	171
Глава 5. Химический поражающий фактор	173
5.1. Общая характеристика опасных химических веществ.....	173
5.2. Профилактика возникновения аварий на химически опасных объектах.....	184
5.3. Оценка химической обстановки.....	187
5.4. Поражающее действие химического оружия.....	200
Глава 6. Нефтяное и нефтепродуктовое загрязнение	204
6.1. ЧС связанные с нефтяной индустрией.....	204
6.2. Анализ аварийных ситуаций и распределение источников нефтяного загрязнения водных бассейнов	205
6.3 Методы расчета параметров растекания нефтяного пятна по водной поверхности	209
6.4 . Влияние выгорания нефтепродуктов на площадь разлива.	215
6.5. Влияние испарения нефтепродуктов на их распространение по водной поверхности.....	218
6.6. Последствия аварий с выходом нефти и нефтепродуктов на твердые подстилающие поверхности.....	221
6.7. Гидравлические удары в трубопроводах.....	223
6.8. Оценка растекания нефтепродуктов по твердой поверхности.....	223
6.9. Испарение разлитых горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в неподвижную среду.....	224
6.10. Испарение нефтепродуктов в реальных метеоусловиях.....	230
6.11. Упрощенные методы оценки концентрации паров.....	233
6.12. Пожар разлива нефтепродуктов и пожар в резервуарах.....	236
6.13. Поражение человека тепловой радиацией горящих нефтепродуктов.....	242
6.14. Оценка риска аварийных ситуаций с нефтью и нефтепродуктами.....	246
6.15. Средства и способы предотвращения и ликвидации последствий аварийных ситуаций с нефтепродуктами и углеводородными газами.....	254
6.16. Охрана потенциально опасных предприятий нефтехимической промышленности и система пожарной безопасности.....	273
Глава 7.Терроризм и проблемы безопасности	275
7.1. Из истории терроризма.....	277
7.2. Виды терроризма.....	280
7.4. Проблемы безопасности.....	
Глава 8.Мониторинг и регистрация ЧС на основе аэро -космических средств	309
8.1.Регистрация ядерных аварий на основе аэро–космических средств.....	319
8.2.Обнаружение нефтяных разливов на основе самолётных и спутниковых средств дистанционного зондирования.....	323

8.3. Мониторинг лесных пожаров средствами дистанционного зондирования...	332
8.4. Спутниковое зондирование природных бедствий	334
Глава 9. Аспекты нездоровья людей в экстремальных ситуациях.....	340
9.1. Химические загрязнители биосферы и нездоровье людей.....	342
9.2. Физические факторы риска здоровья людей.....	346
9.3. Социально-экологические аспекты нездоровья человека.....	355
9.4. Эпидемии.....	361
Глава 10. Информационные технологии безопасности при ЧС	370
10.1. Географические информационные технологии безопасности при ЧС	370
10.2. Цифровые карты.....	371
10.3. Тематические ГИС.....	373
Заключение.....	382
Литература.....	383
Некоторые законы, постановления правительства РФ и другие документы связанные с чрезвычайными ситуациями.....	393
Оглавление.....	395
Об авторах.....	398

Об авторах :

Виктор Иванович Биненко, д.ф.–м.н., ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра экологической безопасности (НИЦЭБ РАН), профессор СПбГПУ, СПбГУТД И РГГМУ /по совместительству/. После окончания в 1966 г. физического факультета Ленинградского государственного университета (ЛГУ) работал в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Принимал активное участие в комплексных научных исследованиях - самолётных, наземных, подспутниковых экспериментах по изучению взаимодействия спектральной и интегральной радиации в системе Земля –атмосфера как в рамках международных проектов, так и национальных экспериментов КЭНЭКС, АТЭП, ГАРЭКС, ПГЭ ПИГАП, экологического мониторинга потенциально опасных объектов как на основе самолётов –лабораторий, так и с использованием дистанционно управляемых летательных аппаратов. В.И.Биненко сочетает научную деятельность с преподаванием ряда дисциплин/физика, экология, науки о Земле, физико-химические методы мониторинга, безопасность в ЧС/ в ВУЗах Санкт –Петербурга. В рамках ФЦП «Интеграция» реализовал ряд проектов по кооперации научных работ НИЦЭБ РАН с ВУЗами СПб.. В.И. Биненко опубликовал 165 работ /в том числе семь монографий в соавторстве/ как в российских, так и зарубежных изданиях.

Геннадий Николаевич Храмов, к.ф.м.н., доцент кафедры управления и защиты в чрезвычайных ситуациях Санкт-Петербургского государственного политехнического университета СПбГПУ). После окончания в 1956г. с отличием математико-механического факультета ЛГУ работал в Научно-исследовательском центре безопасности технических систем МО СССР-РФ и принимал участие в проектах особого риска по изучению поражающих факторов и оценке очагов поражения различного рода за, что был награждён орденами «Красная Звезда», «Трудовое Красное Знамя», «Мужества». С 1990 г. на преподавательской работе, в 1996г. избран член-корреспондентом Международной Академии наук экологии и безопасности. Г.Н. Храмов опубликовал более 130 научных трудов.

Вячеслав Владимирович Яковлев, д.т.н., профессор, профессор факультета безопасности СПбГПУ. Житель блокадного Ленинграда. Окончил Высшее военно-морское училище им. А.С. Попова в 1961 году, до 1971 г. Занимался вопросами, связанными с эксплуатацией современной техники Министерства обороны. С 1971 г. по 1993 г. работал в НИИ МО в должностях от младшего научного сотрудника до руководителя НИИ. В 1976 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1983 г. – докторскую. В 1990 г. присуждено ученое звание профессор. Принимал непосредственное участие в испытаниях ядерного оружия на полигоне Новая Земля, участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В 1991 году избран действительным членом российской академии естественных наук. Имеет более 150 научных трудов и публикаций. Награжден орденами «Красная звезда», «Знак почета», «Трудового красного знамени», «Мужества» и 13 медалями.

Круг научных интересов: экологическая безопасность, методы оценки риска в техногенной и социальной сферах, аварийные ситуации с нефтепродуктами и газами, радиационная безопасность, надежность технических систем.

Контактные данные: НИЦЭБ РАН: 197110, Санкт-Петербург, Корпусная ул., д.18, тел./факс: +7 812 235 4369, E-mail: Vinenko@safety.spbstu.ru

СПбГПУ, факультет безопасности ИВТОБ:195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул.29, тел./факс:+7 812 247 5898

*Отпечатано с готового оригинал-макета
Цифровым полиграфическим центром ИВТОБ СПбГПУ*

*Формат: обрезной 145x205. Гарнитура «Ариал»
Объем 13,4 п.л. Заказ № 07/п..
Тираж 900 экз.*
