

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Кафедра безопасности жизнедеятельности
и основ медицинских знаний

БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО
И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

*Учебно-методическое пособие по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех специальностей
и форм обучения университета*

Часть II



Тирасполь, 2006 г.

УДК 355(075)
ББК 68.9я73
Б-40

Безопасность и защита населения в условиях ЧС природного и техногенного характера по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»: Учебно-методическое пособие / Авторы-составители Д.Д. Костович, Ю.А. Цирулик, Е.В. Дяговец. – Тирасполь, 2006. Часть II.

Учебно-методическое пособие содержит основные вопросы концепции чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени: прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях; обеспечение устойчивости функционирования объектов экономики; защита населения в чрезвычайных ситуациях; ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Объём и содержание тем даёт возможность более осознанно обучиться способам и средствам защиты от стихийных бедствий, аварий и катастроф, экологических и социальных, негативных факторов, совершенствование практических навыков безопасного поведения в различных чрезвычайных ситуациях с учётом местных, промышленно-экономических, техногенных и иных факторов. В первой части сосредоточены теоретические основы безопасности жизнедеятельности, а во второй – наиболее полно обоснованы явления и процессы, связанные с деятельностью человека, как фактора опасности. Подробно освещаются вопросы техногенного характера, а также явления и процессы, связанные деятельностью человека, т.е. ЧС техногенного характера.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех форм обучения, преподавателям, может быть полезно всем интересующимся проблемами безопасности жизнедеятельности.

Рецензенты:

П.И. Хаджи, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой «Нелинейной оптики»

В.Б. Мельник, подполковник, нач. штаба ГЗ г. Тирасполь.

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

Протокол № 10 от 7 июня 2006 г

Введение

Двадцатый век, как век научно-технической революции, продвинул развитие общества во всех сферах на небывалый до этого высокий уровень. Однако одновременно он принёс и колоссальные катастрофы самого различного характера.

Большинство здравомыслящего населения сегодня уже не дискутирует по поводу того, надо или нет учиться безопасной жизнедеятельности и защите от чрезвычайных ситуаций. Надо, помещаемая ниже информация - лишнее тому подтверждение. В числе причин происходящих несчастий обязательно называются такие, как недостаточная профессиональная подготовка персонала, снижение квалификации специалистов, нарушения производственной дисциплины, требований промышленной безопасности и охраны труда и т.п.

Публикуемые материалы помогут педагогам лучше осмысливать происходящие процессы и тенденции, опираться в ходе занятий на самые свежие данные, помочь обучающимся сделать правильные выводы для учебы, будущей жизни и работы.

Общие показатели за год

Всего на территории Российской Федерации в 2005 г. произошло 2720 чрезвычайных ситуаций, в том числе локальных - 2396, местных - 243, территориальных - 72, региональных - 4, федеральных - 5. При этом погибло 5637 человек, пострадало 4 945 523 (в соответствии с критериями информации о ЧС, утвержденными приказом МЧС России от 8 июля 2004 г. №329).

По сравнению с 2004 г. количество чрезвычайных ситуаций природного характера сократилось на 14,3%, техногенного с учетом пожаров - возросло на 185,5% (в первую очередь в связи с изменением порядка учета количества ЧС от пожаров).

В 2005 г. погибло: на пожарах - 18194 человека; по причинам, связанным с ЧС на воде, - 14144 человека, в 223342 дорожно-транспортных происшествиях - 33 957 человек (получило ранения в ДТП 274 864 человека). Необходимо уточнить, что участились случаи ЧС в образовательных учреждениях России. За последние три года произошло 3266 случаев возгорания и пожаров, в которых погибли 101 работник и 253 учащихся.

Чрезвычайные ситуации техногенного характера возникали 2464 раза (погибло 5528 человек, пострадало 4927820), природного - 198 (погибло 38 человек, пострадало 13694), биолого-социального - 48 (погиб один человек, пострадало 3743).

На территории Российской Федерации было совершено 10 крупных террористических акций, вследствие которых погибло 70 человек, пострадало 266.

Опасности в техносфере

В 2005 г. (по сравнению с 2004 - м) количество чрезвычайных ситуаций техногенного характера, как отмечалось выше, увеличилось на 185,5% (с 863 до 2 464) - из-за изменения правил учета ЧС, вызванных пожарами. Увеличение

числа других видов ЧС техногенного характера было менее значительным и составило:

- ДТП с тяжкими последствиями - на 19,8% (с 116 до 139);
- обнаружений неразорвавшихся боеприпасов - на 31,8% (с 22 до 29);
- аварий, крушений грузовых и пассажирских поездов - на 83,3% (с 6 до 11);
- аварий в электроэнергетических системах на - 62,5% (с 8 до 13);
- аварий на коммунальных сетях жизнеобеспечения — на 63,6% (с 11 до 18);
- взрывов в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании - на 63,6% (с 11 до 18).

По остальным видам ЧС техногенного характера существенных изменений нет или произошло уменьшение их числа. В частности, сократилось количество:

- взрывов в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения - на 36,8% (с 19 до 12);
- авиационных катастроф - на 17,1% (с 35 до 29);
- аварий с выбросом радиоактивных веществ - на 50% (с 4 до 2) и др.

Потенциальные опасности в промышленности

В России функционирует около 8 тысяч взрывопожароопасных объектов и более 29 тысяч напорных гидротехнических сооружений (ГТС). В зонах возможного воздействия поражающих факторов при возникновении ЧС на промышленных объектах, включая химически, ядерно- и радиационно опасные и ГТС, проживает свыше 100 млн. человек.

Основные поражающие факторы чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах связаны с фугасным, термическим и осколочным воздействием. Зоны поражения, как правило, не выходят за пределы самих объектов и их окрестных зон. Однако, когда строительство ведется с нарушением СНиП, в непосредственной близости от технологических объектов оказываются жилые дома, хозяйственные или промышленные сооружения. Особенно резко возрастает опасность поражения людей при взрывах в местах хранения боеприпасов и спецхимии. Сохраняется риск возникновения ЧС, связанный с медленными темпами реконструкции и модернизации производств, снижением квалификации специалистов и значительным числом нарушений правил техники безопасности.

Достаточно серьезную опасность представляют собой взрывы на объектах, зоны возможного поражения которых могут простираются далеко за пределы их территорий.

Так, в санитарно-защитных зонах газовых промыслов и других потенциально опасных объектов ОАО «Газпром» находится более 850 зданий, сооружений и других объектов, принадлежащих «третьим» лицам, в том числе 176 отдельных жилых домов, 485 дачных и садовых участков, 143 нежилых строения (нежилые здания, гаражи, стоянки, цеха, склада и т.п.) и 11 животноводческих ферм. Прогнозируемая численность населения, которое может оказаться в зонах вероятных ЧС на взрывопожароопасных объектах, превышает 3,5 тыс. человек.

Любая техногенная авария на объектах газовой отрасли несет в себе потенциальную угрозу, особенно в плотно населенных, хорошо освоенных районах с развитой инфраструктурой. Дело в том, что на промышленных предприятиях и объектах этой отрасли в технологических процессах используется

взрывопожароопасное углеводородное сырье, которое отличается также высокой коррозионной активностью и токсичностью. Кроме того, опасным фактором является наличие на предприятиях и у населения природного и сжиженного газа, используемого для промышленных и бытовых нужд. Высокая взрывоопасность газа при нарушениях технологического процесса и правил обращения с ним может привести к значительным чрезвычайным ситуациям.

Большое число погибших и пострадавших отмечается в угольной промышленности. В организациях по добыче (переработке) угля в 2005 г. произошло 40 аварий. Больше всего их случилось в Кузбассе - 23 и Печорском бассейне — 13. В этой отрасли произошло 119 несчастных случаев со смертельным исходом. Основные причины смертельного травматизма на горнорудных предприятиях: износ технологического транспорта и механизмов; обрушение горных масс; падение с высоты; электротравмы.

На опасных производственных объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности в 2005 г. произошло 16 аварий. Общее количество несчастных случаев со смертельным исходом составило 27. Увеличилось количество групповых несчастных случаев - до 16, при этом пострадало 43 человека.

В числе причин аварий со смертельным исходом неудовлетворительное состояние технических устройств, зданий и сооружений, а также нарушение производственной дисциплины, неосторожные (несанкционированные) действия исполнителей работ (27%); плохая организация проведения сложных ремонтных и иных видов опасных работ (24,1%); нарушение технологии производства работ (24%).

На опасных производственных объектах нефтепродуктообеспечения произошло 9 аварий и 16 несчастных случаев со смертельным исходом. Повышенный риск эксплуатации линейных частей магистральных нефтепроводов связан, в первую очередь, с большой протяженностью и сложностью трасс, высоким содержанием нефти в трубопроводах, их прохождением вблизи мест сосредоточения людей: населенных пунктов, автомобильных и железных дорог.

На магистральном трубопроводном транспорте произошло 37 аварий, в которых погибло 5 и травмировано 10 человек; в нефтедобыче - 22 аварии, в которых травмировано 17 и погибло 27 человек. В основном аварийность и травматизм на объектах нефтегазодобычи связаны с низкой производственной дисциплиной, недостаточной профессиональной подготовкой персонала, а также с неэффективностью производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности и охраны труда.

Значительную угрозу для населения представляет нестабильная работа объектов энергоснабжения. Только вследствие ЧС федерального уровня в системе электроснабжения г. Москвы (аварии на подстанции «Чагино» 25 мая 2005 г.) пострадало 4 927 820 человек.

Между тем в электроэнергетике количество оборудования, отработавшего свой ресурс, составляет 60-65%.

Радиационная опасность

В России функционирует более 1,5 тыс. ядерно- и радиационно опасных объектов. Чрезвычайные ситуации, связанные с такими объектами (включая

компоненты ядерного оружия), ядерными материалами, радиоактивными веществами и отходами, источниками ионизирующих излучений, вследствие их особой разрушительной силы и долговременных негативных последствий представляют собой одну из серьезных угроз национальной безопасности, социально-экономическому развитию Российской Федерации и всего мирового сообщества.

Проблема обеспечения радиационной безопасности в стране на сегодня является одной из приоритетных задач органов управления и других структур РСЧС.

Ее решение обусловлено соблюдением установленных соответствующими регламентами правил обращения с радиоактивными веществами на АЭС, предприятиях, добывающих и перерабатывающих уран, на объектах ядерного военно-промышленного комплекса, океанском атомном флоте, на исследовательских атомных реакторах, при транспортировке радиоактивных веществ, а также в местах их захоронения.

В 2005 г. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляла регулирование ядерной и радиационной безопасности на 10 атомных станциях, на которых эксплуатируется 31 энергоблок. Кроме того, 4 блока находятся в стадии подготовки к выводу из эксплуатации и 7 энергоблоков АЭС - в стадии сооружения. Действующие энергоблоки АЭС России работали, в основном, устойчиво в базовом режиме без чрезвычайных ситуаций. Техногенных аварий с выбросом радиоактивных веществ в 2005 г. на атомных станциях не зафиксировано.

В 2005 г. Ростехнадзор также осуществлял регулирование ядерной и радиационной безопасности на 77 исследовательских ядерных установках в эксплуатирующих организациях различных министерств и ведомств. Под его надзором находилось 14 промышленных предприятий топливного цикла и 52 научно-исследовательских, проектных организации и организации, выполняющие перевозки, хранение ядерных материалов и иные работы для предприятий топливного цикла.

В число поднадзорных объектов входило: 5 действующих промышленных реакторов; 26 ядерных установок по переработке ядерных материалов; 6 установок для проведения НИОКР с использованием ядерных материалов; 15 пунктов хранения ядерных материалов, отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов; 10 выводимых из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов; 3 выводимых из эксплуатации хранилища радиоактивных отходов.

За 2005 г. зафиксировано 23 нарушения, расследуемых в соответствии с «Положением о порядке расследования и учета нарушений в работе объектов ядерного топливного цикла» (НП-047-03).

В сфере экономики работало 2174 поднадзорных организации, предприятия и учреждения, осуществлявшие свою деятельность в области использования атомной энергии и имевшие в своем составе 6562 территориально обособленных или технологически независимых радиационно опасных объекта (РОО), на которых проводились работы с радиоактивными веществами (РВ), радиоактивными отходами (РАО) и радионуклидными источниками (РНИ). Это:

- цеха, лаборатории, установки, производственные линии, пункты хранения РВ и РАО предприятий авиационной, металлургической, судостроительной и

химической промышленности, горно-добывающей и горно-обогатительной отраслей, предприятий топливно-энергетического комплекса;

- геологические и научные организации;
- воинские части и организации Вооруженных Сил Российской Федерации;
- медицинские учреждения, таможенные органы и др.

Химическая опасность

В России функционирует свыше 2,5 тыс. химически опасных объектов. В их технологических процессах используются такие аварийно химически опасные вещества (АХОВ), как хлор, аммиак, окись этилена и углеводороды, получаемые крекингом нефтепродуктов. Состояние промышленной безопасности на крупных предприятиях химии в основном удовлетворительное. Однако сокращение сроков проведения капитального ремонта, эксплуатация изношенного оборудования и уменьшение численности обслуживающего персонала вызывает опасение за их безопасную работу.

Химически опасными в газовой промышленности являются объекты, осуществляющие хранение и переработку сероводород - содержащего газа, а также стабильного газового конденсата, содержащего серный ангидрид. Угрозу химического поражения представляют также организации и предприятия, где перерабатываются и хранятся АХОВ в объемах, значительно превышающих установленные предельные количества (пороговые значения).

Сероводород, выделяемый при переработке газа, относится к сильным нервным ядам (ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м³), который при концентрации в воздухе 1,1 мг/мл в течение 5 минут может оказывать смертельное воздействие.

Оценка опасности на трубопроводном транспорте

В настоящее время эксплуатируется около 51 тыс. км магистральных нефтепроводов, 142 тыс. км магистральных газопроводов и 24 тыс. км магистральных продуктопроводов, из них 34% работает 20-30 лет, 35% - свыше 30 лет. Степень их износа составляет 70-75%, что и является одной из основных причин аварийности на трубопроводном транспорте. В числе других - несанкционированные, криминальные врезки, недостаточная организация безопасности околотрассовых сооружений нефтепроводов и продуктопроводов и др.

Автомобильный транспорт

Количество крупных автомобильных катастроф, в которых погибло 5 и более человек или пострадало 10 и более человек, по сравнению с аналогичным показателем 2004 г., возросло на 19,8%; число погибших в дорожно-транспортных происшествиях - на 20%, а пострадавших - на 80%.

По данным МВД России, в 2005 г. на территории России аварийность на автотранспорте повысилась. Было зарегистрировано 223342 дорожно-транспортных происшествия (в 2004 г. - 208 558). В них погибло 33957 и получило ранения 274864 человека.

Основное число дорожно-транспортных происшествий - 160970 (72,1%) зарегистрировано в городах и населенных пунктах. На автомобильных дорогах вне

городов и населенных пунктов произошло 61763 ДТП (27,7%), в результате которых смертельные травмы получили 17 из каждых 100 пострадавших.

Ухудшается положение с обеспечением безопасности пассажирских перевозок. Количество ДТП, произошедших из-за нарушений Правил дорожного движения водителями автобусов, возросло на 8,8%. Всего зарегистрировано 5276 таких происшествий.

В среднем по стране в расчете на 10 тыс. единиц транспортных средств произошло 66 ДТП. При этом в расчёте на каждые 100 тыс. жителей пострадало в среднем 215 человек. Увеличение количества происшествий на автомобильном транспорте происходит из-за существенного увеличения автомобильного парка страны, ненадлежащего транспортно-эксплуатационного состояния улично-дорожной сети, несоответствия интенсивности и пропускной способности, а также вследствие недисциплинированности и невысокого уровня квалификации водителей.

Самым массовым видом происшествий являются наезды на пешеходов - 41,3%; столкновения транспортных средств составили 30,6% всех дорожно-транспортных происшествий; 80,9% всех ДТП произошло из-за нарушений ПДД водителями транспортных средств. Достаточно высок удельный вес дорожно-транспортных происшествий (23,9%), сопутствующими условиями совершения которых явились неудовлетворительные дорожные условия.

ЧС на авиационном транспорте

В 2005 г. по сравнению с 2004-м их количество сократилось (29 против 35); однако на 17,1% возросло число погибших (102 против 62) и пострадавших (83 против 54). Количество инцидентов, связанных с эксплуатацией самолетов и вертолетов, превысило показатели 2004 г.

Определяющими факторами авиационных происшествий являются: нарушение правил подготовки и выполнения полетов, отсутствие должного взаимодействия в экипажах, в том числе при возникновении нештатных ситуаций в полете; сознательное продолжение полета при метеоусловиях ниже установленного минимума; потеря пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости и сверхнормативная загрузка (25% авиационных происшествий).

Железнодорожный транспорт

Количество ЧС по сравнению с 2004 г. возросло на 83,3% (11 против 6). На железнодорожном транспорте насчитывается 45 тысяч опасных производственных объектов, более половины из них выработало свой нормативный срок службы. Негативная динамика инцидентов с опасными грузами обусловлена высокими показателями нарушений технологии производства ремонтных и регламентных работ транспортных средств, предназначенных для перевозки опасных грузов, и отсутствием эффективных средств контроля спецтранспорта. Наихудшее положение сохраняется на Сахалинской (70,8%), Северо-Кавказской (63,5%) и Юго-Восточной (60,3%) железных дорогах - филиалах РЖД. В среднем в год здесь происходит более 50 случаев схода и столкновения промышленного подвижного состава перевозящего опасные грузы.

В 2005 г. на 9% снизилось количество пожаров на российских железных дорогах. На сетях железных дорог развернуты и находятся в постоянной готовности к выезду на пожары или для ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами 324 пожарных поезда. Около 25% пожарных поездов по своим тактико-техническим характеристикам отнесено к категории специализированных — способных наряду с тушением пожаров выполнять широкий спектр работ по перекачке и нейтрализации опасных грузов.

ЧС на пассажирских и грузовых судах

В 2005 г. их количество сохранилось на уровне 2004-го; число погибших на водном транспорте возросло по сравнению с предыдущим годом почти в 2 раза, а по отношению к среднемуголетним значениям - на 75%. Число пострадавших по отношению к предыдущему году сократилось в 2,5 раза, а по отношению к среднемуголетним показателям - в 3 раза. В 2005 г. на морском транспорте произошло 30 аварийных происшествий (в 2004 г. - 46). Как правило, аварийность увеличивается в осенне-зимний период из-за неблагоприятных погодных условий (45% от общего количества аварий в 2005 г.).

Объекты ЖКХ

Параметры аварийности на объектах ЖКХ сохранялись на уровне предыдущего года. Ведущими факторами аварийности в ЖКХ являются: высокий износ инфраструктуры (требуется замена более 60% коммунальных водопроводных, канализационных, тепловых, электрических сетей и трансформаторных подстанций, отслуживших нормативный срок) и нарушение правил эксплуатации систем и оборудования. Неблагополучное состояние систем водоснабжения и канализации является предпосылкой для возникновения крупных эпидемических вспышек и гепатита «А». Так, неудовлетворительное состояние коммунальных систем в Нижегородской области послужило предпосылкой для возникновения крупномасштабной вспышки вирусного гепатита «А».

Загрязнения окружающей среды

В 2005 г. на территории Российской Федерации было отмечено 78 аварий (в 2004 г. - 59), приведших к загрязнению окружающей среды. К наиболее существенным авариям относятся:

- утечка 30 т нефти на автодорогу, придорожную полосу и пашни в результате несанкционированной врезки в нефтепровод «Дружба-2» (Безенчукский район Самарской области), площадь загрязнения составила около 3000 м² (январь);
- нарушение технологического процесса при консервировании скважины Харбижинского нефтяного месторождения в Терском районе Республики Кабардино-Балкария, приведшее к загрязнению атмосферного воздуха сероводородом в ряде населенных пунктов (82-111 ПДК). В районную больницу обратилось более 260 человек с признаками отравления. В связи со сложившейся ситуацией в Кабардино-Балкарской Республике был объявлен «режим чрезвычайной ситуации» (апрель);

- авария на электроподстанции «Чагино» в г. Москве и последовавшее затем отключение электроэнергии, в результате чего произошел аварийный сброс неочищенных сточных вод с Курьяновской и Люберецкой станций аэрации МГП «Мосводоканал» - содержание фенолов в р. Москве достигло 19-80 ПДК, нитритного азота - 18-70 ПДК, аммонийного азота - 40 ПДК, содержание растворенного в воде кислорода сократилось до 4 мг/л (при норме не ниже 6 мг/л) (май);
- авария 13.11.2005 г. на химическом заводе в КНР, в результате которой в р. Сунгари (приток р. Амур) сброшено 100 т бензола и нитробензола. Возникла реальная угроза загрязнения р. Амур - источника водоснабжения городов Хабаровска, Амурска и Комсомольска-на-Амуре.

В 2005 г. стационарной наблюдательной сетью Росгидромета на территории России был зарегистрирован 541 случай экстремально высокого загрязнения поверхностных вод (в 2004 г. - 502 случая) и 3 случая экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха по визуальным и органолептическим признакам (в 2004 г. - 2 случая).

Природные опасности

Общее количество ЧС природного характера, происшедших в 2005 г. в Российской Федерации, сократилось по отношению к 2004 г. на 14,3%, число пострадавших снизилось с 16475 до 13694 человек.

Опасные гидрологические явления. В 41 субъекте Российской Федерации возникали опасные гидрологические явления, последствием которых стало 30 ЧС.

В период весеннего половодья произошли: одна ЧС регионального уровня, 12 ЧС территориального уровня, 16 ЧС локального и местного уровней.

Своевременное выявление негативной динамики развития событий на Волжско-Камском каскаде в апреле 2005 г., обусловленных повышенными сбросами воды, позволило исключить развитие событий по катастрофическому сценарию. В результате своевременно принятых организационных, технологических и технических мер не было допущено прорыва противопаводковых дамб и затопления населенных пунктов.

Вследствие активизации **экзогенных процессов** (селей, оползней) произошло 10 ЧС (из них 9 - на территории Южного федерального округа), в результате которых погиб 21 человек. Число пострадавших возросло более чем в 3 раза - до 648 человек.

В результате схода **снежных лавин** произошли 2 ЧС (в Южном и Дальневосточном федеральных округах), погибло 9, пострадало 54 человека.

Площадь, пройденная **природными пожарами**, возросла на 55,6%. Всего на территории Российской Федерации произошло 19,2 тыс. лесных пожаров, из них 68,3% - по вине граждан.

Площадь лесных земель, пройденная пожарами, по сравнению с 2004 г. увеличилась на 302 тыс. га. Кроме лесных земель, пожарами было пройдено 300,6 тыс. га нелесных земель, предназначенных для нужд лесного хозяйства.

В течение 2005 г. сохранялась высокая сейсмическая активность Курило-Камчатской сейсмогенной зоны, характерная для последних трех-пяти лет, повышенная активность Байкальского региона и Алтае - Саянской зоны. Наблюдалось увеличение количества сейсмических событий на юге Якутии.

Сохранялась тенденция увеличения количества опасных гидрометеорологических явлений. В целом по России отмечено 361 явление, нанесшее ущерб отраслям экономики и населению, что является наибольшим показателем за последние 15 лет. 309 из общего количества опасных явлений были предсказаны организациями Росгидромета с достаточной заблаговременностью.

Наиболее часто повторяющимися опасными явлениями были: сильный ветер, в т.ч. шквал — 44 случая (в 2004 г. - 40); очень сильный дождь (ливень) - 32 (против 26 в 2004 г.), а также повышение уровня воды в результате дождевых паводков (22) и весеннего половодья (15).

Таблица 1. Характеристики опасных явлений погоды на территории Российской Федерации в 2004-2005гг.

Опасные гидрометеорологические явления-источники ЧС	Количество опасных явлений		Изменения %
	2005г.	2006г.	
Сильный ветер (в т.ч. шквал, смерч), сильная метель	68	68	0
Очень сильные осадки (в т.ч. очень сильный дождь, очень сильный снег), гололедно-изморозевые отложения, крупный град	76	72	+4
Сильный мороз, жара	11	3	+8
Сход снежных лавин, сход селей	31	15	+16
Агрометеорологические явления (заморозки, засуха, суховей, выпревание, вымерзание и др.)	52	23	+29
Чрезвычайная пожарная опасность	20	5	+15
Гидрологические явления – повышение (понижение) уровней воды в реках выше (ниже) опасных отметок (половодье, дождевые и снегодождевые паводки, низкая межень)	54	61	-7
Комплексные неблагоприятные явления (сочетание двух и более неблагоприятных явлений, нанесших ущерб)	49	72	-23
Всего: опасных явлений и комплексных неблагоприятных явлений	361	310	+51

По-прежнему наибольшее количество опасных явлений наблюдалось в Северо-Кавказском регионе, на долю которого пришлось 27% от их общего числа.

Опасные метеорологические явления. Несмотря на аномально большое число опасных явлений, меньше было явлений, носящих катастрофический характер. К наиболее масштабным и разрушительным относятся:

- сильный снег, метель, порывы ветра до 42 м/с в Камчатской области 2 и 11 февраля - прекращалось движение автотранспорта, отмечались обрывы линий электропередачи и перебой в энергоснабжении, прекращалась работа предприятий;
- массовый сход снежных лавин в течение марта в горных районах республик Северного Кавказа с перекрытием Транскавказской магистрали (в первых

числах месяца в тоннеле была заблокирована 21 машина с людьми) и дорог местного значения;

- сильный ветер в Приморском крае 20-21 апреля (до 30 м/с, во Владивостоке - ураган до 36 м/с) привел к повреждениям линий электропередачи, нарушению энерго- и водоснабжения и другому ущербу;
- очень сильные дожди и порывы ветра до 25 м/с в Калининградской области 9-10 августа. В результате в ряде населенных пунктов нарушалось электро- и теплоснабжение, было подтоплено 46 предприятий, улицы и подвалы жилых домов, нарушалась связь с 14 населенными пунктами;
- комплекс неблагоприятных явлений (сильные осадки, порывистый ветер, значительное понижение температуры) в Забайкалье 15-18 сентября. Местами прекращались уборочные работы, частично или полностью были повреждены сельхозкультуры на площади более 11 тыс. га, в ряде районов были сорваны крыши домов, повреждены линии электропередачи, нарушалась связь, на отдельных участках приостанавливалось движение поездов.

Случаи сильного града, ежегодно фиксируемые в Южном федеральном округе, вынудили Россельхоз в 2005 г. профинансировать работы по защите сельскохозяйственных культур от этого явления на сумму 51 млн. руб.

Опасные гидрологические явления. На европейской территории страны весеннее половодье развивалось преимущественно спокойно. Однако при прохождении пика половодья на малых реках Тверской, Ульяновской, Саратовской, Самарской, Пензенской и Кировской областей, республик Башкирия, Марий Эл и Чувашия в ряде населенных пунктов отмечалось затопление жилых домов, административных зданий, автодорог, сельхозугодий и повреждение мостов.

На реках азиатской части территории страны весеннее половодье развивалось более интенсивно.

На реке Бирюса (Иркутская область) 26 апреля образовался мощный затор льда, в результате чего н.п. Патриха был разрушен, завален льдом по крыши домов, погибло трое человек. В период с 27 апреля по 1 мая из-за выпадения сильных дождей в Тайшетском и Нижнеудинском районах Иркутской области на реке Бирюсе и ее притоках (Топорке и Туманшете) прошел высокий снегодождевой паводок, что привело к затоплению прибрежных территорий ряда населенных пунктов и дорог, разрушению мостов.

В мае дождевые паводки прошли на реке Терек и его притоках; затопления и разрушения жилых домов и хозяйственных объектов отмечались в республиках Ингушетия, Северная Осетия - Алания, Дагестан и Чечня. Во второй декаде мая и в июне из-за сильных дождей высокие дождевые паводки прошли на малых реках Ставропольского края, республик Северная Осетия - Алания, Ингушетия, Дагестан и Чечня - наблюдалось затопление пониженных участков населенных пунктов и хозяйственных объектов.

Сложная гидрологическая обстановка складывалась в нижнем течении реки Терек (Республика Дагестан). В связи с частичным повреждением заградительных дамб и прирусловых валов отмечались значительные затопления прилегающих территорий и населенных пунктов, проводилась эвакуация населения и рогатого скота.

Биолого-социальные опасности

Количество биолого-социальных ЧС на территории Российской Федерации увеличилось в 2005 г. по сравнению с предыдущим годом на 71,5% (с 28 до 48).

Впервые в стране были зарегистрированы массовые эпизоотии гриппа птиц А (H5N1) и ящура «Азия-1» в связи с заносом вирусов из стран Юго-Восточной Азии.

Зарегистрировано 21,2 млн. случаев инфекционных болезней среди населения, из них 20,2 млн пришлось на долю гриппа и острых респираторных вирусных инфекций (95,2% в общей структуре инфекционной заболеваемости). Отмечался рост заболеваемости вирусным гепатитом «А», брюшным тифом, острыми кишечными заболеваниями с установленным и не установленным возбудителем, туляремией, клещевым энцефалитом, клещевым боррелиозом. Зарегистрирована 61 вспышка острых кишечных инфекций (в т.ч. 14 водного и 43 пищевого характера) и 11 вспышек вирусного гепатита «А». Крупные вспышки возникли в результате контаминирования вирусом гепатита «А» водоисточников в Нижегородской (более 3500 пострадавших) и Тверской областях (672 пострадавших). Отмечался высокий уровень заболеваемости краснухой, обусловленной низким объемом мероприятий по вакцинопрофилактике.

Эпидемиологическая и эпизоотологическая обстановка по зоонозным и природно-очаговым инфекциям в 2005 г. оставалась напряженной. Число больных клещевым вирусным энцефалитом увеличилось на 8,7% - зарегистрировано 4430 заболевших, что составляет 3,1 на 100 тыс. населения.

Наиболее высокие уровни заболеваемости зарегистрированы в Усть-Ордынском Бурятском автономном округе - 39,3, Республике Алтай и Томской области - 30,5 на 100 тыс. населения. Рост заболеваемости в 2005 г. в Тюменской, Читинской областях и Республике Бурятия составил от 60 до 80%. Увеличилось число заболевших клещевым вирусным энцефалитом детей и лиц пенсионного возраста.

Заражение населения происходило не только при посещении непривитым населением природных биотопов и освоении садово-огородных участков, но и городских скверов и парков. Высокий уровень заболеваемости населения клещевым вирусным энцефалитом является следствием роста активности природных очагов, восстановления в них численности и вирусофорности переносчиков в результате сокращения противоклещевых обработок.

Сохраняется напряженная эпидемическая обстановка по социально-обусловленным инфекционным болезням. Продолжается увеличение ВИЧ-инфицированных (ежедневно заражается около 100 человек) с выраженным ростом заболеваемости среди детского населения; около 60% всех случаев были сконцентрированы в 10 субъектах РФ: Свердловской, Московской, Самарской, Иркутской, Челябинской, Оренбургской и Ленинградской областях, Ханты-Мансийском АО, городах Москве и Санкт-Петербурге. Уровень заболеваемости туберкулезом значительно превысил средне-федеральный в большинстве субъектов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Количество эпизоотических очагов сибирской язвы значительно превысило их число в 2004 г. (16 очагов против трех). Они выявлены на территориях республик Калмыкия, Дагестан и Башкортостан, Красноярского края, Белгородской, Курской, Воронежской и Ростовской областей. В Республике Башкортостан был зарегистрирован случай заболевания среди населения.

Сохраняется вероятность трансграничного заноса ящура, а также риск выноса вируса из биопредприятий во Владимирской области. На территории Приморского и Хабаровского краев и Амурской области были зарегистрированы 16 неблагополучных пунктов по ящуру.

Фитосанитарная обстановка

Предпосылками возникновения биолого-социальных ЧС является также сокращение посевных площадей на территории Российской Федерации, переходящих в разряд «бросовых земель» (резервации для вредных организмов и мышевидных грызунов), что может привести к ухудшению фитосанитарной обстановки.

В заключение хотим обратить внимание на то, что учащимся и студентам в скором времени предстоит стать руководителями и работниками современных производств. Чтобы не допускать ошибок, создающих угрозы для жизни людей и организовывать эффективную работу по защите персонала предприятий и населения, они должны уже сегодня знать и правильно оценивать современные тенденции и проблемы в области чрезвычайных ситуаций, задумываться над тем, как достичь безопасной жизнедеятельности.

Таблица 2. Сведения о чрезвычайных ситуациях на территории России в 2005 г.

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Всего	Погибло человек	Пострадавших человек
Техногенные ЧС	2464	5528	4 927 820
Аварии и крушения грузовых и пассажирских поездов, поездов метрополитена	11	5	1
Аварии грузовых и пассажирских судов	20	56	64
Авиационные катастрофы	29	102	83
ДТП с тяжкими последствиями (погибло 5 или более человек или ранено 10 и более)	139	572	1115
Аварии на магистральных трубопроводах и внутрипромысловых нефтепроводах	47	2	8
Обнаружение (утрата) неразорвавшихся боеприпасов, взрывчатых веществ	29	3	1
Аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ)	19	4	179
Аварии с выбросом радиоактивных веществ (РВ)	2	4	176
Аварии с выбросом опасных биологических веществ (ОБВ)	0	0	0
Внезапное обрушение производственных зданий, сооружений, пород на подземных выработках	7	11	11

Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения	13	34	56
Аварии на электроэнергетических системах	13	0	4 923 722
Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	18	0	197
Аварии на тепловых сетях в холодное время года	11	3	625
Гидродинамические аварии	0	0	0
Взрывы в зданиях, на коммуникациях или технологическом оборудовании промышленных и сельскохозяйственных объектов	18	52	185
Взрывы в зданиях и сооружениях жилого и социально-бытового назначения	12	26	104
Пожары на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов	28	24	49
Пожары в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения	2048	4634	1423
Крупные террористические акты	10	70	266
Природные ЧС	198	38	13
Землетрясения и извержения вулканов, приведшие к ЧС	32	0	0
Опасные геологические явления (оползни, сели, обвалы, осыпи)	9	21	648
Повышение уровня грунтовых вод	0	0	0
Бури, ураганы, смерчи, шквалы, сильные метели	12	1	56
Сильный дождь, сильный снегопад, крупный град	11	0	5467
Снежные лавины	2	9	54
Заморозки, засуха	0	0	0
Морские опасные гидрологические явления (сильное волнение моря, напор льдов, обледенение судов)	0	0	0
Отрыв прибрежных льдов	16	0	190
Опасные гидрологические явления	31	6	7279
Природные пожары (площадь очагов 25 га и более для наземной охраны лесов, 200га и более для авиационной охраны лесов)	85	1	0
Биолого-социальные ЧС	48	1	3743
Инфекционная заболеваемость людей	22	1	3738

Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных	26	0	0
Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями	0	0	0
Итого:	2720	5637	4 945 523

Однако при ЧС действует еще ряд факторов, повышающих их опасность: паника, распространение ложных и провокационных слухов, неповиновение должностным лицам и представителям власти, групповые нарушения и массовые беспорядки.

Анализ причин ЧС различного характера указывает на проявление так называемого человеческого фактора, незнания или неумения использовать знания в области безопасности.

По своей сущности «человеческий фактор» может проявляться в разных направлениях.

Во-первых, человек может просто стать жертвой аварии или катастрофы. Какими бы знаниями и умениями не обладали люди, но, оказавшись рядом с террористом-смертником или пьяным водителем за рулем, степень стать именно жертвой очень высока.

Во-вторых, человек сам по себе является источником опасности и угроз, причем это проявляется во всех средах обитания человека. Например, в быту: отравление лекарствами, спиртами, табачным дымом, тяжелыми металлами, нитратами (с пищей), пестицидами, разлитой в помещении ртутью. В городской среде водитель транспорта также опасен. Статистика такова: наезд на пешехода 78%, столкновение 13,8%, наезд на велосипедиста 5,0%, наезд на препятствия 2,1%, иные виды 1,1%.

В-третьих, человек может являться источником опасности и целенаправленно. Это происходит в военной области, это преступники всех видов, террористы. Терроризм стал захватывать и экономическую сферу, социальную, информационную.

В-четвертых, человек здравомыслящий, обладающий знаниями в области проблем безопасности, именно он является активным созидателем в движении вперед, в движении безопасном. Поэтому необходима подготовка высококвалифицированных специалистов, владеющих проблемами безопасности на всех уровнях.

Глава 1. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях.

1.1. Основные понятия.

Существуют различные определения понятия «чрезвычайная ситуация». Наиболее часто ***чрезвычайную ситуацию*** определяют как нарушение нормальной жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией, эпифитотией, а также военными действиями и приведшее или могущее привести к людским и материальным потерям. Чрезвычайная ситуация может быть также определена как внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся неопределенностью, стрессовым состоянием населения, значительным социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего человеческими жертвами, и вследствие этого необходимостью быстрого реагирования (принятия решений), крупными людскими, материальными и временными затратами на проведение эвакуационно - спасательных работ, сокращение масштабов и ликвидацию многообразных негативных последствий (разрушений, пожаров; и т.д.) Американские исследователи определяют чрезвычайную ситуацию как неожиданную, непредвиденную обстановку, требующую немедленных действий.

Понятие чрезвычайной ситуации связано с такими понятиями, как «опасность» и «риск».

Для того чтобы определить, относится ли данная ситуация к чрезвычайной, разработан ряд критериев (табл. 1). В таблице представлены 18 параметров, дающих качественные описания рассматриваемых критериев.

Представленные в таблице критерии обладают свойством; системности, т. е. только наличие одновременно всей их совокупности позволяет квалифицировать ситуацию как чрезвычайную. Отсутствие хотя бы одного критерия уже не позволяет; этого сделать.

Приведем примеры использования данных критериев. Предположим, что произошла катастрофа на пассажирском транспорте (авиационном, железнодорожном, автомобильном и др.), повлекшая за собой человеческие жертвы. Однако эта катастрофа не может быть признана чрезвычайной ситуацией, в частности, потому, что не отвечает ей с точки зрения социально-психологического критерия. Стрессовое состояние испытывают, как правило, оставшиеся в живых участники, их родственники и родственники погибших. Остальное население продолжает достаточно спокойно пользоваться транспортными средствами. Кроме того, такая катастрофа зачастую не влечет за собой цепи тяжелых вторичных, третичных и других последствий. Это означает, что она не отвечает и специфическому (седьмому) критерию чрезвычайных ситуаций. Резюмируя вышеизложенное, следует сказать, что рассмотренная катастрофа касается ограниченного круга лиц, «рискнувших» использовать именно это транспортное средство, и не может характеризоваться как чрезвычайная ситуация.

Таблица 1. Критерии чрезвычайных ситуаций (по Б.Н. Перфирьеву)

<i>№ n/n</i>	<i>Тип критерия</i>	<i>Номер параметра</i>	<i>Качественное описание критерия</i>
1	2	3	4
1.	Временный	1	Внешняя внезапность, неожиданность возникновения.
		2	Быстрое развитие событий (с момента возникновения чрезвычайной ситуации).
2.	Социально-экологический	3	Человеческие жертвы, эпидемии, мутагенез, тератогенез у человека и животных.
		4	Эпизоотии, массовый падеж скота.
		5	Вывод из производства значительной части природных ресурсов, сельскохозяйственных угодий и культур.
3.	Социально-психологический	6	Стрессовые состояния (страх, депрессии, психосоматические симптомы, фобии, паника и т.д.).
		7	Дестабилизация психологической устойчивости населения в посткризисный период.
4.	Социально-политический	8	Остроконфликтность, взрывоопасность.
		9	Усиление внутривнутриполитической напряженности, широкий внутривнутриполитический резонанс.
		10	Усиление международной напряженности, широкий международный резонанс.
5.	Экономический (включая технико-экономический)	11	Значительный экономический ущерб в денежном и материальном выражении.
		12	Выход из строя целых инженерных систем и сооружений.
		13	Необходимость значительных материальных затрат на восстановление и компенсацию, создание специальных фондов (страховых и т. д.)
		14	Необходимость использования большого количества разнообразной техники, в том числе качественно новой, для предотвращения ситуации и ликвидации ее последствий.
6.	Организационно-управленческий	15	Неопределенность ситуации, сложность принятия решений, прогнозирования хода событий.
		16	Необходимость быстрого реагирования (принятия решения).
		17	Необходимость привлечения большого числа разных организаций и специалистов. Необходимость масштабных эвакуационных и спасательных работ, включая скорую медицинскую помощь.

7.	Специфический (мультипликативный)	18	Много- и разноплановость последствий, их цепной характер (например, разрушение объекта вследствие взрыва, возникновение пожаров, выход из строя коммуникаций из-за пожаров и т.д. ; задержка в развитии или отказ от продолжения соответствующей научно-технической программы и т.д.)
----	--------------------------------------	----	---

Рассмотрим теперь транспортную катастрофу, произошедшую с железнодорожным составом, перевозившим опасные грузы (взрывчатые, агрессивные или ядовитые химические вещества). Предположим, что в результате катастрофы произошел взрыв. В этом случае под действие такого поражающего фактора попал и достаточно широкий круг лиц, «не связанных» с источником риска (железнодорожный транспорт), а также значительное число сооружений, прежде всего жилых домов. Т.о., возникшая в результате катастрофы ситуация соответствует всем критериям, представленным в таблице 1, и может быть определена как чрезвычайная.

Американские исследователи указывают, что промышленные аварии превращаются в чрезвычайные ситуации в том случае, если вызванные ими последующие негативные события угрожают существованию социальной структуры общества. В связи с этим особый интерес представляет рассмотрение «специфического», или мультипликативного, критерия. Этот критерий выделяет одну из главных характерных черт чрезвычайных ситуаций: многопорядковость и разнообразие последствий - социальных, политических, экологических, экономических, психологических.

Возьмем в качестве примера аварию на Чернобыльской АЭС. В результате аварии погибли десятки и были госпитализированы сотни людей. Пришлось эвакуировать сотни тысяч граждан и затратить на ликвидацию последствий аварии значительные средства (в первые четыре года после аварии было затрачено 10,5 млрд. руб.). Некоторые из соответствующих научно-технических программ, связанных с развитием ядерной энергетики, были заторможены или вообще отменены (в отношении реакторов РБМК-1000). Были разработаны новые подходы к размещению АЭС, а также к подготовке кадров для их обслуживания. Перечисленные мероприятия потребовали от государства значительно увеличить расход финансовых и материальных ресурсов на эти цели.

Наличие всей совокупности параметров (всех 18), качественно описывающих критерии, не является необходимым для определения ситуации как экстремальной. В той или иной конкретной обстановке некоторые из них могут отсутствовать. Например, в случае катастрофического загрязнения окружающей среды токсичными веществами (пестицидами, тяжелыми металлами и др.), параметр 7 (дестабилизация психофизиологической устойчивости в посткризисный период) может отсутствовать.

Рассмотрим основные последствия чрезвычайных ситуаций. За последние 20 лет от них на Земле пострадало более 1 млрд человек, в том числе свыше 5 млн погибло или было ранено, а нанесенный материальный ущерб исчисляется триллионами долларов. За указанный период по экологическим причинам покинули родные места и стали беженцами миллионы людей. В настоящее время в мире число таких беженцев превышает 10 млн человек, тогда как число традиционных беженцев (жертв вооруженных конфликтов и региональных войн) - более 13 млн человек.

Весьма тяжелы последствия **стихийных бедствий**, которыми называют опасные природные явления или процессы, носящие чрезвычайный характер и приводящие к нарушению повседневного уклада жизни значительных групп населения, человеческим жертвам, а также уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям относятся наводнения, землетрясения, засухи, вулканическая деятельность, массовые лесные пожары, сильные устойчивые морозы и др. Наибольший вред приносят наводнения (40% общего урона), ураганы (20%), землетрясения и засухи (по 15%). Остальные 10% общего урона приходятся на остальные виды стихийных бедствий.

В качестве примера рассмотрим последствия землетрясения, произошедшего в Армении в конце 1988 г. В результате землетрясения пострадало 550 тыс. человек, из них погибло 25 тыс. человек. Было потеряно 8 млн м² жилья, без крова осталось 514 тыс. человек. Нарушилась связь с 121 отделением связи, было выведено из строя 50 автоматических телефонных станций (АТС) и система оповещения. Перестали функционировать 170 промышленных предприятий, вышло из строя 102 км канализационных сетей, было нарушено водоснабжение в 11 населенных пунктах. Из 965 населенных пунктов на территории республики пострадало 173, а 58 населенных пунктов было разрушено полностью.

За последние 20 лет от стихийных бедствий в мире пострадало в общей сложности более 800 млн человек (свыше 40 млн человек в год), погибло порядка 140 тыс. человек, а ежегодный материальный ущерб от стихийных бедствий за этот период составил не менее 100 млрд долл.

Большую опасность представляют техногенные (технологические) катастрофы, которые возникают вследствие нарушения технологического процесса или внезапного выхода из строя машин, механизмов и технических устройств во время их эксплуатации. К техногенным катастрофам относятся различные аварии на промышленных и энергетических объектах, а также на транспорте, растекание по поверхности почвы и воды токсичных жидкостей и нефтепродуктов и др.

Среди наиболее опасных техногенных (технологических) катастроф следует указать аварии на энергетических объектах, прежде всего на АЭС; далее следуют химические предприятия, выпускающие пестициды, гербициды, минеральные удобрения, пластмассы; транспортные аварии (при перевозке опасных грузов); нефтяные разливы при прорыве трубопроводов и др. Особое место в этом ряду занимает разрушение плотин. По своим последствиям они могут быть более опасными, чем аварии на АЭС. Следует, однако, подчеркнуть, что радиационные и химические поражающие факторы, возникающие при авариях на АЭС и химических предприятиях, обладают долгосрочным и, что особенно опасно, скрытым (латентным) воздействием на организм человека, а также оказывают негативное воздействие на здоровье будущих поколений.

1.2. Классификация чрезвычайных ситуаций.

Существуют различные классификации чрезвычайных ситуаций. Наиболее часто за основание классификации выбирают характер возникновения (генезис) чрезвычайной ситуации. Очень часто чрезвычайные ситуации характеризуются в отношении их преднамеренности. При таком подходе вся совокупность рассматриваемых ситуаций распадается на два больших типа: *преднамеренные* и

непреднамеренные чрезвычайные ситуации. Происхождение чрезвычайной ситуации может также рассматриваться в отношении ее естественности. При этом подходе все чрезвычайные ситуации подразделяются на три типа: *искусственного происхождения, или антропогенные* (включая техногенные), *естественного* (природные) и *смешанного происхождения, или природно-антропогенные*. В табл. 2 представлены типы чрезвычайных ситуаций. В основание их классификации положены такие признаки, как преднамеренность и естественность.

При классификации по признаку «преднамеренность» вся совокупность рассматриваемых ситуаций распадается на два больших типа: преднамеренные и непреднамеренные чрезвычайные ситуации. В первый из названных типов входят социально-политические конфликты, а в последний - три класса чрезвычайных ситуаций (стихийные бедствия, техногенные (технологические) катастрофы и «комбинированные» чрезвычайные ситуации).

Если за основу классификации берется признак «естественность», то антропогенные чрезвычайные ситуации включают в себя социально-политические конфликты и техногенные катастрофы, второй тип (природные чрезвычайные ситуации) включает стихийные бедствия и, наконец, последний — класс чрезвычайных ситуаций «комбинированного» возникновения.

Таблица 2 . Типы чрезвычайных ситуаций

Основание классификации	Характер генезиса (преднамеренность)										
Типы ситуаций	Преднамеренные		Не преднамеренные								
Классы	Социально -политические конфликты		Техногенные (технологические) катастрофы			Стихийные бедствия		«Комби ниро ваные» чрезвычайные ситуации			
Подклассы	Социально-политические конфликты	Военно-политические конфликты	Промышленные катастрофы	Транспортные катастрофы	Прочие катастрофы	Техногенные катастрофы	Гидро-метеорологические катастрофы	Природно-техногенные	Природно-социальные	Социально-технологические	Пришито-технологические
Группы	Забастовки, саботаж, террористические акты	Диверсии, пограничные конфликты, войны	Катастрофы на энергетических (АЭС, ГЭС и др.) промышленных объектах	Катастрофы при перевозке опасных грузов	Загрязнение воздуха, воды, почв, в том числе продуктов питания токсичными веществами	Землетрясения, цунами	Наводнения, смерчи, торнадо, снежные бури, лавины, засухи, оползни	Опустынивание, просадки грунтов, оползни	Эпидемии инфекционных заболеваний (в том числе СПИД)	Эпидемии профессиональных заболеваний (силикоз, аллергии и т.д.)	Эпидемии психических заболеваний (умственные отсталости, фобии и т.д.)
Типы ситуаций	Антропогенные (включая техногенные)					Природные		Природно - антропогенные			
Основание классификации	Характер генезиса (естественность)										

Важная характеристика чрезвычайных ситуаций - темпы их формирования (развития). По продолжительности (от непосредственной причины возникновения чрезвычайной ситуации до ее кульминационной точки) все ситуации можно разделить на «взрывные» и «плавные». Продолжительность развития чрезвычайных ситуаций первого типа составляет от нескольких секунд до нескольких часов. Примером, таких экстремальных ситуаций могут служить стихийные бедствия и некоторые виды техногенных катастроф (аварии на крупных АЭС, ТЭС, газо- и нефтепроводах, а также на химических предприятиях).

Продолжительность развития чрезвычайных ситуаций второго типа может исчисляться несколькими десятилетиями. Такая ситуация возникла в 1978 г. в районе канала Лав (г. Ниагара-Фолс, США). С 1942 по 1953 гг. филиал известной нефтехимической корпорации «Оксидентал Петролеум» производил захоронение опасных отходов, содержащих диоксин и еще примерно 200 ядовитых веществ. Спустя четверть века они просочились на поверхность, попали в водопроводную сеть и создали серьезную угрозу здоровью и жизни населения. 1 августа 1978 г.

президент США Д. Картер объявил «национальную чрезвычайную ситуацию» - население города было эвакуировано.

По масштабу распространения чрезвычайные ситуации классифицируют на: локальные (объектные), местные, региональные, национальные и глобальные. В понятие масштаба распространения входят не только размеры территории, на которой возникла чрезвычайная ситуация, но и ее косвенные последствия (нарушение связи, систем водоснабжения и водоотведения, необходимость ремонта или разборки поврежденных зданий и сооружений и др.), а также тяжесть этих последствий, которую оценивают по затрате сил и ресурсов, привлеченных для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Локальные чрезвычайные ситуации возникают на отдельных объектах народного хозяйства (предприятиях, промышленных очистных сооружениях, складах и хранилищах и др.). Последствия чрезвычайных ситуаций на этих объектах «устраняются собственными силами и за счет своих ресурсов.

Уместным чрезвычайным ситуациям относятся такие, которые возникли в населенном пункте, городе, в одном или нескольких районах, а также в пределах области. Устранение их последствий производится с привлечением ресурсов области.

Региональные чрезвычайные ситуации занимают территорию нескольких областей или экономического района; **национальные** - охватывают территорию нескольких экономических районов, но не выходят за пределы государства; **глобальные** чрезвычайные ситуации распространяются и на другие государства. Соответственно устранение перечисленных последствий осуществляется за счет субъектов Российской Федерации, государства в целом или международного сообщества (при глобальных чрезвычайных ситуациях).

Локальная чрезвычайная ситуация при известных условиях вполне может перерасти в региональную, национальную или глобальную. При этом важно установить конкретный тип критерия или параметр, согласно которому возникшая обстановка относится к тому или иному типу чрезвычайной ситуации.

В качестве примеров рассмотрим две самые крупные техногенные катастрофы за всю мировую историю развития энергетики и промышленности.

Крупнейшая ядерная авария произошла 26 апреля 1986 г. в Чернобыле на Украине. В результате последовательных ошибок, допущенных операторами ядерного реактора, в нем начал накапливаться водяной пар. Он реагировал с находящимся в реакторе горячим цирконием и образовывался водород. Давление водорода в активной зоне реактора нарастало, что привело в конечном итоге к разрушению верхней части реактора. При соприкосновении с воздухом газообразная смесь взорвалась и от возникшего пламени загорелся графитовый замедлитель. Этот замедлитель продолжал гореть несколько дней. Радиоактивные вещества, находящиеся в реакторе, попали в атмосферу и образовали радиоактивное облако. Размеры этого облака составляли 30 км в ширину и приблизительно 100 км в длину. Распространившись затем на большое расстояние, это облако вызвало радиоактивное заражение местности. Зона существенного загрязнения местности (с уровнем загрязнения более 5 мр/ч) составила около 3000 км². Несколько десятков человек погибло в результате аварии. Отмечены также многочисленные случаи заболевания лучевой болезнью. Свыше 100 000 человек, проживавшие в радиусе 30 км от реактора, пришлось эвакуировать вскоре после аварии.

Крупнейшая химическая авария произошла на заводе по изготовлению пестицидов в г. Бхопале (Индия) 2 декабря 1984 г. Этот завод - дочернее предприятие американской фирмы «Юнион Карбайд» — производил пестицид севин ($C_{10}H_7OOCNHCH_3$). При его производстве использовалось промежуточное ядовитое соединение (полупродукт) — метилизоцианат.

В результате технической неисправности (поломки предохранительного клапана) одного из резервуаров, в котором хранился метилизоцианат, его ядовитые пары попали в атмосферу. По оценкам, в воздух попало приблизительно 3 т газа, от воздействия которого более 2500 человек погибли, а общее число пораженных отравляющим веществом, которым была оказана медицинская помощь, достигло 90000.

Эти техногенные катастрофы в Бхопале и Чернобыле по технико-экономическому критерию можно отнести к локальной чрезвычайной ситуации, по экономическому - к национальной, а по социально-политическому, имея в виду международный резонанс, а также по социально-экологическому (крупнейшие катастрофы за всю мировую историю индустрии и энергетики) - к глобальной чрезвычайной ситуации.

Представленные в табл. 2 «прочие техногенные катастрофы» в отечественной литературе часто называют экологическими.

В Законе РФ об окружающей среде используется термин катастрофической экологической обстановки в регионе, под которым понимают высшую степень экологического неблагополучия в каком-либо регионе страны. Регион, в котором сложилась катастрофическая экологическая ситуация, в соответствии с указанным Законом носит название зоны экологического бедствия. **Зоны экологического бедствия** - это участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной или иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных. В зоне экологического бедствия окружающая природная среда претерпевает глубокие необратимые изменения, наблюдается существенное ухудшение здоровья населения, увеличивается общая и детская смертность.

1.3. Причины и стадии техногенных катастроф.

Возникновение любой чрезвычайной ситуации, в том числе и техногенной катастрофы, вызывается сочетанием действий объективных и субъективных факторов, создающих причинный ряд событий. Непосредственными причинами техногенных катастроф могут быть внешние по отношению к инженерной системе воздействия (стихийные бедствия, военно-диверсионные акции и т.д.), условия и обстоятельства, связанные непосредственно с данной системой, в том числе технические неисправности, а также человеческие ошибки. Последним, согласно статистике и мнению специалистов, принадлежит главная роль в возникновении техногенных катастроф. По оценке экспертов, человеческие ошибки обуславливают 45% экстремальных ситуаций на АЭС, 60% авиакатастроф и 80% катастроф на море.

Процесс развития чрезвычайных ситуаций (в том числе и техногенных катастроф) целесообразно разделить на три стадии: зарождения, кульминационную и затухания. Принято считать, что во всех типах экстремальной ситуации

рассмотренные стадии присутствуют всегда. В ином случае в соответствии с принятым определением и критериями ситуацию нельзя квалифицировать как чрезвычайную.

На первой стадии развития чрезвычайной ситуации складываются условия предпосылки будущей техногенной катастрофы: накапливаются многочисленные технические неисправности; наблюдаются сбои в работе оборудования; персонал, обслуживающий его, допускает ошибки; происходят не выходящие за пределы объекта некатастрофические (локальные) аварии, т.е. нарастает технический риск. Продолжительность этой стадии оценить трудно. Для «взрывных» чрезвычайных ситуаций (катастрофы в Бхопале и Чернобыле) эти стадии могут измеряться сутками или даже месяцами. У «плавных» техногенных катастроф (например, экстремальная ситуация в районе озера Лав в США) продолжительность указанной стадии измеряется годами или десятилетиями.

Рассмотрим в качестве примера стадию зарождения катастрофы, произошедшей в ночь с 3-го на 4 июля 1989 г. в Республике Башкортостан. В эту ночь на участке 1431 км продуктопровода Западная Сибирь - Урал - Поволжье по перекачке легких углеводородов произошел разрыв трубы диаметром 720 мм с истечением сжиженного продукта, которое продолжалось примерно 2,5 часа (вытекло порядка 11000 т продукта). От места разрыва до железнодорожного полотна расстояние составляло 300 - 500 м. При прохождении по железнодорожной линии двух поездов, следовавших навстречу друг другу, от случайной искры произошел взрыв смеси паров продукта с воздухом, вызвавший крушение поездов. В результате этой техногенной катастрофы 573 человека погибли, 693 были ранены.

Предпосылки зарождения этой катастрофы наблюдались в период с 1985 по 1989 гг. За это время произошло 9 аварийных отказов по различным причинам. Около двух лет не было электрохимической защиты продуктопровода, в результате чего на отдельных его участках произошла поверхностная коррозия на глубину 3—4 мм, а в отдельных случаях и сквозная. Колесный и гусеничный транспорт при переезде через трубопровод наносил ему многократные повреждения. Существовали и другие причины, приведшие к возникновению данной техногенной катастрофы.

Кульминационная стадия техногенной катастрофы начинается с выброса вещества или энергии в окружающую среду (возникновение пожара, взрыва, выброс в атмосферу ядовитых веществ, разрушение плотины) и заканчивается перекрытием (ограничением) источника опасности. В случае Чернобыльской аварии продолжительность кульминационной стадии составляла 15 дней (с 26 апреля по 10 мая 1986 г.).

Стадия затухания технологической катастрофы хронологически охватывает *период* от перекрытия (ограничения) источника опасности — локализации чрезвычайной ситуации до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий. Продолжительность этой стадии измеряется годами и многими десятилетиями.

Особенно тяжелы и продолжительны медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Первым медицинским событием после этой аварии была острая лучевая болезнь. Из 134 заболевших в первые 3 месяца после аварии умерли 28 человек, тогда как за 40 лет до аварии в бывшем СССР было зарегистрировано около 500 случаев острой лучевой болезни с летальным исходом всего в 43 случаях.

Вторым драматическим последствием аварии явилось резкое увеличение рака щитовидной железы у детей, зарегистрированное в некоторых областях Белоруссии и

Украины, а также в Брянской области России. Максимальное количество больных выявлено в районах наибольшего загрязнения радионуклидами.

В дни аварии в окружающую среду были выброшены радионуклиды с общей активностью около 50 млн кюри. В почву попали в основном цезий - 137с периодом полураспада 30 лет, стронций - 90 - 28 лет, плутоний-239 — 24 065 лет и плутоний-241 — 14 лет. Изотоп плутоний-241 по активности превышает плутоний-239. Плутоний-241 в результате радиоактивных превращений преобразуется в амерций-241 (альфа-излучатель), период полураспада которого составляет 485 лет. Последний изотоп преобразуется в нептуний-239, являющийся альфа-излучателем с периодом полураспада 2 140 000 лет (практически вечный альфа-излучатель). Вследствие этого через 20 лет после Чернобыльской катастрофы (к 2006 г.) количество альфа-излучателей в почве увеличится вдвое. После этого уровень радиации будет повышаться еще в течение 40 лет, оставаясь затем уже постоянным на тысячелетия. При попадании в организм человека или животных указанных выше радиоактивных изотопов происходит внутреннее облучение тканей, что повышает риск появления и развития злокачественных опухолей. По современным оценкам, за 50 лет Чернобыль добавит до 15 тыс. смертей от онкологических заболеваний.

Весьма длительна стадия затухания при катастрофах на химических предприятиях, что доказывает пример Бхопала, где люди продолжают умирать до сих пор; а также при загрязнении окружающей среды токсичными веществами.

1.4. Устойчивость работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях.

Устойчивость работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях определяется их способностью выполнять свои функции в этих условиях, а также приспособленностью к восстановлению в случае повреждения. В условиях чрезвычайных ситуаций промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, а транспорт, средства связи, линии электропередач и прочие аналогичные объекты, не производящие материальные ценности, — обеспечивать нормальное выполнение своих задач.

Для того чтобы объект сохранил устойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций, проводят комплекс инженерно-технических, организационных и других мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при развитии чрезвычайной ситуации, а также населения, проживающего вблизи объекта. Необходимо учесть возможность вторичного образования токсичных, пожароопасных, взрывоопасных систем и др.

Кроме того, проводится анализ уязвимости объекта и его элементов в условиях чрезвычайных ситуаций. Разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подготовке в случае повреждения к восстановлению.

С целью защиты работающих на тех предприятиях, где в процессе производства используют взрывоопасные, токсичные и радиоактивные вещества, строят убежища, а также разрабатывают специальный график работы персонала в условиях заражения вредными веществами. Должна быть подготовлена система оповещения персонала и населения, проживающего вблизи объекта, о возникшей на нем чрезвычайной ситуации. Персонал объекта должен быть обучен выполнению конкретных работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в очаге поражения.

На устойчивость работы объекта в условиях чрезвычайных ситуаций оказывают влияние следующие факторы: район расположения объекта; внутренняя планировка и застройка территории объекта; характеристика технологического процесса (используемые вещества, энергетические характеристики оборудования, его пожаро- и взрывоопасность и др.); надежность системы управления производством и ряд др.

Район расположения объекта определяет величину, а также вероятность воздействия поражающих факторов природного происхождения (землетрясения, наводнения, ураганы, оползни и проч.). Важное значение имеет дублирование транспортных путей и систем энергоснабжения. Так, если предприятие расположено вблизи судоходной реки, в случае разрушения железнодорожных или трубопроводных магистралей подвоз сырья или вывоз готовой продукции может осуществляться водным транспортом. Существенное влияние на последствия чрезвычайных ситуаций могут оказывать метеорологические условия района (количество выпадающих осадков, направление господствующих ветров, минимальные и максимальные температуры воздуха, рельеф местности).

Внутренняя планировка и плотность застройки территории объекта оказывают значительное влияние на вероятность распространения пожара, на разрушения, которые может вызвать ударная волна, образующаяся при взрыве, на размеры очага поражения при выбросе в окружающую среду токсичных веществ и др. В качестве примера в табл. 3 показана вероятность распространения пожара в зависимости от расстояния между зданиями.

Таблица 3. Вероятность распространения пожара

<i>Расстояние между зданиями, м</i>	0	5	10	15	20	30	40	50	70
<i>Вероятность распространения пожара, %</i>	100	87	66	47	27	23	9	3	2.

Необходимо учитывать и **характер застройки**, окружающей объект. Так, наличие вблизи данного объекта опасных предприятий, в частности химических, может в значительной степени усугубить последствия возникшей на объекте чрезвычайной ситуации. Следует подробно изучить **специфику технологического процесса**, оценить возможность взрыва оборудования (например сосудов, работающих под давлением), основные причины возникновения пожаров, количество используемых в процессе сильнодействующих, ядовитых и радиоактивных веществ. Для повышения устойчивости объекта в чрезвычайной ситуации необходимо рассмотреть возможность изменения технологий, снижения мощности производства, а также его переключения на производство другой продукции. Необходимо разработать также способ быстрой и безаварийной остановки производства в чрезвычайных ситуациях.

Рассмотрим теперь пути повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем и объектов.

Системы водоснабжения представляют собой крупный комплекс зданий и сооружений, удаленных друг от друга на значительные расстояния. При чрезвычайных ситуациях, как правило, все элементы этой системы не могут быть выведены из строя одновременно. При проектировании системы водоснабжения необходимо предусмотреть меры их защиты в чрезвычайных ситуациях. Ответственные элементы системы водоснабжения целесообразно размещать ниже поверхности земли, что повышает их устойчивость. Для города надо иметь два-три источника водоснабжения, а для промышленных магистралей (промышленного

водоснабжения) — не менее двух-трех вводов от городских магистралей. Следует предусмотреть возможность ремонта данных систем без их остановки и отключения водоснабжения других потребителей.

Весьма важной является **система водоотведения** загрязненных (сточных) вод (система канализации). В результате ее разрушения создаются условия для развития болезней и эпидемий. Скопление сточных вод на территории объекта затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

В разных чрезвычайных ситуациях электрические сооружения и сети могут получить различные разрушения и повреждения. Их наиболее уязвимыми частями являются наземные сооружения (электростанции, подстанции, трансформаторные станции), а также воздушные линии электропередач. В современных крупных энергосистемах применяются различные автоматические устройства, способные практически мгновенно отключить поврежденные электроисточники, сохраняя работоспособность системы в целом.

Для повышения устойчивости системы электроснабжения в первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

Весьма важно обеспечить **устойчивость системы газоснабжения**, так как при ее разрушении или повреждении возможны возникновение пожаров и взрывов, а также выход газа в окружающую среду, что значительно затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Основные мероприятия по увеличению устойчивости систем газоснабжения следующие: сооружение подземных обводных газопроводов (бассейнов), обеспечивающих подачу газа в аварийных условиях; использование устройств, обеспечивающих возможность работы оборудования при пониженном давлении в газопроводах; создание на предприятиях аварийного запаса альтернативного вида топлива (угля, мазута); осуществление газоснабжения объекта от нескольких источников (газопроводов); создание подземных хранилищ газа высокого давления; использование на закольцованных системах газоснабжения отключающих устройств, установленных на распределительной сети.

В результате чрезвычайной ситуации может быть серьезно повреждена система теплоснабжения населенного пункта или предприятия, что создает серьезные трудности для их функционирования, особенно в холодный период года. Так, разрушение трубопроводов с горячей водой или паром может повлечь их затопление и затруднить локализацию и ликвидацию аварии. Наиболее уязвимые элементы систем теплоснабжения - теплоэлектроцентрали и районные котельные.

Основным способом **повышения устойчивости внутреннего оборудования тепловых сетей является их дублирование**. Необходимо также обеспечить возможность отключения поврежденных участков теплосетей без нарушения ритма теплоснабжения потребителей, а также создать системы резервного теплоснабжения.

В результате воздействия ударной волны, возникающей при взрывах различного происхождения (при аварии газопроводов, при военных действиях), могут серьезно пострадать подземные коммуникации, включая подземные переходы и транспортные

сооружения (эстакады, путепроводы, мосты и др.). Наибольшее разрушение различных мостовых сооружений вызывает боковая ударная волна, направленная перпендикулярно пролетному строению моста. Весьма опасным для этих сооружений является воздействие ударных волн, отраженных от поверхности воды (реки, водоема). Воздействие ударной волны на подземные сооружения (коллекторы) может вызвать их повреждение. Особенно опасно в этом случае разрушение трубопроводов с горячей водой или паром, а также газопроводов.

Основным средством *повышения устойчивости рассмотренных сооружений от воздействия ударной волны является повышение прочности и жесткости конструкций.*

Особое внимание следует *удалять устойчивости складов и хранилищ* ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ в условиях чрезвычайных ситуаций. Это достигается проведением следующих мероприятий: переводом указанных материалов на хранение из наземных складов в подземные, хранением минимального количества ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ, а также безостановочным использованием этих веществ при поступлении на объект минуя склад («работа с колес»).

Для повышения устойчивости работы объектов в чрезвычайных ситуациях необходимо уделять значительное внимание *защите рабочих и служащих.* Для этого на объектах строятся убежища и укрытия, предназначенные для защиты персонала, создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения рабочих и служащих объекта, а также проживающего вблизи объекта населения о возникновении чрезвычайной ситуации. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения чрезвычайной ситуации, а также быть обученным выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения.

1.5. Основные принципы и способы обеспечения безопасности населения в чрезвычайных ситуациях.

К основным мероприятиям по обеспечению безопасности населения в чрезвычайных ситуациях относятся следующие: прогнозирование и оценка возможности последствий чрезвычайных ситуаций; разработка мероприятий, направленных на предотвращение или снижение вероятности возникновения таких ситуаций, а также на уменьшение их последствий. Кроме того, очень важным является обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях и разработка эффективных способов его защиты.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций — это метод ориентировочного выявления и оценки обстановки, складывающейся в результате стихийных бедствий, аварий и катастроф. Различают долгосрочные и краткосрочные прогнозы. Долгосрочные прогнозы направлены на изучение и определение сейсмических районов, территорий, где возможны селевые потоки или оползни, границ зон вероятного затопления при авариях плотин или природных наводнениях, а также границ очагов поражения при техногенных авариях. Краткосрочные прогнозы используются для ориентировочного определения времени возникновения чрезвычайной ситуации.

Для составления прогнозов используются различные статистические данные, а также сведения о некоторых физических и химических характеристиках окружающих природных сред. Так, для прогнозирования землетрясений в сейсмоопасных районах изучают изменение химического состава природных вод, проводят наблюдение за изменением уровня воды в колодцах, определяют механические и физические (электрические и магнитные) свойства

грунта. Значительную информацию для прогноза землетрясений может дать наблюдение за поведением некоторых животных.

Разработаны методы прогнозирования пожаров — лесных, торфяных и др. Для прогнозирования влияния скрытых очагов пожара (подземных или торфяных) на возможность возникновения лесных пожаров используется фотосъемка в инфракрасной части спектра, осуществляемая с самолетов или космических аппаратов.

Для прогнозирования обстановки, возникающей при развитии различных чрезвычайных ситуаций, применяют математические методы (математическое моделирование).

При прогнозировании чрезвычайной ситуации планируют постоянно проводимые, фоновые и защитные мероприятия.

К постоянно проводимым мероприятиям относятся постоянный контроль за качеством строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений, создание надежной системы оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации, строительство защитных укрытий и убежищ, снабжение населения средствами индивидуальной защиты (например, противогазами), обязательное обучение населения правилам поведения в чрезвычайных ситуациях, разработка планов ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и их финансовое и материальное обеспечение и др.

При предсказании момента чрезвычайной ситуации проверяются и приводятся в готовность система оповещения населения, а также аварийно-спасательные службы, разворачивается система наблюдения и разведки, нейтрализуются особоопасные производства и объекты (химические предприятия, атомные электростанции и др.), проводится частичная эвакуация населения.

Способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях следующие: эвакуация, укрытие в защитных сооружениях (убежищах), использование средств индивидуальной защиты. Под эвакуацией понимают вывоз населения или его части из очага поражения при чрезвычайной ситуации. **Защитные** сооружения — это специально разработанные инженерные сооружения, предназначенные для защиты от воздействия различных физических, химических и биологических опасных и вредных факторов, вызванных чрезвычайной ситуацией. Защитные сооружения могут быть использованы для защиты населения как при боевых действиях, так и при техногенных авариях, сопровождающихся выбросами в окружающую среду радиоактивных и токсичных химических веществ, а также бактериологических агентов (вирусов, микроорганизмов и др.).

Средства индивидуальной защиты населения предназначены для исключения попадания внутрь организма, на кожу и на одежду перечисленных выше веществ, а также бактериологических агентов. Это средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы), специальные защитные одежда и обувь. Медицинские средства индивидуальной защиты предназначены для профилактики и оказания первой помощи населению в чрезвычайных ситуациях. Они включают вещества, ослабляющие или предотвращающие воздействие на организм человека токсичных веществ (антидоты) или ионизирующих излучений (радиопротекторы), противобактериальные средства (антибиотики, вакцины и др.), а также средства частичной санитарной обработки (индивидуальные перевязочные и противохимические пакеты).

1.6. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.

Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций должна выполняться в максимально короткие сроки. В этой деятельности различают три основных этапа.

На первом этапе реализуются мероприятия по *экстренной защите населения*. Через систему оповещения население информируют о возникновении чрезвычайных ситуаций и о необходимости использования средств индивидуальной защиты. Проводятся эвакуация людей из опасных зон и оказание им первой медицинской помощи. Принимаются неотложные меры для локализации аварий, а в случае необходимости вводится в действие комплекс противопожарных мероприятий. Возможны также временная остановка технологических процессов на предприятиях или их изменение.

На этом этапе проводится подготовка к выполнению спасательных и других неотложных работ. Для этого заблаговременно создаются специально обученные спасательные формирования. На промышленных объектах спасательные подразделения формируются из числа работников этого объекта (подразделения гражданской обороны объекта).

Для получения сведений о сложившейся в результате чрезвычайной ситуации обстановке проводят разведку очага поражения - территории, на которой возникли негативные последствия в результате действия опасных и вредных факторов, вызванных чрезвычайной ситуацией. Форма очага поражения зависит от вида чрезвычайной ситуации: при взрывах и землетрясениях - форма круглая, при ураганах, затоплениях и смерчах - имеет вид полосы, при пожарах и оползнях образуется очаг поражения неправильной формы и т. д. Различают простые и сложные (комбинированные) очаги поражения. Простые очаги поражения возникают под действием одного опасного или вредного фактора чрезвычайной ситуации, а комбинированные - от воздействия нескольких факторов.

На втором этапе проводятся *спасательные и другие неотложные работы*, а также продолжается выполнение задач по защите населения и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций, начатых на первом этапе. Продолжаются локализация и тушение пожаров, а также спасение людей из горящих зданий и сооружений. Если в результате чрезвычайной ситуации разрушены или завалены защитные укрытия и убежища, в которых находились люди, проводится их розыск и извлечение из завалов. Пострадавших и получивших ранения доставляют в медицинские учреждения. Продолжается также эвакуация населения из опасных зон.

В случае необходимости (выброса в окружающую среду радиоактивных или токсичных химических веществ, а также бактериологических агентов) проводят специальную обработку, которая представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью восстановления готовности людей, входящих в состав специальных формирований, и используемой техники к продолжению аварийно-восстановительных работ в очагах поражения, а также подготовки объектов к возобновлению производственной деятельности.

Специальная обработка состоит из обеззараживания и санитарной обработки. Обеззараживание включает в себя следующие операции: дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию и дератизацию. *Дезактивация* — это удаление радиоактивных веществ с поверхностей различных предметов, а также очистка от них воды. Различают механический и физико-химический (химический) способы удаления радиоактивных веществ (радиоактивной пыли) с очищаемых поверхностей. Механическое удаление радиоактивной пыли сводится к смыванию ее водой под давлением с поверхности загрязненных предметов. При использовании химического способа радиоактивную пыль связывают специальными растворами, препятствуя тем самым ее распространению в окружающей среде. Для этого

используют поверхностно-активные (порошок Ф-2, препарат ОП-7 и ОП-10) и комплекснообразующие вещества, кислоты и щелочи (фосфаты натрия, трилон Б, щавелевую и лимонную кислоты, соли этих кислот).

Если загрязненная территория имеет твердое покрытие, то ее дезактивируют механическим способом. Территории без твердого покрытия обрабатывают пленкообразующими и закрепляющими растворами (латекс, спиртосульфатная барда, нефтяные шламы и др.) или просто водой, после чего связанную таким образом радиоактивную пыль удаляют с поверхности зараженной территории, срезая бульдозерами или грейдерами загрязненный слой грунта толщиной 5 - 10 см. Этот грунт помещают в металлические контейнеры и захоранивают на специальных полигонах. Обработанную территорию засыпают слоем незагрязненного грунта толщиной 9—10 см. Дезактивацию поверхностей зданий проводят путем связывания радиоактивной пыли пленкообразующими составами с последующим ее удалением мощными пылесосами. Возможна также обработка поверхностей малоэтажных зданий и растительности водой или дезактивирующими растворами с привлечением специальной техники (пожарных машин, мотопомп).

Существуют различные методы дезактивации воды: фильтрование, отстаивание, перегонка, очистка с использованием ионообменных смол. Зараженные открытые водоемы дезактивируют, обрабатывая абсорбирующими и комплекснообразующими глинами. Очистку рек, ручьев и иных стоков проводят, пропуская воду через плотины фильтрующего типа. В качестве фильтрующего элемента в них используют адсорбирующий наполнитель. Дезактивацию колодцев проводят многократным откачиванием из них воды и удалением зараженного грунта со дна. Для дезактивации упакованных продуктов питания заменяют загрязненную тару. Если продукты не были упакованы, то с их поверхности снимают зараженный слой.

Следующая операция обезвреживания — **дегазация**. Ее используют для разложения отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ до нетоксичных продуктов. В качестве дегазирующих веществ используются также химические соединения, которые вступают в реакцию с отравляющими и сильнодействующими ядовитыми веществами.

Для удаления отравляющих и сильнодействующих химических веществ с зараженных поверхностей используют моющие растворы, приготовленные на основе порошка СФ-24 или бытовых синтетических моющих веществ. Эти растворы не обезвреживают отравляющие вещества, а лишь позволяют быстро смыть их с зараженной поверхности.

Дегазацию проводят с применением воды, моющих растворов, растворов дегазирующих и органических веществ, используя моечные машины. Если имеет место комбинированное загрязнение радиоактивными и отравляющими веществами, то сначала проводят дегазацию, а уж затем дезактивацию.

Для уничтожения возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных в окружающей среде проводят **дезинфекцию**. Ее осуществляют физическими, химическими и механическими методами.

Физические методы применяют в основном при кишечных инфекциях. К ним относятся: кипячение белья, посуды, предметов ухода за больными, сжигание ненужных и непригодных для дальнейшего использования вещей. Химический метод дезактивации заключается в уничтожении болезнетворных микробов и разрушении токсинов дезинфицирующими веществами, в качестве которых используются этанол, пропанол, фенол (карболовая кислота) и его производные (например, трихлорофенол), а также ряд других веществ. Зараженную бактериологическими агентами территорию

обрабатывают (поливают) дезинфицирующими веществами. Этот способ дезактивации является основным. Механический метод дезинфекции заключается в удалении зараженного слоя грунта или устройстве настилов,

С целью предотвращения распространения инфекционных заболеваний используют методы **дератизации**, заключающиеся в уничтожении переносчиков этих заболеваний (мышей, крыс, других грызунов). Как и дезинфекция, дератизация может осуществляться химическим, механическим и биологическим методами. Например, крыс уничтожают, используя в качестве ядохимиката карбонат бария.

Как уже сказано выше, специальная обработка включает в себя и **санитарную обработку**, под которой понимают комплекс мероприятий по ликвидации заражения личного состава спасательных формирований и населения радиоактивными и отравляющими веществами, а также бактериологическими средствами. При санитарной обработке обеззараживают как поверхность тела человека, так и наружные слизистые оболочки. Обрабатывают также одежду, обувь и индивидуальные средства защиты.

Различают полную и частичную санитарную обработку. Первой из них подвергается личный состав спасательных формирований, а также эвакуированное население после выхода из загрязненных зон. При полной санитарной обработке обеспечивается полное обеззараживание от радиоактивных, отравляющих и бактериальных средств. Она проводится на пунктах специальной обработки людей. Одежда и другие предметы и вещи обеззараживают камерным или газовым методом, а также замачиванием в растворах дезинфектов и последующей стиркой, кипячением и др.

Частичная санитарная обработка осуществляется непосредственно в очаге поражения для исключения вторичного инфицирования людей. При этом проводят механическую очистку и обработку открытых участков кожи, поверхностей одежды, обуви и индивидуальных средств защиты.

На заключительном (третьем) этапе начинаются работы по **восстановлению функционирования объектов** народного хозяйства, которые выполняются строительными, монтажными и другими специальными организациями. Кроме этого, осуществляется ремонт жилья или возведение временных жилых построек. Восстанавливаются также энерго- и водоснабжение, объекты коммунального обслуживания и линии связи. После окончания этих и ряда других работ производится возвращение (резэвакуация) населения к месту постоянного жительства.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «чрезвычайная ситуация (ЧС).
2. Какова взаимосвязь понятий «опасность», «риск» и «чрезвычайная ситуация»?
3. Каковы критерии ЧС?
4. Как классифицируются ЧС?
5. Каков ущерб от ЧС?
6. Назовите стадии ЧС.
7. Какова продолжительность развития ЧС?
8. Каковы масштабы ЧС?
9. Что такое «экологические катастрофы»?
10. Перечислите причины *жс* стадии техногенных катастроф.

11. Каковы медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС?
12. Как обеспечивается устойчивость работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях?
13. Что надо сделать для повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях?
14. Перечислите основные этапы ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.
15. Поясните понятия «дезактивация», «дегазация», «дезинфекция», «дератизация».
16. Как осуществляют санитарную обработку населения?

Глава 2. Современные средства поражения.

2.1 Современные средства поражения и их поражающие факторы.

Оружие, или средства поражения, появились в истории человечества еще в первобытном обществе. На заре истории воины были вооружены дубиной, деревянным копьём, луком и др. Затем были созданы бронзовые и железные мечи, копья. Порох был открыт в Китае более 30 веков тому назад. Из Китая он попал в мусульманский мир. Одним из первых образцов ручного огнестрельного оружия считается модфа (металлическая трубка (ствол), прикрепленный к древку). Она стреляла круглыми металлическими ядрами и применялась арабами в XII-XIII вв.

В XIV в. Огнестрельное оружие появилось в Западной Европе и на Руси. Его называли оружием «огневого боя». С той поры постоянно шло совершенствование огнестрельного оружия как наиболее эффективного средства поражения противника. В XIV в. были созданы первые образцы нарезного оружия (пищаль, штуцер). Во второй половине XIX в. Появилось скорострельное, а в дальнейшем – автоматическое оружие (пушки, пулеметы и др.) и минометы. В первой мировой войне стали применяться авиационные и глубинные бомбы. Во второй мировой войне появились реактивные установки и самолеты, управляемые самолеты-снаряды (Фау-1) и баллистические ракеты (Фау-2).

Насыщение войск огнестрельным оружием, совершенствование его поражающих возможностей привели к возрастанию потерь сражающихся сторон. Так, в период наполеоновских войн доля общих потерь в сражениях от огнестрельного оружия составляла до 40%, во франко-прусской войне (1870-1871 гг.) – 90%, а в первой мировой войне – почти 100%.

Эпоха великих открытий в ядерной физике (конец XIX - начало XX в.) послужила началом разработки нового оружия огромной разрушительной силы, основанного на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления тяжелых ядер некоторых изотопов урана и плутония.

Научные работы в области овладения внутриядерной энергией велись в лабораториях Германии, Франции, Англии, СССР и США.

Первое испытание нового оружия произвели Соединенные Штаты Америки. 16 июля 1945 г. в штате Нью-Мексико на специальном полигоне был взорван первый атомный боеприпас. Так появилось новое оружие, которое было применено США в конце второй мировой войны против японских городов Хиросима и Нагасаки. Хиросима подверглась атомной бомбардировке 6 августа 1945 г., а Нагасаки - 9 августа 1945 г.

В результате бомбардировки значительная часть Хиросимы была разрушена, убито и ранено свыше 140 тыс. человек. В Нагасаки была разрушена третья часть города, убито и ранено около 75 тыс. жителей.

В ходе первой мировой войны впервые было использовано химическое оружие, которое применили германские войска против французских соединений. 22 апреля 1915 г. немецкие войска провели газовую атаку. Из специальных баллонов в сторону французских войск был выпущен хлор, в результате действия которого получили поражение до 15 000 человек, из них 5000 - смертельное.

В настоящее время из всех существующих средств поражения по степени их воздействия на живую силу противника, его технику и сооружения различают

оружие массового поражения (ядерное, химическое и бактериологическое) и обычное оружие.

2.2 Ядерное оружие.

Ядерное оружие. Ядерным называется оружие, поражающе действие которого основано на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепной реакции деления тяжелых ядер некоторых изотопов урана и плутония или при термоядерных реакциях синтеза ядер легких изотопов водорода.

Ядерное оружие включает в себя различные ядерные боеприпасы, средства их доставки к цели (носители) и средства управления. К ядерным боеприпасам относятся ядерные боевые части ракет и торпед, ядерные бомбы, артиллерийские снаряды, глубинные бомбы, мины (фугасы). Носителями ядерного оружия считаются самолеты, надводные корабли и подводные лодки, оснащенные ядерным оружием и доставляющие его к месту пуска (стрельбы). Различают также носители ядерных зарядов (ракеты, торпеды, снаряды, авиационные и глубинные бомбы), доставляющие их непосредственно к целям. Они могут запускаться (выстреливаться) со стационарных установок или с подвижных объектов. (Ядерный заряд — это составная часть ядерного боеприпаса.)

2.2.1 Поражающие факторы ядерного взрыва.

Ударная волна - основной поражающий фактор ядерного взрыва. Большинство разрушений и повреждений зданий, сооружений и оборудования объектов, а также поражений людей обусловлено, как правило, воздействием ударной волны. В то же время защитить объекты от ударной волны гораздо труднее, чем от других поражающих факторов.

В зависимости от того, в какой среде распространяется волна - в воздухе, воде или грунте, ее называют соответственно воздушной ударной волной, ударной волной в воде и сейсмозрывной волной в грунте.

Воздушная ударная волна представляет собой зону сильно сжатого воздуха, распространяющуюся во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью. Передняя граница волны называется фронтом.

Ударная волна имеет фазу сжатия и фазу разрежения. В фазе сжатия ударной волны давление выше атмосферного, а в фазе разрежения - ниже. Наибольшее давление воздуха наблюдается на внешней границе фазы сжатия - во фронте волны.

Основными параметрами ударной волны, определяющими ее поражающее действие, являются: избыточное давление ΔP_{ϕ} , скоростной напор $\Delta P_{ск}$ и время действия ударной волны $t_{у.в.}$.

Избыточное давление во фронте ударной волны ΔP_{ϕ} - это разница между максимальным давлением воздуха во фронте ударной волны P_{ϕ} и атмосферным давлением P_0 : $\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_0$. Единицей физической величины избыточного давления в системе СИ является Паскаль (Па). Внесистемная единица - кгс/см², 1 кгс/см² = 100 кПа.

Избыточное давление в данной точке зависит от расстояния до центра взрыва и мощности ядерного боеприпаса g , измеряемой тротилевым эквивалентом в тоннах, килотоннах или мегатоннах (т, кт, Мт).

Одновременно с прохождением ударной волны происходит перемещение воздуха с большой скоростью. Причем в фазе сжатия воздух движется от центра взрыва, а в фазе разряжения - к центру.

Скоростной напор $\Delta P_{\text{ск}}$ - это динамические нагрузки, создаваемые потоками воздуха. Как и избыточное давление, скоростной напор измеряется в паскалях (Па).

Скоростной напор зависит от плотности воздуха, скорости воздушных масс и связан с избыточным давлением ударной волны.

Разрушающее (метательное) действие скоростного напора заметно сказывается в местах с избыточным давлением более 50 кПа, где скорость перемещения воздуха более 100 м/с.

Время действия ударной волны $t_{\text{у.в.}}$ - это время действия избыточного давления. Величина t , зависит, главным образом, от мощности взрыва g и измеряется в секундах.

На распространение ударной волны и ее разрушающее и поражающее действие существенное влияние могут оказать рельеф местности и лесные массивы в районе взрыва, а также метеоусловия.

Рельеф местности может усилить или ослабить действие ударной волны. Так, на передних (обращенных в сторону взрыва) склонах возвышенностей и в лощинах, расположенных вдоль направления движения волны, давление выше, чем на равнинной местности. При крутизне склонов (угол наклона склона к горизонту) 10-15° давление на 15-35 % выше, чем на равнинной местности; при крутизне склонов 15-30° давление может увеличиться в 2 раза.

На обратных по отношению к центру взрыва склонах возвышенностей, а также в узких лощинах и оврагах, расположенных под большим углом к направлению распространения волны, возможно уменьшение давления волны и ослабление ее поражающего действия. При крутизне склона 15-30° давление уменьшается в 1,1- 1,2 раза, а при крутизне 45-60° - в 1,5-2 раза.

В лесных массивах избыточное давление на 10-15 % больше, чем на открытой местности. Вместе с тем в глубине леса (на расстоянии 50-200 м и более от опушки в зависимости от густоты леса) наблюдается значительное снижение скоростного напора.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние только на параметры слабой воздушной ударной волны, т.е. на волны с избыточным давлением не более 10 кПа.

Так, например, при воздушном взрыве мощностью 100 кт это влияние будет проявляться на расстоянии 12.....15км от эпицентра взрыва. Летом в жаркую погоду характерно ослабление волны по всем направлениям, а зимой - ее усиление, особенно в направлении ветра.

Дождь и туман также могут заметно повлиять на параметры ударной волны, начиная с расстояний, где избыточное давление волны 200-300 кПа и менее. Например, где избыточное давление ударной волны при нормальных условиях 30 кПа и менее, в условиях среднего дождя давление уменьшается на 15% и сильного (ливневого) – на 30%. При взрывах в условиях снегопада давление в ударной волне снижается весьма незначительно и его можно не учитывать.

Световое излучение ядерного взрыва представляет собой электромагнитное излучение в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

Источником светового излучения является светящаяся область (огненный шар), состоящая из раскаленных продуктов взрыва и воздуха. Из этой области

излучается огромное количество лучистой энергии в чрезвычайно короткий промежуток времени, в следствие чего происходят быстрый нагрев облучаемых предметов, обугливание или воспламенение горючих материалов и ожог живых тканей.

На долю светового излучения приходится 30-40% всей энергии атомного или термоядерного взрыва. На открытой местности световое излучение обладает большим радиусом действия по сравнению с ударной волной и проникающей радиацией.

Основным параметром, характеризующим поражающее действие светового излучения, является световой импульс $I_{св}$. *Световой импульс* - это количество световой энергии, падающей на 1 м² освещаемой поверхности, перпендикулярной к направлению излучения, за все время свечения области взрыва (огненного шара).

В системе СИ световой импульс измеряется в Дж/м². Внесистемная единица кал/см², 1 кал/см² \approx 42 кДж/м². Продолжительность светового импульса t , с, зависят от мощности боеприпаса и определяются по формуле

$$t_c = \sqrt[3]{g},$$

где g – мощность боеприпаса, кт.

Световой импульс данной точки прямо пропорционален мощности ядерного взрыва и обратно пропорционален квадрату расстояния до центра взрыва. На световой импульс также влияют вид ядерного взрыва, состояние (прозрачность) атмосферы и другие факторы.

При наземных взрывах световой импульс на поверхности земли при тех же расстояниях примерно на 40% меньше, чем при воздушных взрывах такой же мощности. Объясняется это тем, что в горизонтальном направлении излучает не вся поверхность сферы огненного шара, а лишь полусферы, хотя и большего радиуса.

Если земная поверхность хорошо отражает свет (снежный покров, асфальт, бетон и др.), то суммарный световой импульс (прямой и отраженный) при воздушном взрыве может быть больше прямого в 1,5-2 раза.

В атмосфере лучистая энергия всегда ослабляется из-за рассеивания и поглощения света частицами пыли, дыма, каплями влаги (туман, дождь, снег). Степень прозрачности атмосферы принято оценивать коэффициентом K , характеризующим степень ослабления светового потока. Считается, что в крупных промышленных городах степень прозрачности атмосферы можно охарактеризовать видимостью в 10-20км; в пригородных районах - 30-40км; в районах сельской местности - 60-80км.

Световое излучение, падающее на объект, частично поглощается, частично отражается, а если объект пропускает излучение, то частично проходит сквозь него. Стекло, например, пропускает более 90% энергии светового излучения. Поглощенная световая энергия преобразуется в тепловую, вызывает нагрев, воспламенение или разрушение объекта.

Проникающая радиация. Ядерный взрыв сопровождается сильными ионизирующими излучениями, возникающими при радиоактивном распаде ядер атомов. Ионизирующее излучение, образующееся непосредственно при ядерном взрыве, называется *проникающей радиацией*.

Проникающая радиация представляет собой гамма - и нейтронное излучения из зоны ядерного взрыва. Источниками проникающей радиации является цепная реакция и распад радиоактивных продуктов, образовавшихся в результате ядерной реакции. Время действия проникающей радиации на наземные объекты зависит от мощности боеприпаса и может составить 15-25с с момента взрыва. Гамма - и нейтронное излучения, так же как альфа - и бета - излучения, различаются по своему характеру, однако общим для них является то, что они могут ионизировать атомы той среды, в которой они распространяются.

Альфа-излучения представляет собой поток альфа-частиц, распространяющихся с начальной скоростью около 20 000км/с. Альфа-частицей называется ядро гелия, состоящее из двух нейтронов и двух протонов. Каждая альфа-частица несет с собой определенную энергию. Из-за относительно малой скорости и значительного заряда альфа-частицы взаимодействуют с веществом наиболее эффективно, т.е. обладают большой ионизирующей способностью, вследствие чего их проникающая способность незначительна. Лист бумаги полностью задерживает альфа-частицы. Надежность защиты от альфа-частиц при внешнем облучении является одежда человека.

Бета-излучение представляет собой поток бета-частиц. Бета-частицей называется излучение электрон или протон. Бета-частицы в зависимости от энергии излучения могут распространяться со скоростью, близкой к скорости света. Их заряд меньше, а скорость больше, чем альфа-частиц. Поэтому бета-частицы обладают меньшей ионизирующей, но большей проникающей способностью, чем альфа-частицы. Одежда человека поглощает до 50% бета-частиц. Следует отметить, что бета-частицы почти полностью поглощаются оконными или автомобильными стеклами и металлическими экранами толщиной в несколько миллиметров.

Поскольку альфа - и бета излучения обладают малой проникающей, но большой ионизирующей способностью, то они более опасны при попадании внутрь организма или непосредственно на кожу (особенно на глаза).

Гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение испускаемое ядрами атомов при радиоактивных превращениях. По своей природе гамма-излучение подобно рентгеновскому, но обладает значительно большей энергией (меньшей длиной волны) испускается отдельными порциями (квантами) и распространяется со скоростью света (300 000 км/с). Гамма - кванты не имеют электрического заряда, поэтому ионизирующая способность гамма-излучения значительно меньше, чем у бета-частиц и тем более у альфа-частиц (в сотни раз меньше, чем у бета и в десятки тысяч, чем у альфа-частиц). Зато гамма-излучение обладает наибольшей проникающей способностью и является важнейшим фактором поражающего действия ионизирующих излучений.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов. Скорость нейтроном может достигать 20000 км/с. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, они легко проникают в ядра атомов и захватываются ими. Нейтронное излучение оказывает сильное поражающее действие при внешнем облучении.

Сущность ионизации заключается в том, что под воздействием ионизирующих излучений электрически нейтральные в нормальных условиях атомы и молекулы вещества распадаются на пары положительно и отрицательно зараженных частиц-ионов. Ионизация вещества сопровождается изменением его основных физико-химических свойств, биологической ткани - нарушением ее жизнедеятельности. И то и другое, при определенных условиях, может нарушить работу отдельных

элементов, приборов и систем производственного оборудования, а так же вызвать поражение персонала, что в конечном итоге повлияет на деятельность предприятия.

Основным параметром, характеризующим поражающие действие проникающей радиации, является доза излучения (Д).

Доза излучения - это количество энергии ионизирующих излучений, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Различают дозу излучения в воздухе (экспозиционную дозу) и поглощенную дозу.

Экспозиционная доза характеризует потенциальную опасность воздействия ионизирующей радиации при общем и равномерном облучении тела человека. Внесистемные единицы излучения экспозиционной дозы является рентген Р. Один рентген - это такая доза рентгеновского или гамма-излучения, которое создает в 1 см³ сухого воздуха при нормальных условиях (температура 0°С и давление 10⁵Па) 2,1*10⁹ пар ионов, несущих одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака. В системе единицы СИ экспозиционная доза измеряется в кулонах на килограмм (1 Р= 2,58* 10⁻⁴ Кл/кг).

Поглощенная доза более точно определяет воздействие ионизирующих излучений на биологические ткани организма, имеющие различный атомный состав и плотность. Единицей поглощенной дозы в системе СИ является грэй (Гр). Один грэй – это такая единица поглощенной дозы, при которой 1кг облучаемого вещества поглощает энергию в 1 джоуль (Дж), следовательно, 1 Гр = 1Дж/кг. Внесистемная единица поглощенной дозы излучения - рад. 1 рад соответствует поглощению 100 эрг/г. Поскольку 1Дж = 10⁷ эрг, а 1кг= 1000 г, то 1 рад = 10⁻² Дж/кг, или 1 рад=10⁻² Гр.

Дозиметрическими единицами Гр и рад можно пользоваться для измерения любого вида излучения в любой среде.

В связи с тем что различные виды излучения обладают разной биологической эффективностью (при равных затратах энергии на ионизацию производит различное биологическое воздействие, например, нейтронами и гамма-излучением), введено понятие *биологической дозы*. Внесистемная единица ее измерения - бэр (биологический эквивалент рентгена), 1бэр - это доза радиации (любого вида излучений), действие которой на ткани живого организма эквивалентно действию 1Р гамма-излучения. Поэтому при оценке общего эффекта воздействия проникающей радиации рентгены и биологический эквивалент рентгена можно суммировать:

$$D_{\Sigma}^0 = D_{\gamma}^0 + D_n^0,$$

где, D_{Σ}^0 - суммарная доза проникающей радиации; D_{γ}^0 - доза гамма-излучения; D_n^0 - доза нейтронов (ноль у символов доз показывает, что они определяются перед защитной преградой).

Доза проникающей радиации зависит от типа ядерного заряда, мощности и вида взрыва, а также от расстояния до центра взрыва. Проникающая радиация является одним из основных поражающих факторов при взрывах нейтронных боеприпасов и боеприпасов деления сверхмалой и малой мощности. Значения доз излучения в зависимости от расстояния до центра взрыва для нейтронного боеприпаса мощностью в 1кт приведены в табл. 1.

Таблица 1. Расчетные значения доз излучения при воздушном взрыве воздушного боеприпаса мощностью 1 кт.

Расстояние от эпицентра взрыва, м	Доза излучения, Р		
	По γ - излучению	По нейтронам	Суммарное
300	100 000	400 000	500 000
500	30 000	70 000	100 000
700	5 000	10 000	15 000
1000	800	1200	2 000
1200	350	500	850
1500	100	100	200
1800	45	30	75
2000	10	5	15

Радиоактивное заражение - это заражение поверхности земли, атмосферы, водоемов и различных предметов радиоактивными веществами, выпавшими из облака ядерного взрыва.

Радиоактивное заражение как поражающий фактор при наземном ядерном взрыве отличается масштабностью, продолжительностью воздействия, скрытостью поражающего действия, снижением степени воздействия со временем.

Источниками радиоактивного заражения являются: продукты цепной ядерной реакции деления; непрореагировавшая часть ядерного заряда; наведенная радиоактивность в грунте под воздействием нейтронов.

Радиоактивные вещества, распадаясь, излучают, главным образом, бета-частицы и гамма-кванты, превращаясь в устойчивые (не радиоактивные) вещества. В отличие от проникающей радиации радиоактивное заражение действует в течение продолжительного времени (несколько суток, недель и т.д.).

Каждый радиоизотоп (радионуклид) распадается со своей скоростью: в единицу времени распадается определенная часть ядер от их общего числа. Для любого количества данного радиоактивного изотопа характерна следующая закономерность: половина общего числа атомов распадается всегда на одинаковое время, называемое *периодом полураспада* (Т), тем дольше «живет» изотоп, создавая ионизирующее излучение. Период полураспада для данного изотопа - величина постоянная. Период полураспада для разных изотопов колеблется в широких пределах. Так, для иода-131 $T = 8,05$ сут., для стронция-81-51 сут., стронция-90-26 лет, кобальта-60 –5,3 года, плутония-239-2400 лет, урана-235-710млн. лет, тория-232-14 млрд. лет.

Наибольшую опасность для людей представляют вещества, у которых период полураспада от нескольких суток до нескольких лет.

Интенсивность ионизирующих излучений зависит от количества радиоактивного вещества. Однако измерить его затруднительно, т.к. радиоактивные изотопы находятся в смеси с другими веществами. Поэтому количество радиоактивного вещества принято оценивать его *активностью*, т.е. числом радиоактивных распадов ядер атомов в единицу времени.

В системе СИ за единицу активности принято одно ядерное превращение в секунду (расп./с) - беккерель (Бк). Внесистемной единицей измерения активности является кюри (Ки). Кюри - это активность такого количества радиоактивного вещества, в котором происходит 37 миллиардов распадов ядер атомов в одну секунду, т.е. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$

Масса вещества, имеющего активность в 1 Ки, составляет, например, урана-238-3 тонны, радия-1 г, кобальта-60-0,001г.

Для измерения малой активности используют производные величины: милликюри ($1 \text{ мКи} = 10^{-3} \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Бк}$), микрокюри ($1 \text{ мкКи} = 10^{-6} \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ Бк}$).

Активность данного источника ионизирующих излучений величина не постоянная: она уменьшается со временем за счет радиоактивного распада. За каждый промежуток времени равный периоду полураспада T , количество радиоактивного изотопа уменьшается в двое : 1 T – в 2 раза, за 2 T -4 раза, за 3 T - в 8 раз и т.д.

Активность радиоактивного вещества, отнесенное к единице поверхности, массы или объема называется *удельной активностью*.

Следует подчеркнуть, что активность непосредственно не характеризует ионизирующего, а значит, и поражающего действия излучений. Поражающее действие ионизирующих излучений характеризуется поглощенной дозой излучений.

Электромагнитный импульс - кратковременные импульсные поля, возникающие в пространстве при ядерном взрыве. То, что ядерный взрыв будет обязательно сопровождаться электромагнитным излучением, физики-теоретики прогнозировали еще до первого испытания ядерного устройства в штате Нью-Мексико. При интенсивно проводившихся в 1950-х-1960-х гг. ядерных взрывах в атмосфере, земле и космосе наличие ЭМИ было зафиксировано экспериментально (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид электромагнитного импульса

Однако оценка и количественная характеристика импульса в то время были даны в недостаточной степени по ряду причин, основными из которых являлись:

1. Отсутствие контрольно-измерительной аппаратуры для регистрации мощного электромагнитного излучения за миллионные доли секунды.
2. Использование в конце 1950-х — начале 1960-х гг. в радиоэлектронной аппаратуре электровакуумных приборов, которые мало подвержены воздействию ЭМИ, что снижало интерес к его изучению.

Создание полупроводниковых приборов, интегральных схем, широкое внедрение этих средств в радиоэлектронную аппаратуру и приборы заставили специалистов по-иному оценить угрозу ЭМИ. С 1970 г. вопросы защиты оружия и военной техники от воздействия ЭМИ становятся приоритетными, а само излучение принимает статус *важного поражающего фактора ядерного взрыва*. С 1990 г. международная электротехническая комиссия приступила к разработке стандартов по ЭМИ космического ядерного взрыва для исследований и испытаний на устойчивость к ЭМИ аппаратуры гражданского назначения.

Механизмы образования ЭМИ достаточно сложны и состоят из нескольких этапов. Основной механизм генерации ЭМИ заключается в следующем. При космическом ядерном взрыве ($H > 10$ км) возникают гамма - и рентгеновское излучения, а также образуется поток нейтронов, которые, взаимодействуя с молекулами атмосферных газов, выбивают из них электроны. В процессе ионизации воздуха положительные ионы остаются на месте, а выбитые электроны с огромными скоростями удаляются. Разделение среды на положительные и отрицательные заряды приводит к возникновению электрических и магнитных полей. Выбитые электроны захватываются магнитным полем Земли и, вращаясь относительно силовых линий этого поля, создают токи, генерирующие ЭМИ



Рис. 2. Возникновение ЭМИ при воздушном ($H < 10$ км) ядерном взрыве

Так как данный колебательный процесс - кратковременный (от 3 до 100 нс) и согласованно протекает во времени, поле ЭМИ суммируется, резко увеличивая его напряженность. Например, в высоковольтных линиях электропередач - до 50 кВ/м, что приводит к появлению в них токов силой до 12 тыс. ампер.

ЭМИ генерируется и при других видах ядерных взрывов (воздушном, наземном, подземном), но теоретически и экспериментально установлено, что в этих случаях его интенсивность менее велика (рис. 2).

Теоретические оценки и проведенные эксперименты показывают, что ЭМИ может выводить из строя электронную и электротехническую аппаратуру, стирать информацию в банках данных компьютеров, приводить к сбоям и порче ЭВМ, радио и электротехнических средств, систем электронного зажигания и других автомобильных агрегатов, а также к подрыву минных полей. ЭМИ ядерного взрыва может привести к разрушению металлических проводников кабелей, электрической аппаратуры (рис. 4, 5) в системах автоматизации и управления (ЛЭП, наземные сооружения), поражению входов аппаратуры искусственных спутников Земли на низких орбитах.

Наводимые под воздействием ЭМИ в металлических элементах техники токи и напряжения будут представлять смертельную опасность для личного состава (рис. 3). Кроме того, многократное воздействие мощного высокочастотного ЭМИ может выражаться в нарушении жизнедеятельности живых клеток, изменении биологических и физиологических процессов в организме человека. Опасность воздействия ЭМИ на людей может увеличиваться в случаях облучения больного организма, при беременности и других сочетаниях с неблагоприятными факторами внешней среды.

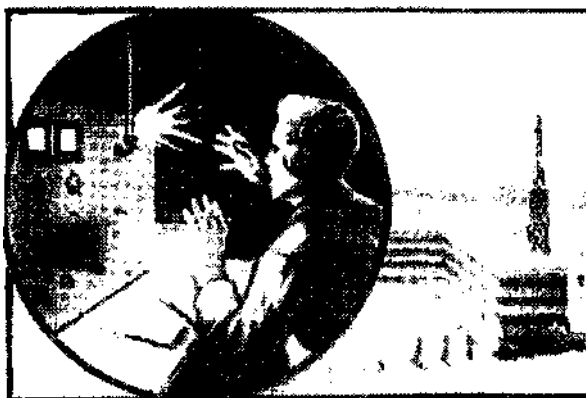


Рис. 3. Поражение обслуживающего персонала

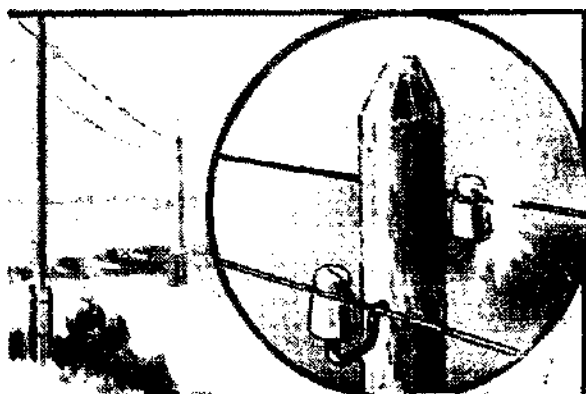


Рис. 4. Разрушение изоляции электро- и радиотехнических устройств

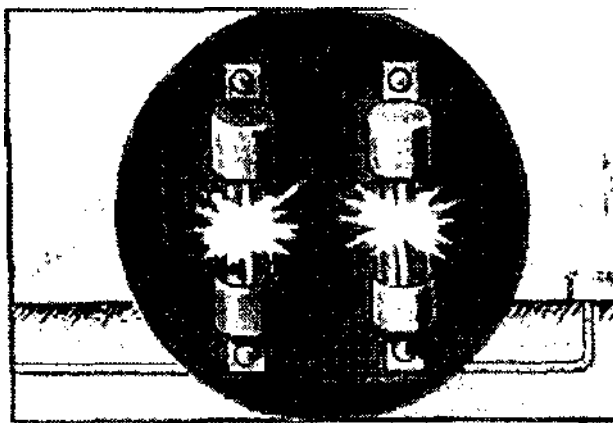


Рис. 5. Перегорание элементов электро- и радиоаппаратуры, массовое срабатывание средств защиты

По оценкам иностранных специалистов подрыв только одного ядерного боеприпаса мощностью 1,0 Мт на высоте около 400 км приведет к такому массовому нарушению функционирования незащищенных радиоэлектронных средств в районе радиусом 1500-2000 км, при котором время их восстановления превысит допустимые сроки для принятия ответных мер.

Возникает вопрос - **возможна ли защита от ЭМИ** слаботочных цепей и современных радиоэлектронных приборов, функционирующих при напряжениях в несколько вольт и токах силой до нескольких десятков миллиампер? Идеальной защитой от ЭМИ явился бы многослойный металлический экран для помещения, в котором размещена радиоэлектронная аппаратура. Практически обеспечить такую защиту в ряде случаев невозможно, так как для работы аппаратуры часто необходима ее электрическая связь с внешними устройствами. Поэтому используются другие средства защиты:

- * токопроводящие сетки и пленочные покрытия для окон;
- * сотовые металлические конструкции для воздухозаборников и вентиляционных отверстий;
- * контактные пружинные прокладки по периметру дверей и люков.

Для защиты кабельных вводов и аппаратуры наиболее широко используют фильтры, искровые разрядники, и др. Замена электрических сетей связи волоконнооптическими, не подверженными воздействию ЭМИ, возможна только в отдельных случаях. Все эти средства имеют как преимущества, так и недостатки.

Сложность обеспечения защиты от ЭМИ и высокая стоимость разработанных для этой цели средств и методов вынуждает выборочное их применение в особо важных системах связи, оружия и военной техники, а также дублирование систем резервного энергоснабжения, резервных каналов связи, альтернативных источников энергии и экранирование требуемых элементов объектов различными способами. Надежность и эффективность установленных средств защиты всегда проверяются экспериментальными методами.

Выводы:

1. ЭМИ ядерного взрыва является эффективным поражающим фактором для

техники и аппаратуры военного и гражданского назначения.

2. Отличительной особенностью ЭМИ является большая амплитуда полей и малая длительность импульса. Спектр излучения ЭМИ простирается от единиц Гц до сотен МГц.

3. Токи (напряжения), наводимые ЭМИ в аппаратуре и протяженных кабельных линиях, достигают единиц и десятков кА (кВ) и могут приводить к выходу из строя чувствительных элементов к функциональным нарушениям.

4. Защита от ЭМИ возможна. Для выбора методов и средств защиты необходимо знание параметров ЭМИ, условий функционирования и чувствительности аппаратуры.

5. Эффективность установленных средств защиты от ЭМИ проверяется экспериментально при испытаниях аппаратуры на установках, воспроизводящих ЭМИ ядерного взрыва.

2.2.2 Очаги поражения.

2.2.3 Поражающие факторы. Образование очагов поражения.

Для организации и проведения мероприятий по защите населения и объектов народного хозяйства и ликвидации последствий применения противником различных видов оружия, стихийных бедствий и катастроф необходимо знание всех поражающих факторов.

Поражающие факторы, возникающие при взрывах, и воздействие их на людей, здания и сооружения. Поражающими факторами ядерного взрыва являются; ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение и электромагнитный импульс; других видов взрывов — ударная волна и тепловое излучение. Рассмотрим поражающие факторы ядерного взрыва.

Воздушная *ударная волна* представляет собой область резко сжатого воздуха, распространяющуюся со сверхзвуковой скоростью во все стороны. На ее образование расходуется около 50 % энергии взрыва. Источником возникновения ударной волны является высокое давление в центре взрыва, достигающее миллиардов паскалей (Па) при ядерных взрывах. Передняя граница слоя сжатого воздуха, характеризующаяся резким увеличением давления, называется *фронтом ударной волны*.

Скорость ударной волны и расстояние, на которое она распространяется, зависят от мощности взрыва. Чем мощнее взрыв, тем больше скорость и радиус действия ударной волны. При взрыве боеприпаса мощностью 20 кт ударная волна проходит первый километр за 2 с, а мощностью 1 Мт — за 0,5 с. На радиус действия ударной волны влияют рельеф местности и метеорологические условия.

Кривая изменения давления при прохождении ударной волны через точку пространства имеет вид, показанный на рис. 8.1. При достижении фронтом ударной волны какой-либо точки пространства в этой точке мгновенно повышается давление и температура, воздух начинает распространяться в ту же сторону, куда движется ударная волна. С течением времени давление снижается и через время t_0 становится равным атмосферному (P_0). Дальнейшее уменьшение давления приводит к разрежению, воздух начинает двигаться в сторону взрыва, его температура снижается.

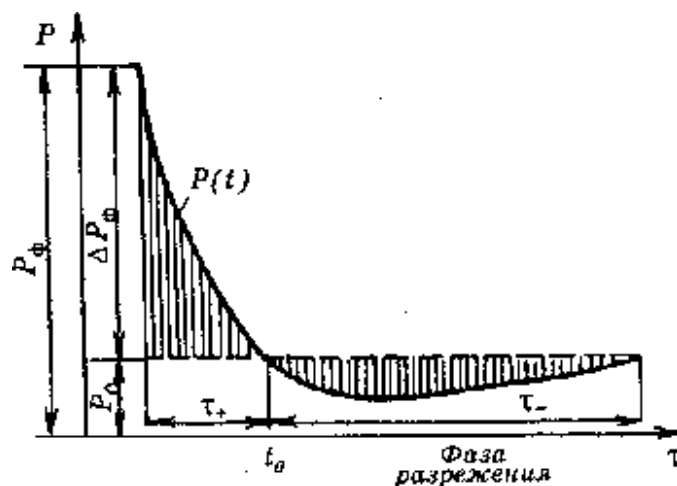


Рис. 8.1. График распределения давления:

$P_{\text{ф}}$ - давление во фронте ударной волны; P_0 - атмосферное давление; $\Delta P_{\text{ф}}$ - избыточное давление во фронте ударной волны

Поражающее действие ударной волны определяется избыточным давлением ($\Delta P_{\text{ф}}$), скоростным напором ($\Delta P_{\text{СК}}$) и временем действия избыточного давления (τ_+).

Избыточное давление - это разность между максимальным давлением во фронте ударной волны и атмосферным давлением ($\Delta P_{\text{ф}} = P_{\text{ф}} - P_0$).

Скоростной напор — это динамическая нагрузка, создаваемая потоком воздуха, следующим за фронтом волны. Скоростной напор измеряется в Паскалях. Величина скоростного напора зависит от скорости воздуха за фронтом ударной волны, которая может достигать 100 м/с и более. Существенное влияние на преграду скоростной напор оказывает при давлении свыше 50 кПа (0,5 кгс/см²). Поражающее действие скоростного напора определяется продолжительностью фазы сжатия (τ_+). С увеличением мощности взрыва продолжительность фазы сжатия увеличивается. Например, для взрывов мощностью от 10 кт до 1 Мт $\tau = (0,5-5)$ с.

Поражение ударной волной возникает в результате воздействия избыточного давления, которое воспринимается как резкий удар, и скоростного напора, который обладает метательным действием и отбрасывает различные предметы на значительные расстояния.

Степень травм, которые могут получить незащищенные люди при действии на них ударной волны, определяется величиной избыточного давления. Кроме непосредственного поражения ударной волной люди могут получать травмы от вторичных факторов - обрушения зданий, пожаров и др.

Хотя воздействие на здания и сооружения связано с величиной и избыточного давления, и скоростного напора воздуха, степень разрушения, в зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения, может определяться в основном либо избыточным давлением, либо скоростным напором. Здания, имеющие большую площадь стен, разрушаются главным образом под действием избыточного давления. Разрушение происходит преимущественно вследствие первоначального кратковременного удара, возникающего в результате отражения ударной волны. Это происходит потому, что для обтекания ударной волной здания требуется некоторое время, а это вызывает сравнительно длительное воздействие отраженной ударной волны. Высокие сооружения с малой площадью (заводские трубы, мачты и др.) быстро обтекаются ударной волной и сжимаются со всех сторон, а противоположные

давления уравниваются. Для этих сооружений разрушающее действие ударной волны определяется прежде всего действием скоростного напора воздуха.

Наиболее устойчивы к действию воздушной ударной волны подземные сооружения. Из наземных сооружений наиболее устойчивы металлические и железобетонные мосты, малоэтажные здания с прочным металлическим или железобетонным каркасом.

Общую оценку разрушений, вызванных ударной волной, производят с учетом степени разрушений зданий и сооружений. Применительно к гражданским и промышленным зданиям степени разрушения характеризуются следующим состоянием конструкции.

Слабые разрушения — разрушаются окна и двери, легкие перегородки, частично кровля, появляются трещины в стенах верхних этажей. Здания подлежат текущему ремонту.

Средние разрушения — разрушаются встроенные элементы внутренних перегородок, окна, двери, кровля, появляются трещины в стенах не только верхних этажей, происходит обрушение отдельных участков. Здания подлежат капитальному ремонту.

Сильные разрушения — разрушаются несущие конструкции, перекрытия верхних этажей, а перекрытия нижних деформируются, часть стен разрушается. Ремонт таких зданий нецелесообразен.

Полное разрушение — разрушаются все основные элементы зданий.

Воздействие воздушной ударной волны на незащищенных людей характеризуется легкими, средними, тяжелыми и крайне тяжелыми травмами.

Легкие поражения наступают при избыточном давлении 20—40 кПа. Проявление: звон в ушах, головокружение, головная боль.

Поражения средней тяжести возникают при избыточном давлении 40—60 кПа. Проявление: вывихи конечностей, контузия головы, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей.

Тяжелые травмы возникают при избыточном давлении 60—100 кПа. Они характеризуются сильной контузией всего организма, потерей сознания, возможным повреждением внутренних органов и т.п.

Крайне тяжелые травмы возникают при избыточном давлении более 100 кПа. Могут быть получены разрывы внутренних органов, переломы костей, внутренние кровотечения и другие повреждения, которые обычно приводят к смертельному исходу.

Световое (тепловое) излучение представляет собой поток ультрафиолетовых, инфракрасных и видимых лучей; на его образование используется 30 % энергии взрыва. Источником светового излучения является огненный шар, состоящий из раскаленных продуктов взрыва и воздуха, нагретых до температуры 8000—10 000 °С. Время действия светового излучения зависит от мощности взрыва (например, при мощности 20 кт — 3 с, при мощности 1 Мт — 10 с).

Основным параметром, определяющим поражающую способность светового излучения ядерного взрыва, является световой импульс (U_c) — количество световой энергии, падающей на 1 м² поверхности, перпендикулярной направлению световых лучей, за все время свечения. Световой импульс измеряется в джоулях на 1 м² (Дж/м²) или в калориях (несистемная единица) на 1 см² (кал/см²); 1 кал/см² = 42 кДж/м². Наибольшее действие светового излучения наблюдается при воздушном взрыве в прозрачной атмосфере.

Тепловое действие на здания и сооружения определяется энергией светового импульса. Характер воздействия на здания зависит не только от величины светового импульса, но и от времени его действия, а также от плотности, теплопроводности, цвета и толщины материала. К материалам, способным легко воспламеняться от светового излучения, относятся: горючие газы, бумага, сухая трава, солома, резина, дерево. Воспламенение материалов приводит к пожару. Пожары могут возникнуть и от вторичных факторов при избыточных давлениях в 10 кПа или более. Возгорание материалов происходит при $U_c = 125 \text{ кДж/м}^2$ или более. Импульсы светового излучения наблюдаются в ясную погоду далеко за пределами очага поражения.

В плане проведения спасательных работ пожары классифицируют по трем зонам: отдельных пожаров; сплошных пожаров; горения и тления в завалах.

Зоны отдельных пожаров представляют собой участки застройки, на территории которых возникают пожары в отдельных зданиях и сооружениях. Зона сплошных пожаров - территория, на которой горит большинство зданий. Зона горения и тления в завалах характеризуется сильным задымлением и наличием токсичных газов, продолжительным горением.

Воздействие светового излучения на людей характеризуется причинением различной тяжести ожогов. Ожоги 1-й степени — это болезненность, покраснение и припухлость кожи ($80 \leq U_c < 160 \text{ кДж/м}^2$). Ожоги 2-й степени — образование пузырей ($160 \leq U_c < 400 \text{ кДж/м}^2$). Ожоги 3-й степени — омертвление кожи с частичным поражением росткового слоя ($400 \leq U_c < 600 \text{ кДж/м}^2$). Ожоги 4-й степени — омертвление кожи, обугливание ($U_c \geq 600 \text{ кДж/м}^2$). Поражение ожогами не менее чем 3-й степени значительной части кожных покровов может привести к смертельному исходу.

Проникающая радиация представляет собой поток γ - лучей и нейтронов, на ее образование расходуется 5 % энергии взрыва. Проходя через биологическую ткань, γ - кванты и нейтроны ионизируют атомы и молекулы, входящие в состав живых клеток, в результате чего нарушается нормальный обмен веществ и изменяется характер жизнедеятельности клеток, некоторых органов и систем организма, что приводит к возникновению специфического заболевания — лучевой болезни. Источником проникающей радиации являются ядерные реакции деления, а также радиоактивный распад осколков деления. Время действия проникающей радиации 10—15 с.

Поражающее воздействие проникающей радиации характеризуется величиной дозы излучения, т.е. количеством энергии радиоактивных излучений, поглощенной единицей объема облучаемой среды за все время облучения.

Процесс ионизации атомов нейтронами отличен от процесса ионизации γ - лучами. Поток нейтронов измеряется числом нейтронов, приходящихся на 1 м^2 поверхности, а плотность потока (Φ_n) — нейтрон/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$). Для характеристик потока нейтронов используется биологический эквивалент рентгена (бэр) — такая доза нейтронов, биологическое воздействие которой эквивалентно воздействию одного рентгена γ - излучения. Поэтому при оценке общего эффекта воздействия проникающей радиации рентгены и бэры можно суммировать:

$$D_{\Sigma} = D_{\gamma} + D_n, \quad ()$$

где D_{γ} - доза γ - излучения, Р; D_n - доза нейтронов, бэр.

Кроме того, известно, что поглощенные дозы излучений различных типов вызывают неравнозначный биологический эффект. Он определяется коэффициентом относительной биологической эффективности ($K_{б.э.}$), который представляет собой

отношение поглощенной дозы рентгеновского излучения к поглощенной дозе другого типа излучения, вызывающего такой же биологический эффект. Доза рентгеновского излучения определяется при напряжении генерирования 180-250 кВ.

При воздушных и наземных взрывах проникающая радиация практически не оказывает влияния на здания и сооружения. Однако при взрывах на больших высотах проникающая радиация может вызвать обратимые и необратимые изменения в материалах и элементах радиотехнической, электротехнической, оптической и другой аппаратуры.

Воздействие проникающей радиации на людей характеризуется возникновением *лучевой болезни*. Степень тяжести этой болезни зависит от экспозиционной дозы облучения, времени облучения, площади облучения тела, общего состояния организма.

Экспозиционная доза облучения до 50-80 Р (0,013— 0,02 Кл/кг), полученная за первые 4 сут, не вызывает поражения и потери трудоспособности. При многократном облучении в течение 10-30 сут эта доза составляет 100 Р, в течение 3 мес. - 200 Р, в течение 1 г. - 300 Р. При однократном облучении человека (до 4 сут), в зависимости от полученной дозы, различают четыре степени лучевой болезни:

- первая (легкая) при $100 \leq D_{\Sigma} < 200$ Р (0,026- 0,05 Кл/кг);
- вторая (средняя) при $200 \leq D_{\Sigma} < 400$ Р (0,05-0,1 Кл/кг);
- третья (тяжелая) при $400 \leq D_{\Sigma} < 600$ Р (0,1 -0,15 Кл/кг);
- четвертая (крайне тяжелая) $D_{\Sigma} \geq 600$ Р.

Во всех случаях необходимо лечение. При $D_{\Sigma} \geq 600$ Р болезнь без лечения заканчивается смертью в течение нескольких недель.

Радиоактивное заражение возникает в результате выпадения радиоактивных веществ (из облака ядерного взрыва); на него расходуется около 10 % энергии взрыва. Источниками радиоактивности при ядерных взрывах являются:

- продукты ядерного взрыва (осколочная радиация);
- неразделившаяся (не участвовавшая в реакции деления) часть заряда;
- наведенная радиация, возникающая под воздействием нейтронов на элементы, входящие в состав грунта (натрий, кремний, магний и др.). Эти элементы становятся радиоактивными и испускают γ - и β - лучи.

Радиоактивное излучение состоит из α -, β - и γ - лучей. Наиболее короткий путь в воздухе проходят α -частицы (несколько сантиметров). Поэтому при оценке воздействия на человека их обычно не учитывают.

Известно, что после наземного (подводного) взрыва образуется грибовидное облако, которое под действием воздушных потоков перемещается с определенной скоростью по направлению ветра. Большая часть радиоактивных осадков выпадает из облака в течение 10—20 ч, заражая воздух, земную поверхность, водные источники, материальные ценности и т.д. На земной поверхности образуется след радиоактивного облака, форма которого может быть очень сложной, так как она зависит от многих условий. Для удобства оценки радиационной обстановки вводится понятие зон радиоактивного заражения, определяемых уровнями радиации и экспозиционными дозами до полного распада радиоактивных веществ.

Уровнем радиации называют мощность экспозиционной дозы на высоте 0,7-1 м над зараженной поверхностью. Другими словами, это суммарная доза за единицу времени

$$P = D_{\Sigma} / t_{\text{об}} \quad (\quad)$$

где P - уровень радиации, Р/ч; D_{Σ} - суммарная экспозиционная доза, ч; P ; t_u - время излучения.

Зона радиоактивного заражения образуется по следу облака и условно ограничена на местности линией, соответствующей уровню радиации 8 Р/ч и $D_{\infty} = 40$ Р. Зону радиоактивного заражения принято делить на четыре зоны (рис. 8.2):

- умеренного заражения (зона А):

$$8 \leq P < 80 \text{ Р/ч}; 40 \leq D_{\infty} < 400 \text{ Р};$$

- сильного заражения (зона Б):

$$80 \leq P < 240 \text{ Р/ч}; 400 \leq D_{\infty} < 1200 \text{ Р};$$

- опасного заражения (зона В):

$$240 \leq P < 800 \text{ Р/ч}; 1200 \leq D_{\infty} < 4000 \text{ Р};$$

- чрезвычайно опасного заражения (зона Г):

$$P \geq 800 \text{ Р/ч}; D_{\infty} \geq 4000 \text{ Р}.$$

Местность считается зараженной при $P \geq 0,5$ Р/ч.

На зараженной местности может происходить внешнее и внутреннее облучение людей и животных. Внешнее γ -облучение вызывает лучевую болезнь, а при внешнем воздействии β -частиц наиболее часто отмечаются поражения кожи на руках, шее, голове; у животных — на спине, а также — от соприкосновения с радиоактивной травой — на морде.

Внутреннее поражение людей и животных радиоактивными веществами может произойти при попадании их внутрь организма. Особенно много радиоактивных продуктов концентрируется у человека в тканях щитовидной железы (в 1000—10 000 раз больше, чем в других тканях).

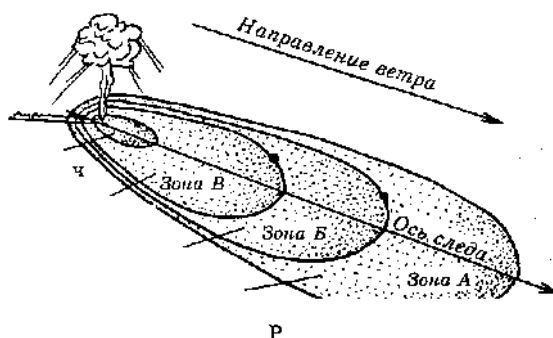


Рис. 8.2. Зоны радиоактивного заражения

При загрязнении (заражении) территории радионуклидами для его характеристики используется активность распада радионуклидов или плотность активности их распада. Количественно активность распада измеряется в беккерелях (Бк) или кюри (Ки). 1 Бк = 1 распад/с, 1 Ки - $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. На практике для определения степени заражения территории используется плотность активности распада (Ки/км²).

Электромагнитный импульс (ЭМИ) представляет собой электрические и магнитные поля, возникающие в результате воздействия γ -излучения и нейтронов на атомы окружающей среды и образования потока электронов и положительных ионов (рис. 8.3). На ЭМИ расходуется около 5 % энергии взрыва. Поражающее действие ЭМИ обусловлено возникновением напряжений и токов в различных проводниках, которые выводят из строя потребители электроэнергии. Время действия ЭМИ — менее 1 с. Выходят из строя системы электроснабжения, связи, различные электрические устройства и приборы. При наземном и воздушном взрывах поражающее

воздействие ЭМИ — в радиусе нескольких километров, при высотном взрыве — несколько сотен километров. Защитой от ЭМИ служат специальные автоматические устройства — подобные применяемым для защиты от грозových разрядов, экраны, плавкие вставки и др.

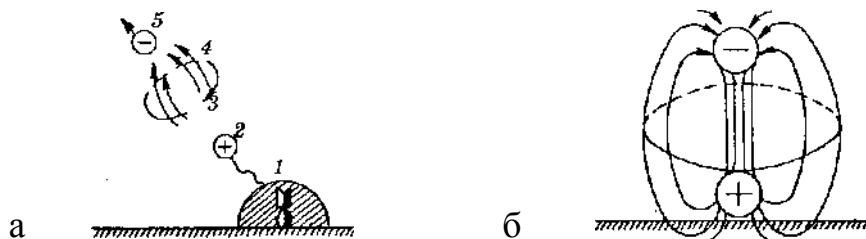


Рис. 8.3. Схема возникновения электромагнитного импульса:

а - образование элементарных электрических и магнитных полей (1 - γ -квант; 2 - атом любого элемента в воздухе; 3 - элементарное магнитное поле; 4 - элементарное электрическое поле; 5 - быстрый электрон); б - образование пространственных зарядов с электрическими и магнитными полями.

В результате действия воздушной ударной волны и светового (теплого) излучения могут возникнуть вторичные поражающие факторы. Такими факторами являются пожары, возникающие под воздействием светового излучения и при разрушении электрокоммуникаций, емкостей и трубопроводов с легковоспламеняющимися веществами; взрывы; заражение местности и атмосферы ядовитыми веществами, которые применяются в производстве; разрушение оборудования от ударов падающих конструкций зданий; затопления при разрушении плотин гидроузлов. Поражающее воздействие вторичных факторов в некоторых случаях превосходит непосредственное поражающее действие ядерного взрыва.

Поражающие факторы химического и биологического оружия. Поражающее действие химического оружия, или СДЯВ, основано на токсических свойствах химических веществ. Токсичность ОВ — это их способность вызывать поражение при попадании в организм в определенных дозах. Для количественной характеристики поражающего действия ОВ и других токсичных для организма соединений используют понятие токсической дозы (D_T). При ингаляции токсодоза $D_T = C t_{np}$, где C — средняя концентрация ОВ (СДЯВ) в воздухе, мг/л; t_{np} — время пребывания на зараженной территории, мин. При проникновении ОВ (СДЯВ) через кожу, желудочно-кишечный тракт или кровеносную систему токсодоза измеряется количеством ОВ на килограмм живой массы (мг/кг). В зависимости от величины токсодозы поражение может развиваться молниеносно с летальным исходом в течение первых секунд или минут или в форме тяжелого прогрессирующего патологического процесса. Важной характеристикой поражающего действия ОВ является стойкость — способность сохранять свое поражающее действие в воздухе или на местности в течение определенного времени. В боевых состояниях (пар, аэрозоль, капли) ОВ способны распространяться по ветру на большие расстояния, проникать в здания, сооружения, укрытия и технику и долго сохранять поражающее действие. Характер и степень поражения людей и животных зависят от вида ОВ (СДЯВ) и токсодозы.

Поражающее действие биологического (включая бактериологическое) оружия характеризуется способностью его вызывать инфекционные заболевания людей и животных при попадании в организм даже в ничтожно малых количествах и свойством инфекционных заболеваний передаваться от больного к здоровому, а также большой продолжительностью действия и наличием скрытого (инкубационного) периода. Для поражения людей и животных можно использовать возбудителей различных инфекционных заболеваний. Наиболее опасны возбудители чумы, натуральной оспы, холеры и сибирской язвы. Могут применяться возбудители туляремии, ботулизма и др.

Образование очагов поражения. Под воздействием поражающих факторов происходит поражение людей, сельскохозяйственных животных, растений, а в некоторых случаях разрушаются или уничтожаются материальные ценности. От применяемого вида оружия массового поражения зависят особенности возникающих очагов поражения.

При ядерном взрыве на местности образуется *очаг ядерного поражения* — территория, в пределах которой произошли массовое поражение людей, сельскохозяйственных животных или растений, разрушения и повреждения зданий и сооружений, пожары, радиоактивное заражение. Внешняя граница очага ядерного поражения ограничивается условной линией, соответствующей избыточному давлению в 10 кПа (при таком давлении возникают слабые разрушения зданий).

В результате применения противником химического оружия или аварии на химически опасном объекте (ХОО) образуются зоны химического заражения. Территория, в пределах которой возможно поражение незащищенных людей, сельскохозяйственных животных или растений, называется зоной заражения. В местах нахождения людей, животных или растений будут образовываться очаги химического поражения. *Очаг химического поражения* — это территория, на которой произошло массовое поражение людей, сельскохозяйственных животных или растений в результате применения химического оружия или аварии на ХОО.

При применении биологического оружия или аварии на объекте с бактериальными средствами образуется зона биологического (бактериологического) заражения, внутри которой могут возникнуть очаги поражения. *Очаг биологического поражения* — это территория, на которой произошло массовое поражение людей, сельскохозяйственных животных или растений.

2.2.4 Характеристика очага ядерного поражения.

Для оценки характера разрушений, объема и условий проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСиДНР) в очаге ядерного поражения принято выделять четыре зоны (рис. 8.4);

- слабых разрушений ($10 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 20$ кПа);
- средних разрушений ($20 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 30$ кПа);
- сильных разрушений ($30 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 50$ кПа);
- полных разрушений ($\Delta P_{\text{ф}} \geq 50$ кПа).

Радиусы этих зон зависят от мощности и вида взрыва, характера застройки, рельефа местности и других факторов.

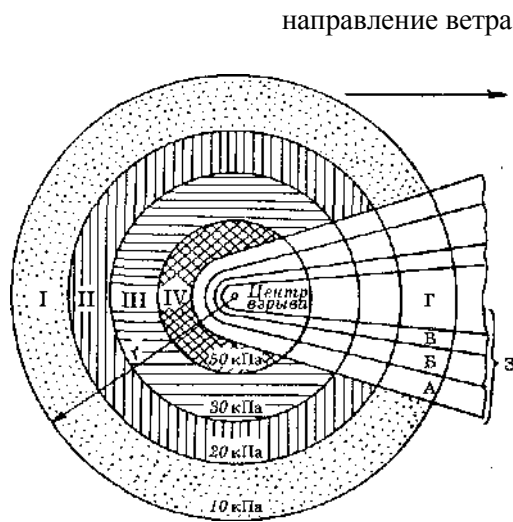


Рис. 8.4. Очаг ядерного поражения:

I - зона слабых разрушений; II - зона средних разрушений; III - зона сильных разрушений; IV - зона полных разрушений; V - зоны радиоактивного заражения (А - умеренного, Б - сильного, В - опасного, Г - чрезвычайно опасного); r - радиус очага ядерного поражения

Площадь очага ядерного поражения для равнинной местности определяется по формуле

$$S_{\text{ОЯ.П}} = \pi R_{\text{ОЯ.П}}^2 \quad (8.3)$$

где $R_{\text{ОЯ.П}}$ - радиус очага ядерного поражения

Очаг ядерного поражения характеризуется сложной пожарной обстановкой. В нем образуются три основные зоны пожаров: зона отдельных пожаров, зона сплошных пожаров и зона пожаров в завалах.

В *зоне отдельных пожаров* горят лишь некоторые здания или сооружения. Величина светового импульса на внешней границе зоны составляет 100-200 кДж/м², а на внутренней — 400—600 кДж/м², что примерно соответствует зоне слабых разрушений.

В *зоне сплошных пожаров* более 90 % зданий охвачено пожаром. Такая пожарная обстановка характерна для зоны средних и сильных разрушений ($U_c = 400-600$ кДж/м² и более).

Зона пожаров в завалах распространяется на территорию части зоны сильных и всей зоны полных разрушений. Для этой зоны характерно сильное задымление и продолжительное (до нескольких суток) горение и тление с выделением большого количества токсических веществ. В зоне возникает опасность отравления людей — как находящихся в убежищах, так и участвующих в спасательных работах.

Поражение людей и животных в очаге может быть вызвано воздействием воздушной ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, радиоактивного заражения или вторичных факторов поражения. Характер воздействия каждого поражающего фактора на людей, здания и сооружения рассмотрен в § 8.1. Одновременное непосредственное или косвенное действие всех поражающих факторов ядерного взрыва на людей утяжеляет степень поражения. Однако соотношение различных видов поражения (разрушений) непостоянно. Оно зависит от мощности и вида взрыва и может изменяться в широких пределах. Так, с увеличением мощности взрыва увеличивается площадь разрушений зданий, а также

увеличивается количество пораженных. От метеорологических условий зависит степень поражения световым излучением. При ядерных взрывах малой мощности воздействие на людей проникающей радиации более существенно, чем воздействие ударной волны и светового излучения. Размеры очага ядерного поражения в основном зависят от мощности и вида взрыва, рельефа местности.

2.2.5 Характеристика очагов поражения при авариях на АЭС и предприятиях опасных технологий.

Известно, что во время работы реактора в нем накапливается много стронция-90 и цезия-137. Кроме них, в активной зоне много других изотопов, в большинстве радиоактивных (изотопы плутония, тритий, радиоуглерод и т.д.). В результате взрыва (аварии) на АЭС часть радиоактивных веществ выбрасывается из реактора и загрязняет окружающую среду. Определить количество выброшенных радиоактивных веществ очень трудно. Предполагается, что может быть -выброшено 8—10 % активной зоны. Применительно к аварии на ЧАЭС, по данным Госкомитета СССР по атомной энергии и МАГАТЭ, было выброшено 3,5 % активной зоны. Данные о радиоизотопном составе чернобыльского выброса приведены в табл. 8.1. Кроме того, в атмосферу было выброшено много трития и радиоуглерода, которые впоследствии попали в ткани растений и животных. Одной из особенностей заражения территории радиоактивными веществами в данном случае является чрезвычайно неравномерное распределение изотопов по ее поверхности. Это объясняется длительным истечением радиоактивной струи из разрушенного реактора, изменением направления и скорости ветра, неравномерным очищением атмосферы от изотопов. На территории тогдашнего СССР радиоактивные вещества после чернобыльской аварии выпали в основном тремя крупными пятнами - в Украине, Беларуси и западных областях России. В Беларуси изотопами цезия и стронция загрязнено 37 500 км² (18 % территории), причем 7000 км² - с плотностью активности выше 15 Ки/км². В первое время после аварии плотность активности зависит в основном от коротко-живущих изотопов (йод-131, стронций-89, теллур-132, ксенон-133, криптон-85 и др.). Наибольшую опасность представляют цезий-137 и цезий-134, стронций-90 и плутониевые радионуклиды. Стронций и цезий химически очень активны, поэтому, легко включаясь в биологический цикл, накапливаются в травах и других растениях.

На загрязненной территории наиболее опасным в поражении людей и животных является внутреннее облучение в результате попадания радионуклидов в организм. Поражающее действие внешнего облучения на живые организмы наиболее ощутимо в первое время после аварии (взрыва). В дальнейшем уровень радиации падает и приближается к фоновому значению. С воздухом в организм человека поступает около 1 % всей накапливающейся в организме радиоактивности, примерно 5 % - с питьевой водой, остальная часть — с пищей (молоко, мясо, рыба, растительная пища). Поэтому основная защита людей и сельскохозяйственных животных от поражения — потребление чистых продуктов и кормов. Снизить радиоактивность продуктов питания можно путем технологической обработки. При чистке картофеля и свеклы с кожурой удаляется до 40 % стронция-90 и почти столько же цезия-137, а после варки их еще удаляется 50-85 % цезия. Очень мало накапливают в себе радионуклиды фрукты. Например, яблоки урожая 1989 г. из загрязненных после катастрофы на ЧАЭС районов республики были практически «чистыми».

Таблица 8.1 Перечень радионуклидов, выброшенных при катастрофе на ЧАЭС

Радионуклид	Было всего радиоактивности в реакторе, 10^{18} Бк	% выброшенной радиоактивности	Распространилось в окружающую среду радиоактивности, 10^{16} Бк	Период полураспада
Криптон-85	0,033	100	3,3	10,72ч
Ксенон-133	1,7	100	170	5,25 сут
Йод-131	1,3	50	65	8,05сут
Теллур -132	0,32	35	11	3,26 сут
Цезий-134	0,19	25	4,7	2,06 года
Цезий-137	0,29	30	8,7	30 лет
Стронций-89	2,0	10	20	50,5 сут
Стронций-90	0,2	10	2	29,12 года
Цирконий-95	4,4	8	35	64 сут
Рутений-103	4,1	8	33	39,3 сут
Рутений- 106	2,1	8	17	368 сут
Барий-140	2,9	15	43,5	12,7 сут
Церий- 144	3,2	8	25,5	284 сут
Плутоний- 238	0,001	8	0,008	87,74 года
Плутоний-239	0,0008	8	0,006	24 390 лет
Плутоний-240	0,001	8	0,008	6537 лет
Плутоний- 241	0,17	8	1,4	14,4 года

Накопление радионуклидов зависит и от типа почвы: меньше всего радиоактивные вещества всасываются растениями из черноземов, а больше всего - из торфоболотистых, песчаных и подзолистых почв. Наибольшее количество радионуклидов из почвы забирают лишайники, мхи, грибы, бобовые и злаки. Повышенное содержание стронция бывает в укропе, петрушке, шпинате и другой ароматической зелени.

Авария на ХОО может сопровождаться выбросом (утечкой, выливом) СДЯВ в окружающую среду. Главным поражающим фактором в таких случаях является заражение при-

земного слоя атмосферы и водоемов до уровня поражающей концентрации, а земной поверхности с находящейся на ней растительностью - до уровня поражающей плотности. При нахождении людей и сельскохозяйственных животных в зоне заражения с поражающей концентрацией будут образовываться очаги поражения. Возникновение поражающих факторов связано со свойствами веществ, находящихся на ХОО, и условиями их хранения.

Аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах приводят к большим пожарам и разрушениям, к массовому поражению людей. Такими объектами являются промышленные предприятия, где на производстве используются взрывчатые или имеющие высокую степень возгораемости вещества.

2.2.6 Расчёт параметров поражающих факторов взрыва в различных условиях.

Воздушная ударная волна. Воздушная ударная волна, как было показано выше, может образоваться в результате взрыва ядерного или обычного боеприпаса либо взрыва паров легковоспламеняющихся жидкостей или газов. Для наземного ядерного взрыва избыточное давление во фронте ударной волны можно рассчитать по формуле

$$\Delta P_{\phi} = 105 (\sqrt[3]{q_{y.в.}} / R) + 410 (\sqrt[3]{q_{y.в.}} / R) + 1370 (q_{y.в.} / R^3), \text{кПа}, \quad ()$$

где $q_{y.в.}$ - тротиловый эквивалент ядерного взрыва по ударной волне, $q_{y.в.} = 0,5$, q - тротиловый эквивалент, кг; R - расстояние от центра взрыва, м. При воздействии воздушной ударной волны перпендикулярно на относительно большую поверхность преграды (например, стены заводских или жилых зданий) избыточное давление будет равно:

$$\Delta P_{отр} = 2\Delta P_{\phi} + 6\Delta P_{\phi} / (\Delta P_{\phi} + 7P_0), \text{кПа} \quad ()$$

где $P_{отр}$ - избыточное давление в отраженной волне; P_0 — атмосферное давление ($P_0 = 101,3$ кПа).

Скоростной напор воздуха находится в прямой зависимости от скорости и плотности воздуха за фронтом ударной волны и равен:

$$P_{ск} = \rho V^2 / 2 = 2.5 \Delta P_{\phi}^2 / (\Delta P_{\phi} + 7P_0), \text{Па} \quad , \quad ()$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; V - скорость воздуха, м/с.

При взрыве газовой смеси (ГВС) избыточное давление можно рассчитать по формуле

$$\Delta P_{\phi(ГВС)} = 848 \sqrt[3]{Q_{\phi}} / R_i + 3440 \sqrt[3]{Q_{\phi}^2} / R_i^2 + 11200 Q_{\phi} / R_i^3, \text{кПа}$$

где Q_{ϕ} — эквивалентная (по пропану) масса органического вещества до взрыва, кг; R_i — расстояние от емкости с органическим веществом до i -го здания (сооружения), м. Значение эквивалентной массы вещества

$$Q_{\phi} = 0,64 \cdot 10^3 Q K_{Б.Э.}, \text{кг}, \quad ()$$

где Q — масса органического вещества до взрыва, т; $K_{Б.Э.}$ — коэффициент эквивалентности органического вещества, приведенный к взрывоспособности пропана.

Зная величину избыточного давления, можно рассчитать вероятность разрушения, повреждения здания (сооружения), оборудования от ударной волны:

$$G_{Pi} = (\Delta P_{\phi} - \Delta P_{\phi i \min}) / (\Delta P_{\phi i \max} - \Delta P_{\phi i \min}), \quad ()$$

где $\Delta P_{\Phi i \min}$ и $\Delta P_{\Phi i \max}$ - величины избыточного давления, в пределах которых объект получает случайную степень разрушения; i — номер объекта. При значении $\Delta P_{\Phi} < \Delta P_{\Phi i \min}$ здание и оборудование сохраняются, а при $\Delta P_{\Phi} > \Delta P_{\Phi i \min}$ - разрушаются.

Вероятность возгорания зданий при воздействии ударной волны определяем из следующего выражения:

$$G_{Bi} = \begin{cases} 0 & \text{при } \Delta P_{\Phi} \leq 0,5 \\ a \Delta P_{\Phi} - b & \text{при } 0,5 < \Delta P_{\Phi} < (b + 1) / a; \\ 1 & \text{при } \Delta P_{\Phi} \geq (b + 1) / a, \end{cases} \quad ()$$

где a, b — коэффициенты, зависящие от огнестойкости зданий и категории пожарной опасности технологического процесса.

Световое (тепловое) излучение. Световое излучение ядерного взрыва по своей природе — поток лучистой энергии оптического диапазона. При других видах взрывов тоже образуется тепловая энергия, поражающее действие которой характеризуется величиной теплового импульса U_T :

$$U_T = U_C K_n \cos \alpha, \quad \text{кДж/м}^2 \quad ()$$

где U_C - световой импульс, кДж/м²; K_n - коэффициент поглощения (табличная величина); α - угол между направлением распространения света и перпендикуляром к освещенной поверхности. Величина светового импульса

$$U_C = (111 q / R^2) e^{-K(R-r)}, \quad ()$$

где U_C — световой импульс, кДж/м²; q — тротильный эквивалент, кг; R — расстояние от центра взрыва, км; K - средний коэффициент ослабления излучения для всего диапазона длин волн, км⁻¹; r — средний радиус светящейся области (огненного шара), км. Максимальный радиус огненного шара при воздушном взрыве можно определить по формуле $r = 0,052 q^{0.4}$, км; при наземном взрыве — по формуле $r = 0,068 q^{0.4}$, км.

Коэффициент ослабления излучения определяется по формуле

$$K = 4 / D_{\text{вид}}, \quad ()$$

где $D_{\text{вид}}$ - дальность видимости, км. Значения коэффициентов ослабления приведены в табл. 4 прил. 1.

При взрыве ГВС величину $U_{T(\text{ГВС})}$ можно определить по формуле

$$U_{T(\text{ГВС})} = q_{\text{ПИ}} t, \quad \text{кДж/м}^2, \quad ()$$

где $q_{\text{ПИ}}$ - плотность потока излучения, кВт/м² или кДж/см²; t - продолжительность существования огненного шара.

Плотность потока излучения определяется по формуле

$$q_{\text{ПИ}} = P_{\text{ПЭ}} K_{\text{УП}} K_{\text{ПР}}, \quad ()$$

где $P_{\text{ПЭ}}$ — мощность поверхностной эмиссии, кВт/м², кДж/см² (для вертикальных баллонов и горизонтальных резервуаров значение $P_{\text{ПЭ}}$ принимается равным 270 кВт/м², а для резервуаров шарообразной формы - 200 кВт/м²); $K_{\text{УП}}$ -коэффициент,

учитывающий фактор угла падения теплового излучения; $K_{ПР}$ - коэффициент проводимости воздуха. Коэффициенты $K_{УП}$ и $K_{ПР}$ можно рассчитать по формулам

$$K_{УП} = r^2 R / (r^2 + R^2)^{3/2}; \quad K_{ПР} = 1 - 0,581 n R, \quad ()$$

где r — радиус огненного шара, м; R — расстояние между хранилищем ГВС и объектом, м, причем $R \geq 2r$. Величину радиуса огненного шара и время действия теплового излучения можно вычислить по формулам

$$r = 29 \sqrt[3]{m}; \quad t = 4.5 \sqrt[3]{m}, \quad ()$$

где m — масса ГВС, эквивалентная по пропану ($m = Q_{\text{Э}}$).

По величине теплового импульса можно определить вероятность возгорания различных материалов, а также в целом зданий и оборудования. Вероятность возгорания здания от теплового излучения определяется по формуле

$$G_{ТИ} = e^{-0,04 Ri}, \quad ()$$

где Ri - опасное расстояние до объекта при тепловом поражении по избыточному давлению, м. Для заглубленных (обвалованных) емкостей $R_{3i} = 2 \sqrt{Q_{\text{Э}}}$, для незаглубленных (необвалованных) емкостей $R_{Hi} = 5 \sqrt{Q_{\text{Э}}}$ при $Q_{\text{Э}} \leq 10$ т; $R_{Hi} = 30 \sqrt[3]{\sqrt{Q_{\text{Э}}}}$ при $Q_{\text{Э}} > 10$ т

Вероятность возгорания здания от выброса горящих темных продуктов нефтепереработки будет равна:

$$G_{Bi} = (R_B - R_i) / R_B \quad ()$$

где R_B — максимальное расстояние, на которое может быть произведен выброс горящих темных продуктов нефтепереработки, $R_B = 8d$, d - диаметр емкости, в которой хранится продукт нефтепереработки. Воздействие теплового излучения на различного рода аппаратуру, приборы может привести к сбою в работе или выходу из строя за счет увеличения температуры до уровня выше допустимой. Поэтому в данном случае определяют прирост температуры за счет теплового излучения ΔT :

$$\Delta T = U_T / \rho c \delta, \text{ К},$$

где ρ — плотность материала кожуха, кг/м³; c — теплоемкость материала прибора, Дж/кг, К; δ — толщина листа корпуса прибора (эта формула справедлива для тонкостенных корпусов), м. Зная ΔT , можно определить температуру нагрева:

$$T_{НАГР} = T_P + \Delta T, \quad ()$$

где T_P — рабочая температура прибора. Прибор (аппаратура) будет работать устойчиво, если выполняется неравенство $T_{НАГР} \leq T_{ДОП}$, где $T_{ДОП}$ - допустимая температура нагрева, при которой прибор работает устойчиво (без сбоев).

Радиоактивное излучение. Основными параметрами, характеризующими поражающее действие радиоактивного излучения, являются:

- доза γ -излучения (D_{γ}), Гр;
- мощность дозы γ -излучения (P_{γ}), Гр/с;
- плотность потока нейтронов (Φ_n), нейтрон/с.

Величину дозы излучения рассчитывают по формуле

$$D_{\gamma} = D_{МГН} + D_{ОСК} + D_3, \quad ()$$

где $D_{МГН}$ - доза мгновенного γ -излучения; $D_{ОСК}$ - доза осколочного γ -излучения; D_3 — доза захватного γ -излучения. Эти параметры определяют по формулам

$$D_{МГН} = \frac{10 \cdot 10^7 q}{R^2} \exp\left(-\frac{R\rho_B}{250\rho_{B0}}\right); \quad ()$$

$$D_{ОСК} = \frac{14 \cdot 10^8 q(1 + 0.2q^{0.65})}{R^2} \exp\left(-\frac{R\rho_B}{300\rho_{B0}}\right); \quad ()$$

$$D_3 = \frac{2 \cdot 10^8 q}{R^2} \exp\left(-\frac{R\rho_B}{410\rho_{B0}}\right) \quad ()$$

где q — тротильный эквивалент, кг; R - расстояние от эпицентра взрыва, м; ρ_B — плотность воздуха на высоте взрыва, кг/м³; ρ_{B0} — плотность воздуха у земли, кг/м³.

Мощность дозы γ - излучения рассчитывают по формуле

$$P_\gamma = \frac{10^{15} q}{R^2} \exp\left(-\frac{R\rho_B}{250\rho_{B0}}\right); \quad ()$$

Плотность потока нейтронов определяют таким образом:

$$\Phi_H = \frac{7,5 \cdot 10^{22} q}{R^2} \exp\left(-\frac{R\rho_B}{170\rho_{B0}}\right); \quad ()$$

Изменение уровня радиации на местности выражается следующей зависимостью:

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1.2}, \quad ()$$

где P_0 - уровень радиации в некоторый момент t_0 после взрыва. Суммарная доза на зараженном участке за время $t_1 - t_2$ равна

$$D = 5 P_0 t^{1,2} (t_1^{-0,2} - t_2^{-0,2}), \quad ()$$

где t_1 и t_2 — время начала и конца облучения.

Максимально возможная доза облучения определяется по формуле

$$D_{max} = 5 P_1 t_1, \quad ()$$

где P_1 - уровень радиации в момент t_1 начала облучения.

Эквивалентная (биологическая) доза $D_{экр} = D_n K$, где D_n — поглощенная доза; K - коэффициент, учитывающий вид излучения:

$$K = \begin{cases} 1 (\text{для } \beta \text{ и } \gamma\text{-излучения}), \\ 3-10 (\text{для нейтронов}), \\ 20 (\text{для } \alpha\text{-частиц}). \end{cases}$$

Эффективная эквивалентная доза

$$D_{эф} = \sum_{i=1}^n D_{эф i} K_P, \quad ()$$

Где K_P - коэффициент риска.

Химическое заражение СДЯВ. Полная глубина зоны заражения

$$\Gamma = \Gamma_1 + 0,5 \Gamma_2, \quad ()$$

где Γ_1 — наибольшая, Γ_2 — наименьшая глубина зоны заражения; $\Gamma_1 = \int(Q_{Э1}, V_B)$ и $\Gamma_2 = \int(Q_{Э2}, V_B)$ определяются по таблице.

Эквивалентное количество вещества по первичному облаку $Q_{Э1}$, определяется по формуле

$$Q_{Э1} = Q_0 K_1 K_3 K_5 K_7, \quad ()$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от условий хранения СДЯВ (для сжатых газов $K_1 = 1$); K_3 — коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого СДЯВ; K_5 - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха: при инверсии $K_5 = 1,0$; при изотермии $K_5 = 0,23$; при конвекции $K_5 = 0,08$; K_7 — коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха для сжатых газов: $K_7 = 1$; Q_0 — количество выброшенного (вылившегося) при аварии вещества, т; коэффициенты K_1, K_3, K_7 — табличные.

При авариях на хранилищах сжатого газа величина Q_0 рассчитывается по формуле $Q_0 = \rho_G V_x$, где ρ_G — плотность газа, т/м³; V_x — объем хранилища, м³.

При авариях на газопроводах

$$Q_0 = V_G \rho_G n / 100, \quad ()$$

где V_G — объем секции газопровода между автоматическими отсекающими, м³; n - процентное содержание СДЯВ в природном газе.

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку Q_0 , рассчитывается по формуле

$$Q_{Э2} = (1 - K_1) K_1 K_2 K_3 K_4 K_6 K_7 (Q_0 / \delta_C \rho_G) \quad ()$$

где K_2 — коэффициент, зависящий от физико-химических свойств СДЯВ; K_4 - коэффициент, учитывающий скорость ветра; K_6 — коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии. Значение коэффициента K_6 определяется с учетом продолжительности испарения вещества после аварии t_H и принимается равным $K_6 = t_{u..a}^{0,8}$ при $t_{u..a} < t_u$; $K_6 = t_{u..a}$ при $t_{u..a} \geq t_u$ (если $t_u < 1$ ч, то K_6 принимается для 1 ч); $\delta_C < -$ толщина слоя СДЯВ, м.

Предельно возможное значение глубины переноса воздушной массы с СДЯВ

$$\Gamma_{max} = v_{з.в} t_{u..a}, \quad ()$$

где $v_{3,6}$ - скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч. Численные значения $v_{3,6}$ приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2 Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

v_H , м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
инверсия															
$v_{3,6}$, км/ч	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
изотермия															
$v_{3,6}$, км/ч	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
конвекция															
$v_{3,6}$, км/ч	7	14	21	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. Прочерк означает, что о скорости переноса нет данных.

2.3. Химическое оружие.

Химическое оружие — оружие массового поражения, действие которого основано на токсических свойствах химических веществ.

Химическое оружие было запрещено Женевским протоколом 1925 г. В настоящее время в мире предпринимаются меры по полному запрещению химического оружия. Однако оно пока еще имеется в ряде стран.

К химическому оружию относятся *отравляющие вещества* (ОВ) и средства их применения. Отравляющими веществами снаряжаются ракеты, авиационные бомбы, артиллерийские снаряды и мины.

По действию на организм человека ОВ делятся на нервно-паралитические, кожно-нарывные, удушающие, общедовитые, раздражающие и психохимические.

ОВ нервно-паралитического действия (VX (Ви-Икс), зарин) поражают нервную систему при действии на организм через органы дыхания, при проникании в парообразном и капельножидком состоянии через кожу, а также при попадании в желудочно-кишечный тракт вместе с пищей и водой. Их стойкость летом более суток, зимой несколько недель и даже месяцев. Эти ОВ самые опасные. Для поражения человека достаточно очень малого их количества.

Признаками поражения являются: слюнотечение, сужение зрачков, затруднение дыхания, тошнота, рвота, судороги, паралич.

ОВ кожно-нарывного действия (иприт и др.) обладают многосторонним поражающим действием. В капельно-жидком и парообразном состоянии они поражают кожу, и глаза, при вдыхании паров — дыхательные пути и легкие, при попадании в организм с пищей и водой — органы пищеварения. Характерная особенность иприта — наличие периода скрытого действия (поражение выявляется не сразу, а через некоторое время — 2 ч и более). Признаками поражения являются покраснение кожи, образование мелких пузырей, которые затем сливаются в крупные и через двое-трое суток лопаются, переходя в трудно заживающие язвы. При любом

местном поражении ОВ вызывают общее отравление организма, которое проявляется в повышении температуры, недомогании.

В условиях применения ОВ кожно-нарывного действия необходимо находиться в противогазе и защитной одежде. При попадании капель ОВ на кожу или одежду пораженные места немедленно обрабатываются жидкостью из ИПП.

ОВ удушающего действия (фосген и др.) влияют на организм через органы дыхания. Признаками поражения являются сладковатый, неприятный привкус во рту, кашель, головокружение, общая слабость. После выхода из очага заражения эти явления проходят, и пострадавший в течение 4—6 ч чувствует себя нормально, не подозревая о полученном поражении. В период скрытого действия развивается отек легких. Затем может резко ухудшиться дыхание, появиться кашель с обильной мокротой, головная боль, повышение температуры, одышка, сердцебиение.

При поражении на пострадавшего надевают противогаз, выводят его из зараженного района, тепло укрывают и обеспечивают ему покой. Ни в коем случае нельзя делать пострадавшему искусственное дыхание!

ОВ общеядовитого действия (синильная кислота и хлорциан) поражают только при вдыхании воздуха, зараженного их парами (через кожу они не действуют). Признаками поражения являются металлический привкус во рту, раздражение горла, головокружение, слабость, тошнота, рвота, резкие судороги, паралич.

ОВ раздражающего действия (CS (Си-Эс), адасит и др.) вызывают острое жжение и боль во рту, горле и в глазах, сильное слезотечение, кашель, затруднение дыхания.

ОВ психохимического действия (BZ (Би-Зет) и др.) оказывают специфическое влияние на центральную нервную систему и вызывают психические (галлюцинации, страх, подавленность) или физические (слепота, глухота) расстройства.

2.3.1 Характеристика очага химического поражения.

В зависимости от масштабов применения ОВ или размеров выброса (вылива) СДЯВ возможно образование в зоне заражения одного или более очагов химического поражения. Число таких очагов обычно равно числу населенных пунктов, попавших в зону заражения.

Зона химического заражения включает территорию непосредственного применения ОВ (выброса СДЯВ) и территорию, над которой распространилось облако ОВ, или СДЯВ, с поражающей концентрацией (рис. 8.5). На рис. 8.5, а показана зона химического заражения, созданная в результате применения ОВ авиацией с помощью выливного авиационного прибора в городе А, на рис. 8.5, б - зона заражения СДЯВ, образованная в результате аварии на ХОО. Зона химического заражения характеризуется глубиной Γ и шириной L , а также типом ОВ, или СДЯВ, расположением по отношению к объектам, степенью зараженности воздушной среды и местности и изменением этой зараженности во времени. Границы определяются значениями пороговых токсических доз ОВ, или СДЯВ, вызывающих начальные симптомы поражения, и зависят от размеров района применения ОВ (выброса СДЯВ), метеорологических условий, рельефа местности. Скорость рассеивания веществ в значительной степени зависит от вертикальной устойчивости приземных слоев атмосферы. С повышением температуры воздуха и почвы продолжительность действия ОВ (СДЯВ) уменьшается. При выпадении снега продолжительность этого действия увеличивается, а в результате дождя -

уменьшается. ОВ (СДЯВ) дольше сохраняются при застое воздуха, которому способствуют лощины, овраги, а в населенных пунктах - кварталы с густой застройкой. Защищаются от химических средств поражения с помощью средств индивидуальной и коллективной защиты.

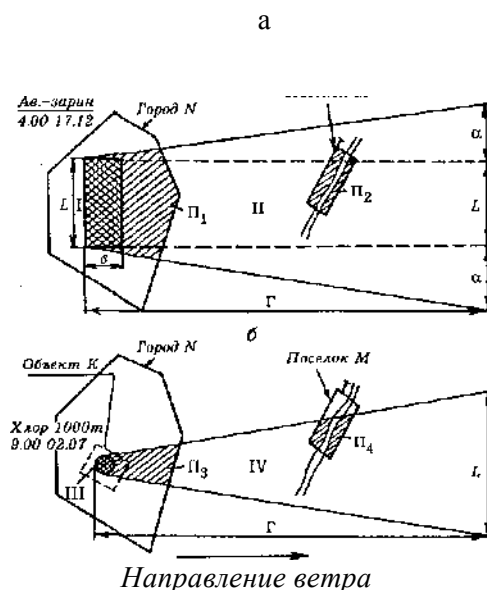


Рис. 8.5. Зоны химического заражения:

а — зона заражения ОВ; б - зона заражения СДЯВ; П₁-П₄ — очаги поражения;
а — величина расширения зоны заражения

Химическое оружие непосредственного влияния на объекты промышленности и транспорта не оказывает. Однако производственная деятельность может быть остановлена до тех пор, пока не будет произведена дегазация зданий, оборудования и рабочих мест. Производственный процесс может не прекращаться, если он проводится в герметизированных зданиях.

2.4. Бактериальное оружие.

Бактериологическое оружие - это специальные боеприпасы и боевые приборы со средствами доставки, снаряженные биологическими средствами. Оно предназначено для массового поражения людей, сельскохозяйственных животных и посевов.

Поражающее действие биологического оружия основано на использовании болезнетворных свойств микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов) и вырабатываемых некоторыми бактериями ядов (таблица).

К классу бактерий относятся возбудители большинства наиболее опасных заболеваний человека - чумы, холеры, сибирской язвы, сапа. Вирусы являются возбудителями сыпного тифа, пятнистой лихорадки Скалистых гор, лихорадки цикамуши. Грибки способствуют развитию тяжелых форм бластомикоза, гистоплазмоза и др. Некоторые микроорганизмы вырабатывают ядовитые токсины (сильнодействующие яды), вызывающие отравления и такие заболевания, как ботулизм и дифтерия.

Для поражения сельскохозяйственных животных могут применяться возбудители таких заболеваний, как чума крупного рогатого скота, свиней, а также некоторых болезней, опасных и для человека (сибирская язва, сарп).

Для поражения сельскохозяйственных растений возможно использование возбудителей ржавчины злаков, картофельной гнили, грибкового заболевания риса, а также насекомых- вредителей, таких как колорадский жук, саранча, гессенская муха. Существуют различные способы применения бактериологического оружия: *аэрозольный* - заражения приземного слоя воздуха частицами аэрозоли распылением биологических рецептур; *внешний признак* применения бактериологического оружия таким способом- туманообразное облако в виде следа, оставляемого самолетом, воздушным шаром; *трансмиссивный* - рассеивание искусственно зараженных кровососущих переносчиков болезни, которые затем через укусы передают людям и животным возбудителей заболеваний; *внешний признак*- появление значительного количества грызунов, клещей и других переносчиков заболеваний; *диверсионный*- заражение биологическими средствами воздуха и воды в замкнутых пространствах при помощи диверсионного снаряжения; *внешние признаки* - одновременное возникновение массовых заболеваний людей и животных в границах определенной территории.

Начало применения противником бактериологического оружия может быть определено с помощью приборов и по внешним признакам, к которым относятся: менее резкий в сравнении с обычным боеприпасом звук разрыва; образование при разрыве боеприпаса облака дыма или тумана; наличие в месте разрыва капель жидкости или порошкообразного вещества; темные полосы, оставляемые самолетом противника.

Для защиты населения от бактериологического оружия проводят комплекс противоэпидемических и санитарно-гигиенических мероприятий. Это экстренная профилактика, обсервация и карантин, санитарная обработка, дезинфекция зараженных объектов. При необходимости уничтожают насекомых и грызунов (дезинсекция - и дератизация).

2.4.1 Характеристика очага биологического поражения.

В зоне биологического заражения возникают инфекционные заболевания. Зоной биологического заражения называется территория, подвергшаяся непосредственному воздействию биологических средств, и территория, на которой распространились биологическая рецептура или зараженные кровососущие переносчики инфекционных заболеваний. В зоне биологического заражения может возникнуть один или несколько очагов поражения. Размеры зоны биологического заражения зависят от вида боеприпасов или иных средств применения бактериальных средств, способов их применения и метеорологических условий и характеризуются глубиной и шириной (площадью).

Границы зоны биологического заражения и очагов биологического поражения устанавливаются противоэпидемическими учреждениями медицинской службы ГО и службой защиты животных и растений на основе обобщения данных, полученных от постов радиационного и химического наблюдения, разведывательных формирований, метеорологических и санитарно-эпидемиологических станций. Для

предотвращения распространения инфекции в очаге поражения вводится режим карантина или обсервации.

Карантин устанавливается в тех случаях, когда обнаружены возбудители болезней, относящихся к особо опасным (чума, холера и т.п.). Предусматривается полная изоляция очага поражения от окружающего населения. На внешней границе зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, организуется комендантская служба и патрулирование. Население в очаге поражения разобщается на мелкие группы; людям не разрешается выходить из своих квартир (дворов), куда им доставляются продукты питания, вода и предметы первой необходимости. Въезд на территорию зоны карантина разрешается лишь специальным формированиям и видам транспорта; транзит разрешается только железнодорожному транспорту.

Прекращается работа на всех предприятиях, кроме тех, которые имеют особо важное значение для народного хозяйства или на которых весьма сложно произвести безаварийную остановку производства. Объекты народного хозяйства, продолжающие свою деятельность, переходят на особый режим работы, а их рабочие и служащие - на казарменное положение со строгим выполнением противоэпидемических требований. Контакт между сменами запрещается, питание и отдых организуется по группам (сменам) в специально отведенных помещениях. В зоне карантина запрещается работа всех зрелищных учреждений, учебных заведений, школ, рынков. За пределами помещений все население должно быть в средствах защиты.

Обсервация вводится в том случае, если установленный вид возбудителя относится к группе не особо опасных. При обсервации проводятся менее строгие изоляционно-ограничительные меры. Въезд и выезд с территории обсервации ограничен, вывоз имущества производится только после обеззараживания, вводится медицинский контроль за питанием и водоснабжением и т.д.

В очаге поражения с самого начала проводятся профилактические и санитарно-гигиенические мероприятия, санитарная обработка, дезинфекция и дератизация. Одним из первоочередных мероприятий является экстренное профилактическое лечение населения.

Сроки карантина и обсервации устанавливают исходя из длительности максимального инкубационного периода заболевания. Его исчисляют с момента госпитализации последнего больного и окончания дезинфекции.

2.5. Нейтронные боеприпасы.

Ядерные боеприпасы, взрывы которых сопровождаются повышенным нейтронным излучением, принято называть нейтронными. Нейтронный боеприпас представляет собой малогабаритный термоядерный заряд мощностью не более 10 кг, у которого основная доля энергии выделяется за счет реакций синтеза ядер дейтерия и трития, а количество энергии, получаемой в результате деления тяжелых ядер в детонаторе (инициаторе), минимально, но достаточно для начала реакции синтеза.

Таблица 1. Распределение энергии по поражающим факторам, %.

Поражающие факторы	Нейтронный боеприпас	Обычный ядерный боеприпас
Ударная волна	40	50
Световое излучение	25	35
Проникающая радиация	30	4
Радиоактивное заражение	5	10
Электромагнитный импульс	-----	1

Поражающими факторами взрыва нейтронного боеприпаса являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение. Однако распределение энергии по поражающим факторам в нейтронном боеприпасе отличается от ядерного боеприпаса реакцией деления и зависят от соотношения энергии основного и инициирующего зарядов. В таблице 1 приведено распределение энергии взрыва по поражающим факторам для нейтронного боеприпаса с соотношением энергий основного и инициирующего зарядов 50: 50 . При идеальной реакции синтеза до 80 % энергии может выделяться в виде нейтронов и лишь 20 % - в виде ударной волны, теплового и светового излучения.

Таким образом, принципиальным отличием нейтронного боеприпаса от обычного атомного является существенное увеличение доли проникающей радиации за счет уменьшения энергии на образования других поражающих факторов.

Нейтронные боеприпасы предназначены прежде всего для поражения людей. Поражающее действие проникающей радиации взрыва нейтронного боеприпаса на человека определяется воздействием на организм нейтронов и сопутствующего гамма-излучения, в результате которого развивается лучевая болезнь, тяжесть которой определяется дозой излучения. Расчетные значения доз излучения в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва нейтронного боеприпаса мощностью 1 кт приведены в таблице 2. По поражающему действию проникающей радиации на людей взрыв нейтронного боеприпаса в 1 кт эквивалентен взрыву атомного боеприпаса мощностью 10-12 кт.

Таблица 2, Расчетные значения доз излучения при воздушном взрыве воздушного боеприпаса мощностью 1 кт.

Расстояние от эпицентра взрыва, м	Доза излучения, Р		
	По у-излучению	По нейтронам	Суммарное
300	100000	400 000	500 000
500	30000	70000	100000
700	5000	10000	15000
1000	800	1200	2000
1200	350	500	850
1500	100	100	200
1800	45	30	75
2000	10	5	15

2.6. Лучевое (лазерное) оружие.

Лучевое оружие - это совокупность устройств (генераторов), поражающее действие которых основано на использовании остронаправленных лучей электромагнитной энергии (лазеры, лучевые ускорители).

Боевые лазеры - это мощные излучатели электромагнитной энергии оптического диапазона. Поражающее действие лазерного луча достигается в результате нагревания до высоких температур материальных объектов, расплавлении или повреждении чувствительных элементов оборудования и др. Воздействие на человека проявляется в виде повреждения зрения и нанесения термических ожогов кожи. Действие лазерного луча отличается скрытностью, высокой точностью, прямолинейностью распространения и мгновенным действием.

Существенно снижают поражающее действие лазерного луча такие факторы природной среды, как туман, дождь, снег и пыль. Поэтому с наибольшей эффективностью применение лазерного луча может быть достигнуто в космическом пространстве для уничтожения баллистических ракет и искусственных спутников Земли.

2.7. Геофизическое оружие.

Геофизическое оружие - широко распространенный за рубежом термин, обозначающий совокупность различных средств, позволяющих использовать в военных целях разрушительные силы природы путем искусственно вызываемых изменений физических свойств и процессов, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере Земли.

Возможность использования многих природных процессов разрушительных целях основана на их огромном энергосодержании. Способы активного воздействия на них достаточно разнообразны. Например:

- инициирование искусственных землетрясений в сейсмоопасных районах, мощных приливных волн типа цунами, ураганов, горных обвалов, снежных лавин, оползней, селевых потоков и т.п.;
- формирование засухи, ливней, града, тумана, заторов на реках, разрушение гидросооружений и др.

В некоторых странах изучаются возможности воздействия на ионосферу с целью создания искусственных магнитных бурь и полярных сияний для нарушения радиосвязи и осложнения радиолокационных наблюдений на больших пространствах.

Для воздействия на природные процессы могут быть использованы такие средства, как химические вещества, мощные генераторы электромагнитных излучений, тепловые генераторы и т.п. Однако наиболее эффективным средством воздействия на геофизические процессы считается использование ядерного оружия.

Поражающими факторами геофизического оружия являются катастрофические последствия спровоцированных опасных природных явлений.

2.8. Радиологическое оружие.

Радиологическое оружие - один из возможных видов оружия массового поражения.

Его действие основано на использовании боевых радиоактивных веществ (БРВ), применяемых в виде специально приготовленных порошков или растворов веществ, содержащих в своем составе радиоактивные элементы, вызывающие эффект ионизации. Ионизирующее излучение разрушает ткани организма, вызывая локальные поражения или лучевую болезнь. Действие БРВ сравнимо с действием радиоактивных веществ, которые образуются при ядерном взрыве и заражают окружающую местность.

Основным источником БРВ служат отходы, образующиеся при работе ядерных реакторов или специально полученные в ядерных реакторах вещества с различным периодом полураспада. Применение БРВ может осуществляться с помощью авиабомб, беспилотных самолётов, крылатых ракет и др.

2.9. Ускорительное оружие.

Ускорительное оружие является разновидностью лучевого оружия. Поражающим фактором такого оружия служит остро направленный пучок заряженных или нейтральных частиц (электронов, протонов, нейтральных атомов водорода), разогнанных до больших скоростей. Мощный поток энергии создает на цели механические ударные нагрузки, интенсивное тепловое воздействие и вызывает коротковолновое электромагнитное (рентгеновское) излучение.

Объектами поражения такого оружия могут быть не только космические аппараты или ракеты, но и различные виды наземного вооружения. Существует возможность облучения ускорительным оружием из космоса больших площадей земной поверхности с массовым поражением на ней людей и животных.

2.10. Радиочастотное оружие.

Радиочастотное оружие - это средства, поражающее действие которых основано на использовании электромагнитных излучений сверхвысокой частоты (в диапазоне до 30 ГГц) или очень низкой частоты (менее 100 Гц). Объектами поражения этого оружия является живая сила. При этом имеется в виду способность электромагнитных излучений в диапазоне сверхвысоких и очень низких частот вызывать повреждения жизненно важных органов человека (мозга, сердца, сосудов). Оно способно воздействовать на психику, нарушая при этом восприятие окружающей действительности, вызывая слуховые галлюцинации и др.

2.11. Инфразвуковое оружие.

Инфразвуковое оружие - средство массового поражения, основанное на использовании направленного излучения мощных инфразвуковых колебаний с частотой ниже 16Гц.

По данным иностранных источников, такие колебания могут воздействовать на центральную нервную систему и пищеварительные органы человека, вызывая головную боль и боль во внутренних органах, нарушая ритм дыхания. Инфразвук обладает также психотропным действием на человека, вызывая потерю контроля над собой, чувство страха и паники.

В качестве генераторов инфразвука используются ракетные двигатели, снабженные резонаторами и отражателями звука. Возможно использование двух звуковых генераторов с разностной частотой, воспринимаемой как инфразвук.

2.12. Графитовые бомбы.

Авиабомбы с графитовым наполнителем представляли собой один из вариантов так называемого "нелетального" оружия, которое не поражает людей, а только вызывает массовые повреждения электросетей, линий электропередач, трансформаторных подстанций, открытых распределительных устройств.

Графитовое мелкодисперсное облако, образующееся в результате взрыва бомбы, оседает на токоведущих частях различных электрических сетей и устройств, вызывает короткие замыкания, выводя из строя электростанции и системы энергоснабжения.

Работоспособность токоведущих частей можно восстановить на какое-то время, но вскоре возникают новые замыкания, силовое оборудование выходит из строя и требует длительного ремонта.

2.13. Обычные средства поражения.

2.13.1 Боеприпасы объемного взрыва.

В последних агрессивных локальных войнах, развязанных Соединенными Штатами Америки и их союзниками, в широких размерах применялись и испытывались боеприпасы объемного взрыва (БОВ).

Боеприпасы объемного взрыва- боеприпасы, принцип действия которых основан на физическом явлении- детонации, возникающей в смесях горючих газов с воздуха.

В качестве заряды в БОВ используются летучие углеводородные соединения (жидкие рецептуры), обладающие высокой теплотворной способностью: окись этилена, пропилов нитрат, перекись уксусной кислоты, диборан и др.

Действие БОВ сводится к следующему: заряд (жидкая рецептура) распыляется в воздухе, полученный аэрозоль преобразуется в газовоздушную смесь, которая затем подрывается. Взрыв такой смеси представляет собой процесс быстрого расширения продуктов сгорания, порождающий в окружающем пространстве ударную волну- зону сжатого воздуха, распространяющуюся со сверхзвуковой

скоростью. В зоне детонации за несколько десятков микросекунд развивается температура 2500-3000 .

Основным поражающим фактором БОВ является ударная волна. Избыточное давление во фронте ударной волны при возникновении детонации в топливовоздушном облаке достигает в его центре около 3000 кПа (30 кг/см²), за пределами облака ударная волна распространяется со скоростью 1500-3000 м/с и на удалении 100м избыточное давление во фронте ударной волны может составлять 100 кПа (1 кг/ см²).

Энергия взрыва газовой смеси в несколько раз превышает энергию взрыва равного по массе обычного ВВ. Однако даже при равной энергии ударная волна, порождаемая объемным взрывом, обладает большими разрушительными возможностями по сравнению с ударной волной от взрыва обычного ВВ. Объясняется это тем, что по своим параметрам (длительность затухания внутри и вне облака) избыточное давление боеприпаса объемного взрыва превосходит давление во фронте ударной волны, создаваемой обычным ВВ.

Поскольку топливовоздушная смесь способна проникать в негерметические объемы и формироваться по профилю рельефа местности, то от поражающего воздействия БОВ не защищают ни складки местности, ни негерметичные защитные сооружения.

Попадая в замкнутые объемы через вентиляционные входы сооружений или открытые окна зданий, топливовоздушные смеси оказываются в более благоприятных условиях для развития детонационного процесса и производят разрушения несущих конструкций этих сооружений.

Подобные свойства БОВ позволяют рассматривать это оружие как средство поражения некрытого слабо защищенного населения, техники и оборудования на открытой местности, разрушения зданий и сооружений, уничтожения растительности и посевов сельскохозяйственных культур и т. д.

Таблица 1.1 Характеристика боевой эффективности перспективных БОВ

Характеристика	Боеприпасы с метановым зарядом калибра, кг. поколения			
	второго		третьего	
	500	1000	500	1000
Диаметр зоны детонации, м	17-18	19-20	33-35	38-40
Диаметр и высота зоны поражения ударной волны, м*	220*220	310*330	410*430	490*510

ПРИМЕЧАНИЕ . Давление во фронте ударной волны не менее 42 кПа.

Типичный образец БОВ - авиационная бомбовая кассета CBU-55/В калибра 500 фунтов.

Конструктивно она состоит из 3-х боеприпасов, каждый из которых представляет собой цилиндрическую емкость (длина 53 см, диаметр 34,5 см) содержащую 32,6 кг жидкой окиси этилена. В центральной части цилиндра по продольной оси расположен вышибной заряд . После сбрасывания кассеты с вертолета или самолета происходит разделение боеприпасов. Падение каждого из них замедляется с помощью индивидуального тормозного парашюта. При ударе

боеприпаса о землю срабатывает вышибной заряд, обеспечивающий разброс жидкости и образовании газовоздушного облака диаметром до 15 м и высотой 2,5 м. С помощью инициирующих устройств замедленного действия производится подрыв облака.

В настоящее время в США ведутся работы по созданию БОВ второго и третьего поколений. Эти боеприпасы работают на рецептурах с большей энергией взрыва, что влечет изменение их боевой эффективности (табл. 1.1).

Одними из основных целей дальнейшего развития боеприпасов огромного взрыва являются достижение давления во фронте ударной волны на границе зоны детонации порядка 10000 кПа (100кг/см²), создание систем для использования под водой и в космосе.

В перспективе разрушающий эффект применения БОВ должен в 10-20 раз превзойти эффективность боеприпасов с обычным ВВ. Предполагается, что при массе топливовоздушной смеси 450 кг действие объемного взрыва может быть эквивалентным ядерному взрыву мощностью 10 т, а при массе такого же снаряжения 4,5 т- ядерному взрыву мощностью 100т.

2.13.2 Зажигательные боеприпасы

Зажигательные боеприпасы предназначены для создания крупных пожаров в тылу, уничтожения людей, сооружений, складов материальных средств, нефтехранилищ, оборудования, транспорта и т.п.

Основу зажигательных боеприпасов составляют зажигательные вещества. В соответствии с иностранной классификацией все современные зажигательные вещества, которыми снаряжаются боеприпасы, делятся на 3 основные группы: Зажигательные смеси на основе нефтепродуктов (напалмы); металлизированные зажигательные смеси (пирогели); термит и термитные зажигательные составы.

Особую группу составляют обычный или пластифицированный фосфор, который используется как дымообразующее вещество и как самовоспламеняющееся на воздухе средство.

Напалм. В - наиболее эффективная зажигательная смесь первой группы из полистирола или нафтената алюминия (загустителя) с пальмитиновой кислотой. Хорошо воспламеняется и прилипает даже к влажным поверхностям. Напалм В способен создавать высокотемпературный (1000-1200) очаг горения длительностью 5-10 мин. Он легче воды, поэтому плавает на ее поверхности, продолжая при этом гореть, что значительно затрудняет ликвидацию очагов горения. Горящий напалм разжижается и приобретает способность проникать через различные щели в укрытия и технику, выводя их из строя и поражая людей. Кроме того, при горении он насыщает воздух ядовитыми раскаленными газами.

Пирогели - вязкие огнесмеси на основе нефтепродуктов с добавками порошкообразных металлов (магний, алюминий). Температура горения 1200-1600 и выше . При горении образуется шлак, который способен прожигать тонкий металл.

Термические составы (термит - от греч. therme- жар, тепло)- это механические смеси окиси железа и порошкообразного алюминия. При поджигании их от специальных устройств происходит химическая реакция с выделением большого количества теплоты и сильным повышением температуры. Горят без доступа воздуха и без большого открытого пламени. Температура горения достигает 3000 . Могут прожигать металлические части оборудования.

Белый фосфор представляет собой воскообразное самовоспламеняющееся на воздухе вещество. При горении (температура 800-900) выделяется густой ядовитый белый дым, вызывая ожоги и отравления.

Зажигательные авиационные бомбы подразделяются на 2 группы: собственно зажигательные и напалмовые.

Зажигательные бомбы сравнительно небольших калибров- от 1 до 100 фунтов- применяются обычно в кассетах и связках, в которых может быть от 38 до 670 бомб. На самолете В-52 может быть подвешено 66 таких кассет, на F-4- 11, на F-111- 48. Площадь поражения одной кассетой, вмещающей 670 бомб, может составить 0,12.....0,15 км².

Напалмовые (огневые) бомбы представляют собой тонкостенные сигарообразной формы контейнеры, снаряжаемые загущенными смесями.

На вооружении авиации США находятся напалмовые бомбы калибром 250-1000 фунтов. Особенностью этих бомб является образование объемных очагов поражения. При срабатывании взрывателя заряд взрывчатого вещества разрушает корпус боеприпаса, и зажигательная смесь в виде горячих кусков разлетается во все стороны (до 100 м и более), создавая обширную зону огня. Площадь поражения открыто расположенных людей боеприпасом калибра 750 фунтов может достигать 4000 м².

Защита объектов от зажигательного оружия обеспечивается созданием запасов влажной глины, извести, цемента для изготовления огнеупорных смазок, а так же сухого песка и грунта; сооружение у входов в убежище и подвалы волков и канавок от затекания зажигательных смесей; оборудование защитных козырьков над дверьми, окнами, проемами; оснащением вентиляционных систем и дымоходов защитными устройствами; подготовкой гасящих растворов и подручных средств (брезент, накидки, маты).

Наиболее эффективную защиту людей от поражающего действия обычного оружия, в том числе зажигательного, обеспечивают защитные сооружения. Средства индивидуальной защиты и верхняя одежда предохраняет только от непосредственного воздействия огнесмесей в момент их применения.

2.13.3 Фугасные, осколочные, шариковые, кумулятивные и бетонобойные боеприпасы.

В армиях империалистических государств проводятся интенсивные работы по совершенствованию обычных осколочных, осколочно-фугасных, фугасных и бетонобойных боеприпасов (авиационных бомб и артиллерийских снарядов). В условиях ведения боевых действий с применением обычного оружия эти боеприпасы являются наилучшим средством для поражения малоразмерных и рассредоточенных на больших площадях целей.

Фугасные бомбы предназначены для поражения промышленных и административных объектов, железнодорожных узлов и станций, техники и людей. Поражение достигается действием ударной волны от взрыва обычного ВВ. Фугасные бомбы имеют калибр от 100 до 3000 фунтов и высокий коэффициент наполнения (отношение массы ВВ к общей массе бомбы), достигающий 55%.

Осколочные боеприпасы предназначены главным образом для поражения людей. Особенностью таких боеприпасов являются образование огромного

количества (от нескольких сотен до нескольких тысяч) осколков массой от долей грамма до нескольких граммов.

Из осколочных боеприпасов представляют интерес *шариковые авиационные бомбы*, обладающие высокой эффективностью поражения как на открытой местности, так и в населенных пунктах. Поражающими элементами в них являются металлические шарики диаметром 2-3 мм. Несколько сот таких шариков располагаются в пазах в корпусе, имеющем форму цилиндра или шара размером от теннисного до футбольного мяча. Корпус изготавливается из двух половин, одна из которых имеет стабилизаторы (от 4 -6 штук). Форма стабилизаторов аналогична форме лопаток турбин. Благодаря такой форме бомба в полете к земле приобретает вращательное движение (4-6 тыс. оборотов в минуту). Внутри корпуса размещаются ударный и дополнительные заряды ВВ.

Действие шариковой бомбы заключается в следующем: при ударе о преграду срабатывает взрыватель с зарядом ВВ, вследствие чего корпус разрушается, а шарикам сообщается дополнительная скорость. В полете шарики могут рикошетировать несколько десятков раз, сохраняя при этом убойную силу. Радиус поражения бомбы- 1,5.....15 метров. С самолетов шариковые бомбы сбрасываются в кассетах, содержащих от 96 до 640 бомб. Под действием вышибного заряда кассета над землей разрушается, шариковые бомбы разлетаются и взрываются на площади 160....250 м².

Эффективную защиту от ударной волны и осколков обычных боеприпасов обеспечивают защитные сооружения: убежища, укрытия различных типов, перекрытые щели, а от шариковых бомб - каменные и деревянные строения. При отсутствии их можно укрываться в траншеях, коллекторах и складках местности.

Кумулятивные боеприпасы относятся к классу боеприпасов направленного действия. Основы действия кумулятивного боеприпаса является создание мощной струи и продуктов детонации ВВ (кумулятивной струи) с температурой 6.....7тыс. градусов и давлением 5*10.....6*10 кПа (5...6тыс. кгс см²).

При взрыве кумулятивная выемка сжимает (фокусирует) продукты детонации, распространяющиеся перпендикулярно поверхности выемки, создавая кумулятивную струю. Струя способна прожигать отверстия в броневых перекрытиях толщиной несколько десятков сантиметров и вызывать пожары. Значительно уменьшают эффективность таких боеприпасов металлические или из других материалов экраны, расположенные на расстоянии 15-20 см от основного перекрытия.

Бетонобойные боеприпасы предназначены для разрушения хорошо защищенных объектов, имеющих бетонные и железобетонные перекрытия. Обладают высокой эффективностью при действии по взлетно-посадочным полосам аэродромов. По конструкции бетонобойный боеприпас представляет собой авиационную бомбу. Внутри корпуса бомбы размещается кумулятивный и мощный фугасный заряд ВВ и соответственно 2 взрывателя: один мгновенного действия, вызывающий срабатывание кумулятивного, который обеспечивает прохождение боеприпаса через покрытие, второй- с небольшим замедлением для подрыва фугасного заряда, который вызывает основное разрушение объекта.

2.13.4 Высокоточное оружие.

Поиски путей повышения эффективности обычных средств поражения привели к появлению управляемого высокоточного оружия. При создании

последнего зарубежные специалисты стремятся достичь гарантированного выхода из строя хорошо защищенных объектов минимальными средствами. К высокоточному оружию относятся управляемые авиационные бомбы (УАБ), управляемые ракеты «воздух-земля», противорадиолокационные управляемые ракеты и др.

На вооружении авиации США имеются УАБ «Уоллай» калибра 1000 и 2000 фунтов с телевизионной системой наведения. УАБ состоит из 3-х основных секций: головной с аппаратурой наведения, центральный с боевой частью осколочно-фугасного действия (к этой же секции крепится крыло и хвостовой с системой управления рулями и блоком электропитания). При подходе к цели летчик самолета-носителя включает телевизионную камеру УАБ и на экране индикатора в кабине появляется изображение местности. Обнаружив визуально цель, летчик маневрирует самолетом, чтобы изображение цели совместилось с перекрестием на экране индикатора, после чего аппаратура УАБ включается в режим автоматического захвата и сопровождения. Наведение ее на цель осуществляется автономно, без участия летчика, затем производится сбрасывание УАБ.

Согласно сообщениям иностранной прессы, если обычные бомбы при сбросе самолета-носителя на высоте 14...15 км имеют круговое вероятное отклонение порядка 500...600 м, то у УАБ оно составляет несколько метров.

УАБ второго поколения оснащаются раскрывающимся после сбрасывания с самолета-носителя оперением, что позволяет увеличить аэродинамическую поверхность бомбы, а за счет этого и дальность ее полета (до 65 км). Помимо телевизионных и лазерных систем наведения в них применяются и телевизионно-командные, обеспечивающие поражение замаскированных и оптически неконтрастных целей.

Управляемые ракеты «воздух-земля» предназначены для поражения малоразмерных целей. На пример, американская КР имеет кассетную боевую часть, в которой размещено до 20 бетонобойных зарядов.

2.14 Нелетальное оружие.

2.14.1 НВО: термины, суть, практическое применение.

В настоящее время во многих странах мира активно ведутся работы по созданию нелетальных («несмертельных») видов оружия (НВО) различного назначения. Это объясняется стремлением избежать массовой гибели среди гражданского населения, крупномасштабных экологических катастроф, связанных с заражением на долгие годы территории радиоактивными изотопами, химическими веществами, микроорганизмами, так и нанести существенный ущерб макроэкономике противника. Кроме того, имеются причины политического, технико-экономического и военно-тактического характера. В частности, разработка и производство НВО обходятся дешевле других видов оружия массового поражения (например, ядерного), а возможность оказания давления на руководство противника сохраняется. Значительное разнообразие НВО, особенности способов его применения, включающие внезапность и скрытность, механизм воздействия на технику и живую силу - все это резко снижает вероятность использования предполагаемым противником адекватных мер и специфических средств защиты и

противодействия. Особую опасность в таких ситуациях представляют террористы-одиночки и страны с «непредсказуемой политикой».

2.14.1 НВО: термины, суть, практическое применение.

В России наряду с неформальными терминами типа «нелетальное» или «несмертельное» оружие используются и такие определения - «оружие несмертельного действия», «нелетальные виды оружия», «нетрадиционные виды оружия», «оружие несмертельного действия». Вероятно, наиболее точно отражающим функциональное назначение этих видов оружия является термин «выводящие из строя» и близкий ему по значению термин «мягкое», неразрушающее поражение военной техники и живой силы. Тем не менее наиболее употребимым в литературе является термин «нелетальное оружие».

К НВО принято относить средства, вызывающие функциональное поражение живой силы, вооружения, военной техники и при этом использующие неионизирующие излучения, такие как сверхвысокочастотное, лазерное, некогерентное и ультразвуковое, а также химические вещества, биологические и биотехнологические средства.

Как известно, обычное и ядерное оружие предназначено для разрушения материальной части вооружения, военной техники и уничтожения живой силы противника (так называемое тяжелое поражение). Действие же НВО направлено на неразрушающее, «мягкое» воздействие, вызывающее нарушение функционирования вооружений, военной техники и временное выведение из строя живой силы без нанесения существенного ущерба здоровью людей. Четкую грань между поражающим эффектом обычного оружия и НВО провести сложно, что связано с постоянным совершенствованием поражающих элементов, как обычного оружия (высококинетические пули, осколки), средств индивидуальной броневой защиты (жилеты, шлемы) с поглотителями ударной волны, так и некоторых НВО (резиновые пули, пластиковые шарики и т.д.). Другими словами, в настоящее время существует тенденция придания боевому оружию несмертельный характер воздействия.

Уже сейчас НВО используется при нейтрализации террористов, а также в локальных вооруженных конфликтах. Рассматривается и возможность его применения в виде технологических санкций при ведении боевых действий или в качестве средства силового давления на государства, намеревающиеся прибегнуть к оружию массового поражения.

Например, американцы во время войн в Персидском заливе, Боснии и Косово для выведения из строя линий электропередач применяли специальные боеприпасы, снаряженные легкими и длинными электропроводящими углеродными волокнами. Попадая на провода, они вызывали массовые короткие замыкания. При этом восстановление электроснабжения было крайне затруднено, т.к. при малейшем ветре волокна вновь попадали на провода, а полное их удаление требовало длительной и трудоемкой очистки значительной территории.

НВО способны также нарушать работу гидроэлектростанций при использовании химических агентов, увеличивающих вязкость воды с соответствующим изменением технологических параметров (давление, скорость течения и др.), или введением в водную среду полимерных соединений, которые «прилипают» и

наматываются на лопасти турбин, останавливая их. В странах, где гидроэлектростанции являются основными источниками электроэнергии, подобные акции могут иметь весьма серьезное значение.

Следует отметить, что НВО - прежде всего оружие со всеми вытекающими отсюда последствиями. Средства, выводящие из строя военную технику, оказывают, несомненно, и крайне неблагоприятное воздействие на человека. Соответственно возникает проблема защиты воинских контингентов и гражданского населения от непредсказуемого влияния НВО. В результате длительных исследований доказано, что в основе всего комплекса медико-биологических проявлений эффектов НВО, вне зависимости от природы поражающих факторов, технологических процессов и способов создания такого оружия, находится механизм стресса во всех его проявлениях.

2.14.2 Классификация НВО.

В военном отношении НВО условно можно разделить на две основные категории (многие из нелетальных технологий могут использоваться в обоих случаях):

- средства для выведения из строя вооружений, техники и обеспечивающей инфраструктуры;
- средства для использования против живой силы.

К первой категории относятся:

- «противодатчиковые» («противооптические») средства борьбы с наземными и воздушными вооружениями и военной техникой;
- средства ослабления силы сцепления (тягового усилия);
- распыляемые вещества - загрязнители для морских, наземных и воздушных объектов;
- средства засорения двигателей или систем образования горючей смеси;
- генераторы неядерного электромагнитного импульса, микроволновые генераторы большой мощности;
- химические агенты для применения против материальной части (разрушение конструкций, материалов);
- биологические средства такого же назначения («поедающие» изоляционные материалы, резиновые изделия, смазочные масла);
- вещества, вызывающие самовоспламенение, повышение вязкости горюче-смазочных материалов;
- способы нарушения работы информационных систем (создание помех, введение компьютерных вирусов);
- средства радиоэлектронной борьбы;
- вещества для преобразования местности (дестабилизаторы почвы);
- химические агенты, ухудшающие мобильность (возможность) доступа к объекту (средства для создания «скользких», «липких» участков на пути движения противника, пенообразующие средства).

Вторая категория включает:

- оптические средства;
- химические парализующие агенты;
- вещества, подавляющие деятельность нервной системы;
- акустические генераторы (имеют двойное назначение);

- иммобилизаторы биологических объектов (ограничивают возможности человека к передвижению).

2.14.3 Некоторые виды НВО.

2.14.4 Огнестрельные НВО.

Существует одно принципиальное различие между целями использования обычных вооружений и НВО. В первом случае поражающее действие направлено на абсолютное уничтожение живой силы, во втором -на создание шоковой, стрессовой ситуации, позволяющей временно, без ущерба здоровью, вывести из строя противника, деморализовать или парализовать террористов. С этой целью используются пластиковые, деревянные, резиновые пули и осколки, ослепляющие и оглушающие гранаты и др.

2.14.5 Электромагнитные и инфразвуковые НВО.

Источники микроволнового излучения высокой мощности (СВЧ-излучение) имеют как информационный, так и энергетический пути воздействия на человека. Меняя частоту, мощность и модуляцию сигналов, можно моделировать характер и уровень стресса- от небольших отклонений психики, нарушений терморегуляции до разрушения внутренних органов и смерти.

СВЧ-излучение. Наиболее изучено тепловое воздействие СВЧ-излучения относительно большой мощности. В зависимости от его частоты и происходит следующее: нарушается работа головного мозга и центральной нервной системы, возникают ощущения тяжело переносимых шумов и свиста, поражаются внутренние органы, что чревато смертельным исходом.

Информационное воздействие СВЧ-излучения проявляется в так называемом эффекте радиослышимости. Он заключается в том, что люди, находящиеся в мощном поле радиовещательных станций, начинают слышать «внутренние голоса», музыку и т.д.

Среди принимаемых в настоящее время на оснащение образцов НВО направленной энергии имеется микроволновое оружие, в котором используется процесс, известный как «синтез голоса». При воздействии микроволнового излучения на человека у него возникает эффект голосовых или других аудиосигналов, который известен еще под названием «синтетическая телепатия». Это психотронное оружие было продемонстрировано доктором Дэйвом Морганом в ноябре 1993 г. на секретной конференции, посвященной разработке НВО. Просочившиеся сведения о разработках психотронного оружия вызвали протестующие заявления со стороны многих ученых и активистов борьбы за гражданские права. В частности, отмечалось, что «использование такого вида нелетального оружия правоохранительными органами может стать жестоким телесным наказанием без процесса наказания как такового». Силы правопорядка, которые могут выступать в этом случае как «мозговые операторы», используя невидимое оружие, в состоянии манипулировать жизнью и здоровьем людей, не подозревающих об этом.

Инфразвук. Создаваемые искусственно упругие акустические волны заставляют вибрировать барабанные перепонки человека, при этом во внутреннем ухе, которое регулирует пространственную ориентацию, возникают нервные

импульсы, регистрируемые мозгом как звук. Кроме того, при определенных частотах резонируют внутренние органы и отдельные участки тела человека. Звуковые волны высокой интенсивности нарушают психомоторные функции и вызывают болевые ощущения, чувство страха, приступы рвоты, спазмы кишечника, судороги, вплоть до летального исхода. Психоневрологические воздействия низкочастотных акустических колебаний проявляются в чувстве угнетения и страха. Электромагнитные излучения провоцируют возникновение немотивированной тревоги, неуверенности в выборе правильного решения. Особую опасность для жизни представляют судороги.

2.14.6 Акустические НВО.

Акустические НВО разработаны на основе традиционных акустических генераторов с частотой непрерывного излучения до 500 Гц, а также акустических «пульс» - ультразвуковых пучков импульсов, образующих плазму.

Инфразвук (частота менее 25 Гц) распространяется на большие расстояния, обладает абсолютной проникающей способностью, практически не гасится никакими материалами, и внешние средства защиты против него не эффективны. Так, для подавления массовых беспорядков в Северной Ирландии англичане использовали устройство «Curdler», издававшее «пронзительные звуки через нерегулярные интервалы». Инфразвук можно использовать не только для борьбы с уличными беспорядками, но и на поле боя - например, против живой силы в укрытиях.

2.14.7 Химические НВО.

Химические средства типа галлюциногенов влияют прежде всего на системы человека, обеспечивающие его эмоциональное поведение, «борьбу за жизнь» в безвыходной ситуации, вызывая стресс. Иными словами, эти вещества нарушают адаптивное поведение организма. Аналогичным действием обладают и «ирританты», в том числе «слезоточивые газы» - вещества с невыносимым запахом, раздражающие дыхательные пути, вызывающие сильную боль и др. Продукты биотехнологического производства могут оказывать как энергичное и короткое, так и мягкое, но длительное (до нескольких недель), выведение из активной целенаправленной деятельности отдельных контингентов лиц, без нанесения стойкого ущерба их здоровью.

2.14.8 Оптические средства НВО.

Лазерное оружие предназначено для поражения датчиков и входных трактов систем обнаружения, слежения, наведения, наблюдения и разведки, а также для ослепления живой силы. В последнем случае используются портативные маломощные устройства, в то время как установки для выведения из строя датчиков и оптической аппаратуры представляют собой сложные устройства большой мощности, массы и габаритов.

Американские специалисты считают, что созданные экспериментальные образцы лазерного оружия свидетельствуют о переходе на качественно новый технологический уровень разработки систем тактического назначения. По

прогнозам, противопехотное лазерное оружие может появиться на вооружении уже в ближайшие годы и будет играть значительную роль в ходе ведения боевых действий.

2.14.9. Высоинтенсивное оптическое оружие.

В Центре исследования, разработки и конструирования вооружений армии США ведутся работы по получению мощных направленных потоков оптического излучения на основе взрывного нагрева инертных газов (неон, аргон или ксенон). За счет взрыва происходит их сжатие с образованием плазмы с температурой в несколько тысяч градусов Цельсия, излучающей энергию в весьма широком спектральном диапазоне - от ультрафиолетового до инфракрасного.

Источники оптического излучения высокой интенсивности могут доставляться к цели с помощью гранатометов, минометов, авиабомб и т.д. Ручные гранаты такого типа успешно применялись подразделениями по борьбе с терроризмом при освобождении заложников.

Оптические средства НВО воздействуют на человека следующим образом. При использовании мигающих источников оптического излучения и стробоскопических импульсов- большой интенсивности с частотой, близкой к ритмам мозга, у людей возникает головокружение, тошнота и потеря ориентации. Этот эффект, получивший название «эффект Буча», хорошо знаком пилотам вертолетов - яркий солнечный свет, отражаясь от быстро вращающихся лопастей, вызывает головокружение. В боевых условиях яркие источники мигающего света могут приводить к временному ослеплению, затруднять прицеливание или перемещение по местности.

Несмотря на протесты общественности, лазерное и высокоинтенсивное оптическое оружие не запрещено. Эффективных и надежных средств защиты от него в настоящее время нет. Рекомендуются, например, использование средств по защите глаз и кожной поверхности, в том числе фотопротекторов и фотофильтров. Первые содержат какие-либо химические соединения, которые поглощают свет в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, вторые - непрозрачные материалы, отражающие свет.

К наиболее известным и общедоступным из них относятся средства «от загара». Большинство фотозащитных препаратов предназначено для поглощения как ультрафиолетового света в диапазоне-В с короткой длиной волны от 280 до 320 нм, так и инфракрасного. Коротковолновый свет вызывает эритему (покраснение) и дубление кожи. Хроническое его воздействие повышает вероятность развития рака кожи и стимулирует ее старение.

Эффективность поглощения ультрафиолетового и лазерного света измеряют в единицах минимальной эритемной дозы (МЭД). Выбор необходимых средств определяется путем измерения МЭД с фотозащитой и без нее в группе здоровых людей. Светлокожим людям, у которых легко возникает солнечный ожог, советуют применять продукты с высокой степенью защиты (15 единиц и выше). Те, у кого более темная кожа, могут использовать фотопротекторы с более низкой степенью защиты (10-15 единиц).

2.14.10 Голографические эффекты.

В рамках информационной войны, активно разрабатываемой Белым домом, США используют устройства и технологии, позволяющие оказывать широкомасштабное, целенаправленное, быстрое и скрытное воздействие на военные и гражданские информационные системы противника с целью разрушения его экономики, подрыва боеспособности для достижения окончательной победы. По мнению специалистов, ведение такого рода войн стало возможным благодаря «кибернетической революции», результатом которой было массовое внедрение во все сферы жизни различных информационных систем, основанных на применении электронных устройств.

В частности, используются голографические эффекты, влияющие на психику человека, особенно в боевых условиях. Так, в ходе операции «Возрождение надежды» в Сомали была сделана попытка с помощью лазерных устройств проецировать на поверхность облаков изображения исламских мучеников, которые якобы советовали своим единоверцам прекратить сопротивление и возвратиться домой. Другой пример. 1 февраля 1993 г. американские морские пехотинцы, находившиеся на расстоянии около 15 км к западу от г. Могадишо (Сомали), во время песчаной бури увидели возникающее изображение человеческого лица размером около 150х150 м. Они испытали сильное психологическое воздействие.

2.14.11 Другое НВО.

Ряд временно выводящих из строя средств основан на использовании электрического разряда, которые могут быть контактного (электрические дубинки, перчатки, сети) и дистанционного действия (дистанционный разряд, стреловидные элементы на проводах, пуликонденсаторы и др.). Разряд оглушает или лишает сознания поражаемого на 1-10 мин.

2.14.12 Перспективы применения и существования НВО.

Из широкого спектра НВО выбор образцов, которые могут быть использованы для борьбы с террористами, ограничивается рядом характеристик и условиями его применения. Борьба зачастую протекает в густонаселенных районах, в присутствии на близком расстоянии посторонних людей, заложников, бойцов антитеррористических групп. При этом возможность нанесения значительного ущерба здоровью людей, животных, технике крайне велика. Сами образцы НВО должны отличаться быстротой достигаемого эффекта, минимальным побочным действием на здоровье окружающих, ситуационно обусловленной продолжительностью действия, наличием индивидуальной защиты и антидотов. Применение НВО, помимо чисто специфических, зависящих от конкретной природы поражения эффектов, в большинстве случаев оказывает сильнейшее стрессовое воздействие.

В заключение следует отметить, что с точки зрения международного права моральная и правовая стороны применения НВО пока неясны. В частности,

конвенция, запрещающая биологическое оружие, которую США ратифицировали в 1975 г., может трактоваться как запрет на разработку определенных ингредиентов, делающих ломкой броню танков и артиллерийские орудия, а также разрушающих горюче-смазочные материалы. Другая, недавно заключенная конвенция по обычным вооружениям, не упоминает применение нелетальных технологий, но ее положения могут быть пересмотрены. Например, может быть запрещено применение лазерного излучения для ослепления противника или лиц, не участвующих в боевых действиях. Тем не менее установки такого рода уже взяты на вооружение в различных армиях мира.

Контрольные вопросы

1. Какие поражающие факторы ядерного оружия вы знаете?
2. Перечислите основные виды отравляющих веществ.
3. Назовите поражающие факторы бактериологического (биологического) оружия.
4. Подготовьте сообщение по теме «Общая характеристика современных обычных средств поражения».
5. Назовите параметры ударной волны.
6. Дайте характеристику избыточному давлению.
7. Назовите характеристику и параметры светового излучения.
8. Дайте характеристику и назовите параметры проникающей радиации.
9. Дайте характеристику и назовите параметры радиоактивному заражению.
10. Дайте характеристику и назовите параметры ЭМИ.

Глава 3. Аварии с выбросом радиоактивных веществ.

3.1. Открытие явления радиоактивности.

В конце 1895 г. весь ученый мир был взволнован появившимися в печати сообщениями об открытии профессором Вильгельмом Конрадом Рентгеном лучей, обладавших необычными свойствами. Эти лучи, названные Рентгеном X-лучами, свободно проходили сквозь дерево, картон и другие предметы, не прозрачные для видимого света. Впоследствии они получили название рентгеновских лучей - в честь открывшего их ученого. Это открытие вызвало большую сенсацию в научном мире. Может, по этой причине многими учеными не было замечено другое крупнейшее открытие конца XIX столетия - открытие французским ученым Анри Беккерелем в 1896 г. явления радиоактивности. Вскоре Беккерель на заседании Академии наук сообщил, что наблюдавшиеся им лучи, проникавшие подобно рентгеновским лучам через непрозрачные для света предметы и вызывавшие почернение фотопластинок, спонтанно, без всякого вмешательства извне, излучаются некоторыми веществами. Так было установлено, что новые лучи излучаются веществами, в состав которых входит уран. Вновь открытые лучи Беккерель назвал урановыми. Дальнейшая история новооткрытых лучей тесно связана с именами польского физика Марии Склодовской и ее мужа - француза Пьера Кюри. Супругам Кюри наука обязана тщательным всесторонним изучением вновь открытого явления, которое по предложению Марии Кюри-Склодовской было названо радиоактивностью.

Радиоактивность - это способность ряда химических элементов самопроизвольно распадаться и испускать невидимое излучение,

Глубокое изучение свойств радиоактивных элементов привело к созданию так называемой планетарной модели атома (английский физик Э. Резерфорд, 1911 г.), затем она была усовершенствована датским ученым Нильсом Бором. Этой моделью мы пользуемся до настоящего времени.

Атом похож на солнечную систему в миниатюре: вокруг крошечного ядра (размеры атома очень малы — поперечник атома составляет около 10^{-8} см, следовательно, на 1 см можно уложить 100 млн. атомов) движутся по орбитам крошечные «планеты» - *электроны*. Размеры ядра в 100 тыс. раз меньше размеров самого атома, но плотность его очень велика, поскольку масса ядра почти равна массе его атома. Ядро, как правило, состоит из нескольких более мелких частиц, которые плотно сцеплены друг с другом. Некоторые из этих частиц имеют положительный заряд и называются *протонами*. Число протонов в ядре определяет, к какому химическому элементу относится данный атом: ядро атома водорода содержит всего один протон, атома кислорода - 8, атома урана - 92. В каждом атоме число электронов в точности равно числу протонов в ядре; каждый электрон несет отрицательный заряд, равный по величине заряду протона, так что в целом *атом нейтрален*.

В ядре, как правило, присутствуют и частицы другого типа - *нейтроны*, поскольку они электрически нейтральны. Ядра атомов одного и того же элемента содержат всегда одно и то же число протонов, но число нейтронов в них может быть разным. *Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разным разновидностям одного и того же химического элемента, называемым изотопами данного элемента*. Чтобы отличить их друг от друга, к символу элемента добавляют число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа. Так,

уран-238 содержит 92 протона и 146 нейтронов; в уране-235 тоже 92 протона, но 143 нейтрона. Ядра всех изотопов химических элементов образуют группу *нуклидов*.

Некоторые нуклиды стабильны, то есть в отсутствие внешнего воздействия никогда не претерпевают никаких превращений. Большинство же нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды. При каждом акте распада высвобождается энергия, которая и передается в виде радиоактивного излучения. Сразу же после открытия радиоактивности перед наукой встал ряд новых вопросов: что собой представляют открытые лучи, каковы их природа и свойства, насколько широко радиоактивные вещества распространены в природе, какое действие они оказывают на человека и окружающую природу. Понадобилось, однако, несколько десятков лет, чтобы получить ответ на поставленные вопросы. Прежде всего удалось решить вопрос о природе лучей, испускаемых радиоактивными атомами. Было установлено, что радиоактивное излучение - это сложное излучение, в состав которого входят лучи трех видов, отличающиеся друг от друга проникающей способностью. Хуже всего проникающие лучи получили название α -лучей, проникающие лучше - β -лучей, и наконец, лучи, имеющие наибольшую проникающую способность, - γ -лучей.

Альфа-лучи оказались потоком частиц с массой, равной четырем, и двойным положительным зарядом, то есть потоком ядер атомов гелия. Эти частицы вылетают из ядра со скоростью 15 000-20 000 км/с, α - частицы обладают очень малой проникающей способностью. В зависимости от энергии частиц в воздухе они могут пройти путь 2-9 см, в биологической ткани - 0,02-0,06 мм; они полностью поглощаются листом чистой бумаги.

Бета-лучи — это поток β - частиц (электронов), вылетающих из ядер со скоростью света. Максимальная энергия β - частиц радиоактивных изотопов может различаться в широких пределах — от нескольких тысяч до нескольких миллионов электрон-вольт. Проникающая способность этих частиц значительно больше, чем у α - частиц. Бета-частицы могут пройти в воздухе до 15 м, в воде и биологической ткани — до 12 мм, и алюминии до 5 мм.

γ - лучи представляют собой электромагнитное излучение с длиной волны 10^{-8} - 10^{-11} см. Проникающая способность γ - лучей очень велика - значительно больше, чем у α - и β - частиц. Чтобы ослабить γ - излучение радиоактивного кобальта вдвое, нужно установить защиту из слоя свинца толщиной 1,6 см или слоя бетона толщиной 10 см. Чем короче длина волны, тем большую проникающую способность имеют γ - лучи.

Таким образом, под проникающей радиацией понимают поток γ - лучей и нейтронов. Коэффициенты половинного ослабления приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Коэффициенты половинного ослабления материалов, см

Материал	Проникающая радиация	
	γ - лучи	нейтроны
Свинец	1,8	8,7
Сталь	2,8	4,2
Бетон	10	12
Грунт, кирпич, песок	14	12
Дерево	30	10
Вода	23	3

Сейчас каждый школьник знает, что проникающая радиация разрушает организм человека, может вызвать у него лучевую болезнь различной степени. Повреждений,

вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям; количество переданной организму энергии называется *дозой*. За единицу дозы принят рентген (Р) (1 Р - это такая доза γ - излучения, при которой в 1 см³ сухого воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст. образуется 2,08 млрд. пар ионов ($2,08 \cdot 10^9$)).

На организм воздействует не вся энергия излучения, а только поглощенная энергия. *Поглощенная доза* более точно характеризует воздействие ионизирующих лучей на биологические ткани и измеряется во внесистемных единицах, называемых *рад*. Достоинства рада как дозиметрической единицы в том, что его можно использовать для любого вида излучений в любой среде. Рад — это такая доза, когда энергия, поглощенная 1 кг вещества, равна 0,01 Дж, или 105 эрг. Биологическим эквивалентом рада является *бэр*.

Надо учитывать тот факт, что при одинаковой поглощенной дозе α - излучение гораздо опаснее β - и γ -излучений. Если принять во внимание этот факт, то дозу следует умножить на коэффициент, отражающий способность излучения данного вида повреждать ткани организма; α -излучение считается при этом в 20 раз опаснее других видов излучений. Пересчитанную таким образом дозу называют *эквивалентной дозой*; в СИ ее измеряют в единицах, называемых зивертами (Зв). Следует учитывать также, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны, чем другие: например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения органов и тканей также следует учитывать с разными коэффициентами. Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям получим *эффективную эквивалентную дозу*, отражающую суммарный эффект облучения для организма, — она измеряется в зивертах.

Величины и единицы, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений, приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2. Величины и единицы, используемые в дозиметрии ионизирующих излучений

Физическая величина и ее символ	В СИ	Внесистемная	Соотношения между ними
Активность (С)	Беккерель (Бк)	Кюри (Ки)	$1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$ $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Поглощенная доза (Д)	Грей (Гр)	Рад (рад)	$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг}$ $1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр} = 100 \text{ эрг/г}$
Эквивалентная доза (Н)	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр)	$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр} = 1 \text{ Гр} \cdot Q = 1 \text{ Дж/кг} \cdot Q$ $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв} = 10^{-2} \text{ Гр} \cdot Q = 1 \text{ рад} \cdot Q$

Активность радионуклида означает число распадов в секунду. Один беккерель равен одному распаду в секунду.

3.2. Естественные источники радиоактивности на Земле

Все виды флоры и фауны Земли, в том числе и млекопитающие, возникли и эволюционно развивались на протяжении сотен миллионов лет при постоянном воздействии естественного радиационного фона.

Радияция — поток корпускулярной (α -, β -, γ -лучей, поток нейтронов) или электромагнитной энергии.

Радиоактивный фон необходим для существования жизни на нашей планете. Детальное изучение влияния радиационного фона в дозе 1-10 мЗв в год, или 100-1000 мбэр в год, не выявило каких-либо изменений в состоянии здоровья человека, уровня заболеваемости и уменьшения продолжительности жизни. Однако повышенный уровень радиоактивности связан с риском для здоровья людей. Природные источники излучения можно разделить на *космические* и *земные*.

Космическое излучение состоит из галактического и солнечного, колебания которого связаны с солнечными вспышками. Космическое излучение достигает Земли в виде ядерных частиц, обладающих огромной энергией, часть которой расходуется на столкновение с ядрами атмосферного азота, кислорода, аргона, в результате чего на высоте 20 км возникает вторичное высокое энергетическое излучение, состоящее из мезонов, нейтронов, протонов, электронов. Северный и Южный полюсы получают больше радиации, чем экваториальные области, из-за наличия у земли магнитного поля, отклоняющего заряженные частицы (из которых в основном и состоят космические лучи).

Люди, живущие на уровне моря, из-за космических лучей получают в среднем эффективную эквивалентную дозу около 300 мкЗв в год, люди, живущие выше 2000 м над уровнем моря, получают дозу облучения в несколько раз больше. Еще более интенсивному, хотя и относительно непродолжительному облучению подвергаются экипажи и пассажиры самолетов. При подъеме на высоту от 4000 м (максимальная высота человеческих поселений - деревни шерпов на склонах Эвереста) до 12 000 м (максимальная высота полета трансконтинентальных лайнеров) уровень облучения возрастает в 25 раз.

В состав *земных* источников излучений входят 32 радионуклида ураново-радиевого и ториевого семейств, а также ^{40}K , ^{87}Ru и многие другие с большим периодом полураспада. Уровни земной радиации неодинаковы для разных мест земного шара и зависят от концентрации радионуклидов в определенном участке земной коры. Так, 95% населения Франции, Германии, Италии, Японии, США живет в местах, где мощность дозы облучения в среднем составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Известны места, где уровни земной радиации намного выше.

Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи. В этом случае речь идет о внешнем облучении. Оно связано с γ -излучением нуклидов, содержащихся в верхнем слое почвы, в воде, в нижних слоях атмосферы. Внутреннее облучение вызвано попаданием внутрь организма радионуклидов с воздухом, водой, пищей. В районах с нормальным фоном радиации доза внутреннего облучения почти вдвое больше дозы внешнего облучения

и составляют, соответственно, 1,35 мЗв (135 мбэр) и 0,65 мЗв (65 мбэр), из них 0,3 мЗв (30 мбэр) приходится на космическое облучение.

Основная масса радиоактивных элементов Земли содержится в горных породах, составляющих земную кору. Отсюда радиоактивные элементы переходят в грунт, затем в растения и, наконец, вместе с растениями попадают в организм животных и человека. Большая роль в этом круговороте принадлежит *подземным водам*. Они вымывают радиоактивные элементы горных пород, переносят их с одних мест на другие - так осуществляется обмен между живой и неживой природой. Другой процесс, приводящий к распространению радиоактивных веществ в биосфере, - *выветривание горных пород*. Мельчайшие частицы, образовавшиеся в результате разрушения горных пород, под действием воды, льда, непрерывных колебаний температуры и других факторов переносятся ветром на значительные расстояния.

Говоря о роли земной коры в создании естественного радиационного фона, целесообразно подробнее остановиться на роли газа радона. Лишь недавно ученые поняли, что наиболее весомым из всех естественных источников радиации является невидимый, не имеющий вкуса и запаха тяжелый газ (в 7,5 раз тяжелее воздуха) *радон*. В природе радон встречается как член радиоактивного ряда, образуемого продуктами распада урана-238 и тория-232 (соответственно, радон-222 и радон-220). Радон высвобождается из земной коры повсеместно. Радон вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за 3/4 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно за половину этой дозы от всех источников радиации. Большую часть этой дозы человек получает от радионуклидов, попадающих в его организм вместе с вдыхаемым воздухом, особенно в непроветриваемых помещениях. Радон концентрируется в воздухе внутри помещений лишь тогда, когда они в достаточной мере изолированы от внешней среды. Поступая внутрь помещения тем или иным способом (просачиваясь через фундамент и пол из грунта или, реже, высвобождаясь из материалов, использованных в конструкции дома), радон скапливается в нем. Герметизация помещений с целью утепления только усугубляет дело, поскольку это затрудняет выход газа из помещения.

Самые распространенные строительные материалы - дерево, кирпич и бетон - выделяют относительно немного радона. Гораздо большей удельной радиоактивностью обладают гранит, пемза, используемые в качестве строительных материалов.

Еще один, как правило, менее важный источник поступления радона в жилье представляют собой вода и природный газ. Однако основная опасность, как это ни удивительно, исходит вовсе не от питья воды, даже при высоком содержании в ней радона. Люди потребляют большую часть воды в составе пищи и в виде горячих напитков (чай, кофе). При кипячении же воды или приготовлении горячих блюд значительная часть радона улетучивается. Гораздо большую опасность представляет попадание паров воды с высоким содержанием радона в легкие вместе с вдыхаемым воздухом, что чаще всего происходит в ванной. При обследовании домов в Финляндии оказалось, что в среднем концентрация радона в ванной комнате в 3 раза выше, чем на кухне, и приблизительно в 40 раз выше, чем в жилых комнатах. Исследования, проведенные в Канаде, показали, что все 7 минут, в течение которых был включен теплый душ, концентрация радона и его дочерних продуктов в ванной комнате быстро возрастала, и прошло более полутора часов с момента отключения душа, прежде чем содержание радона вновь упало до исходного уровня. В процесс жизнедеятельности растения усваивают, а некоторые и накапливают в себе радиоактивные вещества,

содержащиеся в почве, воде и в воздухе. Из всех радиоактивных веществ лучше всего усваивается растениями *калий*. Радиоактивность растений увеличивается от применения калийных удобрений, которые приводят одновременно к повышению урожайности и улучшению качества различных сельскохозяйственных культур (повышение сахаристости сахарной свеклы, крахмалистости зерен озимой пшеницы и т. д.).

В радиоактивности растений и животных — причина радиоактивности пищевых продуктов. Вместе с пищей радиоактивные вещества попадают в организм человека (табл. 9.3).

Таблица 9.3. Количество калия, употребляемого человеком с пищей

продукт	Ежемесячное потребление, кг	Содержание калия в 1 кг продукта	Ежемесячное потребление калия, г
Молочные продукты	2,6	13,4	35
Мясо	5,2	2,7	14
Мука и зерно	5,8	1,1	6
Овощи	7,3	2,2	17
Картофель	4,0	4,4	18
Цитрусовые	1,4	2,2	3
Всего калия	---	---	93

Вместе с пищей, водой, воздухом определенное количество радиоактивных элементов попадает в организм человека. Если бы все они оставались в организме, то радиоактивность человека была бы очень велика. Однако это не так - значительная их часть выделяется из организма вместе с мочой, калом, потом и др., то есть *общая радиоактивность человека зависит от интенсивности обменных процессов*.

3.3. АЭС и урановые рудники как источники радиоактивного загрязнения

Источником облучения, вокруг которого ведутся наиболее интенсивные споры, являются АЭС, хотя в настоящее время они вносят весьма незначительный вклад в суммарное облучение населения. При нормальной работе ядерных установок выбросы радиоактивных материалов в окружающую среду очень невелики. Доза облучения от ядерного реактора зависит от времени и расстояния. Чем дальше человек живет от атомной электростанции, тем меньшую дозу он получает. Каждый реактор выбрасывает в окружающую среду целый ряд радионуклидов с разными периодами полураспада. Большинство радионуклидов распадается быстро и поэтому имеет лишь местное значение. Однако некоторые из них живут довольно долго и могут распространяться по всему земному шару, а определенная часть изотопов остается в окружающей среде практически вечно. При этом различные радионуклиды ведут себя по-разному: одни распространяются в окружающей среде быстро, другие - чрезвычайно медленно.

Ядерные реакторы работают на ядерном топливе. Примерно половина всей урановой руды добывается открытым способом, а другая половина - шахтным. Добытую руду везут на обогатительную фабрику, обычно расположенную

неподалеку. И рудники, и обогатительные фабрики служат источником загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами. Если рассматривать лишь непродолжительные периоды времени, то можно считать, что почти все загрязнение связано с местами добычи урановой руды. Обогатительные же фабрики создают проблему долговременного загрязнения: в процессе переработки руды образуется огромное количество отходов — «хвостов». Например, вблизи действующих обогатительных фабрик в Северной Америке скопилось уже 120 млн. т отходов, и если положение не изменится, к концу века их количество возрастет до 500 млн. т. Эти отходы будут оставаться радиоактивными в течение миллионов лет. Таким образом, отходы являются главным долгоживущим источником облучения населения, связанным с атомной энергетикой. Однако их вклад в облучение можно уменьшить, если отвалы заасфальтировать или покрыть их поливинилхлоридом. Конечно, покрытие необходимо будет регулярно менять.

Урановый концентрат, поступающий с обогатительной фабрики, подвергается дальнейшей переработки и очистке и на специальных заводах превращается в *ядерное топливо*. В результате такой переработки образуются газообразные и жидкие радиоактивные отходы, однако дозы облучения от них намного меньше, чем на других стадиях получения ядерного топлива.

3.4. Аварии на радиационно опасных объектах

Катастрофа на Чернобыльской АЭС стала самой страшной за весь период существования атомной энергетики трагедией для населения не только бывшего СССР, но и других стран Европы. Аварии на АЭС случались и раньше как в бывшем СССР, так и за рубежом.

Самая большая до Чернобыльской катастрофы авария произошла на американской АЭС «Тримайл-Айленд».

28 марта 1979 г. на АЭС «Тримайл-Айленд» из-за потери охлаждения реактора расплавилась активная зона, произошел выброс радиоактивных газов в атмосферу и жидких радиоактивных отходов в реку Сукуахана. Блок 2, на котором произошла авария, не был оснащен дополнительной системой обеспечения безопасности. За 31 марта и 1 апреля из 200 тыс. человек, проживающих в радиусе 35 км от станции, около 80 тыс. покинули свои дома. В ночь с 28 на 29 марта в верхней части корпуса начал образовываться газообразный пузырь. Активная зона разогрелась до такой степени, что из-за химических свойств циркониевой оболочки стержней произошло расщепление молекул воды на водород и кислород. Пузырь объемом около 30 м³, состоявший главным образом из водорода и радиоактивных газов - криптона, аргона, ксенона и др., - сильно препятствовал циркуляции охлаждающей воды, поскольку давление в реакторе значительно возросло. Но главная опасность заключалась в том, что смесь водорода и кислорода могла в любой момент взорваться (что и произошло в Чернобыле). Сила взрыва была бы эквивалентна взрыву 3 т тринитротолуола, что привело бы к неминуемому разрушению корпуса реактора. В другом случае смесь водорода и кислорода могла проникнуть из реактора наружу и скопиться бы под куполом защитной оболочки. Если бы она взорвалась там, все радиоактивные продукты деления попали бы в атмосферу (что произошло в Чернобыле). Уровень радиации в защитной оболочке достиг к тому времени 30 000 бэр/ч, что в 600 раз превышало смертельную дозу. Кроме того, если бы пузырь продолжал увеличиваться, он постепенно вытеснил бы из корпуса реактора всю охлаждающую воду, и тогда температура поднялась бы настолько, что расплавился бы уран (что произошло в Чернобыле). В ночь на 30 марта

объем пузыря уменьшился на 20%, а 2 апреля его объем составлял всего лишь 1,4 м³. Чтобы окончательно ликвидировать пузырь и устранить опасность взрыва, техники применили метод так называемой дегазации воды.

Первая крупная ядерная авария в СССР произошла 29 сентября 1957 г. на Южно-Уральском заводе по производству атомного оружия. Это был секретный объект под названием «Челябинск-40». Об этой аварии, которую принято называть уральской ядерной катастрофой, миру поведал эмигрировавший на Запад советский ученый Жорес Медведев, переславший свою рукопись в английский журнал «Нью сайнтист» (4 ноября 1976 г.). Советская сторона долго замалчивала сам факт аварии, но в июне 1989 г., спустя 32 года после аварии, все же опубликовала сообщение об этом событии.

29 сентября 1957 г. в 16 ч 20 мин по московскому времени взорвалась одна из «банок вечного хранения», содержащая отходы ядерного производства. В этой «банке»-контейнере находился раствор отработанного высокоактивного вещества, общая активность которого составляла 20 млн. Ки (1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк. Один беккерель соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида.). Выброс же составил 2 млн. Ки, остальные 18 млн. Ки осели на землю около контейнера. Объем «банки хранения» — 300 м³. Она представляет собой бетонную емкость, внутренняя поверхность которой изготовлена из нержавеющей стали. Бетонная крышка контейнера толщиной 1 м находилась под землей. В результате взрыва ее подбросило на несколько десятков метров, в земле образовался кратер диаметром 30 м и глубиной 5 м. Радиоактивное облако поднялось на высоту 1000 м. Исходя из показателей, ученые предположили, что мощность взрыва соответствовала 70 т тринитротолуола.

При взрыве никто не погиб. Непосредственно сразу после аварии, в течение 7—10 дней, из близлежащих населенных пунктов было выселено 600 человек, а в последующие 1,5 года — около 10 тыс. человек. Максимальные средние дозы облучения, полученные до эвакуации, достигали 17 бэр по внешнему облучению и 52 бэра по эффективной эквивалентной дозе.

Взрыв разбросал радиоактивные элементы на территории, протянувшейся на 105 км в длину при ширине «следа» 8-9 км. К счастью, он пришелся на места малонаселенные. Разовые дозы облучения жителей деревень, что попали в зону выброса, были не опасными для здоровья. Но «грязными» стали почва и водоемы, растущие здесь лес и травы. Почти все выпавшие радионуклиды относились к короткоживущим. Среди радионуклидов, обладавших сравнительно продолжительным периодом полураспада, можно назвать цезий (60%), цирконий (25%), рутений (4%), стронций-90 (2,7%). Почти у всех выявленных радионуклидов, кроме стронция (период полураспада 28,8 года), период полураспада составлял от 1 месяца до 1 года, поэтому можно с уверенностью предположить, что в настоящее время в районе катастрофы можно обнаружить лишь стронций-90.

В 1981-1985 гг. на советских атомных станциях произошли 1042 аварийные остановки энергоблоков, в том числе 381 на АЭС с реакторами РБМК. На Чернобыльской АЭС таких случаев было 104, из них 35 — по вине персонала (из протокола заседания Политбюро ЦК КПСС, проходившего 3 июля 1986 г.). Предупреждающий тревожный сигнал звучал — и не единожды!

3.5. Чернобыльская катастрофа и ее последствия.

Чернобыльская АЭС расположена в 18 км от г. Чернобыль и в 150 км от Киева. В 4 км от АЭС расположен город атомщиков Припять, названный так по имени

реки, которая несет свои воды в Днепр. По генеральному плану предполагалось, что в Припяти будут жить до 80 тыс. жителей.

Общая численность населения в 30-километровой зоне вокруг АЭС была свыше 100 тыс. чел. (средняя плотность населения - 70 чел./км²). Около 50 тыс. проживало в Припяти, более 12 тыс. - в г. Чернобыле. Обслуживающий персонал АЭС насчитывал около 6,5 тыс. чел.

К 1986 г. в эксплуатации находилось 4 энергоблока первой и второй очереди. В 1,5 км к юго-востоку от главного корпуса велось строительство двух энергоблоков третьей очереди.

Авария на Чернобыльской АЭС - одна из крупнейших экологических катастроф. Облако, содержащее 30 млн. Ки, накрыло территорию, границы которой: на севере - Швеция, на западе - Германия, Польша, Австрия, на юге - Греция, Югославия. Причиной аварии явился ряд допущенных работниками электростанции грубых нарушений правил эксплуатации реакторных установок. Произошло внезапное нарастание мощности реактора, что привело к резкому повышению температуры и давления в его активной зоне и контуре теплоносителя и к последующему взрыву реактора с разрушением реакторного здания. Аварийная защита реактора в этих условиях должна была автоматически сработать от любого из ряда аварийных сигналов и предотвратить нарастание реакции деления ядерного горючего. Авария произошла 26 апреля 1986 г. в 1 ч 23 мин. В это время на станции работало около 400 человек. С момента катастрофы возникли три важнейшие и требовавшие немедленного решения задачи: борьба с пожаром на АЭС, предотвращение развития аварии в активной зоне реактора и определение ее масштабов для принятия практических мер по ликвидации последствий.

Через 5 минут после возникновения аварии в район 4-го блока прибыло дежурное подразделение АЭС, затем пожарные расчеты из городов Припять и Чернобыль. Благодаря самоотверженным действиям пожарных уже к 2 ч. 10 мин на крыше машинного зала и к 2 ч. 30 мин - на крыше реакторного отделения основные очаги пожаров были подавлены, а к 5 часам пожар на 4-м энергоблоке был ликвидирован полностью.

Над реактором стоял радиационный ало-сизый столб. Реактор пылал - продолжалась плазменная реакция. Необходимо было измерить уровень радиации - предполагалось, что он от 3,5 до 5 тыс. рентген. Кроме радиации, над реактором была температура 120-180°C. Уровень радиации замерялся с вертолетов. Вертолет зависал над центром взорванного энергоблока на высоте 200 м, открывался люк, и на стальном тросе в пылающий зев опускался зонд.

Понимая, что такое мощное радиоактивное излучение может «накрыть» пол-Европы, правительственная комиссия приняла решение — забросать источник излучения песком, бором, свинцом, чтобы затушить радиационное пламя. В кабину вертолета грузили по 8-10 мешков с песком, бором и свинцом. Зависнув над реактором и привязав себя страховочными ремнями, борттехник вручную сбрасывал эти мешки. Но это была капля в море. Позже придумали подвешивать их на балочных держателях, как авиабомбы. Продуктивность увеличилась. В общей сложности разными способами вертолетчики сбросили в реактор около 5 тыс. т разных грузов. Однако реактор продолжал работать. Температура уже поднялась до критической отметки 400°C. Стали срочно сбрасывать свинец — он погасил температуру. За один день было сброшено около 1500 т свинца. В начале мая возникла опасность, что раскаленные радиоактивные массы, прожигая себе путь,

опустятся вниз и в конце концов достигнут грунтовых вод, загрязнив их. Для прекращения этих процессов было решено прорыть тоннель под реактор, соорудив теплообменник на бетонной плите с принудительным охлаждением. Шахтеры прокладывали тоннель, а воины-химики обеспечивали контроль радиационной обстановки в месте работ и безопасную смену бригад. Основная тяжесть ликвидации последствий аварии на АЭС легла на военнослужащих ВС РФ. За весь период работ была дезактивирована территория площадью 140 млн.м². (Дезактивация - это удаление радиоактивных веществ с вооружения, техники, обмундирования, продовольствия, местности и воды.) С учетом неоднократной обработки дезактивировано более 500 населенных пунктов, около 10 тыс. км дорог, локализовано радиоактивное заражение местности на площади 25 тыс. га. Вывезено и захоронено свыше 374 тыс. м³ грунта. Обработано около 650 тыс. единиц техники и свыше 3 млн. человек личного состава.

Только за два с половиной года с участием личного состава частей и соединений химических и инженерных войск проведена дезактивация территории АЭС площадью около 5 млн. м² и внутренних помещений площадью более 20 млн. м², вывезено и захоронено около 500 тыс. м³ загрязненного оборудования, строительных конструкций и грунтов. Вырублено и локализовано 115 га «рыжего» леса. Сложность поставленных перед ликвидаторами задач состояла в том, что опыта ликвидации последствий таких аварий не было, приборы, рассчитанные на дозы облучения военного времени, не позволяли с необходимой точностью проводить измерения, техника подразделений специальной обработки не предназначена для проведения дезактивации местности и помещений в таких масштабах и условиях. Общая площадь загрязненных в результате аварии на ЧАЭС территорий (уровень радиации более 1 Ки/км²) - 57 000 км². Данные о площади территорий, пострадавших от Чернобыльской катастрофы, с повышенным уровнем загрязнения Cs¹³⁷ приведены в табл. 9.4 и 9.5 (по состоянию на 1996 г.).

Таблица 9.4. Площадь территорий, пострадавших от Чернобыльской катастрофы

Уровень радиационного заражения Cs ¹³⁷ , Ки/км ²	Площадь загрязнения, км ²
1-5	49 509
5-15	5326
15-40	1900
>40	310

Уровни загрязнения от 15 до 40 Ки/км² и более имеются только в Брянской области; от 5 до 15 Ки/км² — в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях; от 1 до 5 Ки/км² — в 19 субъектах Российской Федерации: в 16 областях (Брянской, Белгородской, Воронежской, Калужской, Курской, Ленинградской, Липецкой, Нижегородской, Орловской, Пензенской, Рязанской, Саратовской, Смоленской, Тульской, Тамбовской, Ульяновской) и 3 республиках (Мордовии, Татарстане и Чувашии).

По данным Союза «Чернобыль», только к ликвидации последствий аварии привлекалось 835 тыс. человек. Каждый 10-й из них — инвалид, каждый 25-й ушел из жизни.

Таблица 9.5. Клинические последствия острого облучения человека

Доза облучения, бэр	Тип облучения		Повреждения
	тотальное	локальное	
Не более 25	Все тело	-	Клинические симптомы не обнаруживаются
50	-	+	Временное снижение количества лимфоцитов
100	+	-	Тошнота, рвота, вялость во всем теле и значительное снижение числа лимфоцитов
150	-	+	Смертность 5 %, «похмелье» от облучения- 50% (состояние, похожее на похмелье после алкогольного опьянения)
200	+	-	Снижение количества лейкоцитов на долгое время
350	-	+	Смертность 50% за 30 суток
600	+	-	Смертность 90% за 14 суток
Не менее 700	-	+	Смертность 100%

От последствий аварии больше всего пострадали ликвидаторы 1986-1987 гг., дети и подростки до 14 лет, те, кто родился незадолго до этой катастрофы или после нее. На детей и подростков особенно пагубно воздействовали короткоживущие радионуклиды йода. Йод, попадая в организм, быстро накапливается в щитовидной железе. Повышенная его концентрация в конце концов приводит к злокачественным образованиям — раку щитовидной железы. Но это выяснилось не сразу: латентный период продолжался около 5 лет. Начиная с 1991 г. наблюдается стремительный рост этого заболевания у детей. В Брянской, Орловской, Тульской и Калужской областях, где проживает более 1 млн. детей до 14 лет, зарегистрировано 124 случая рака щитовидной железы, вызванных радиацией.

Чернобыльская АЭС перестала быть источником электроэнергии, но остается источником большой опасности и будет им еще по меньшей мере 100 лет. До сих пор

никто не может сказать точно, что происходит внутри «саркофага», которым накрыт 4-й реактор станции. Пока еще не выгружено топливо из 1-го блока ЧАЭС (2001 г.), 2-й - уже освобожден от него. Вывести из эксплуатации остановленный 3-й энергоблок планируется к 2008 г. - все ядерное топливо извлекут из реактора, а радиоактивные отходы надежно захоронят. До этого времени и сама станция, и 3-й энергоблок будут считаться ядерно опасными объектами. Последствия Чернобыльской аварии оказались страшными не только для России. Только на Украине за последние 10 лет умерли 4 тыс. ликвидаторов аварии на ЧАЭС. Еще 70 тыс. стали инвалидами. Примерно 7% жителей страны, а это около трех миллионов человек, в той или иной степени испытали на себе влияние Чернобыля, получив различные болезни.

По самым скромным оценкам, экономический ущерб, нанесенный Белоруссии в результате аварии на ЧАЭС, составил 235 млрд. долларов, 23% территории государства оказались загрязненными выброшенными из поврежденного реактора радионуклидами. Каждый 5-й житель Белоруссии пострадал от аварии, и, что самое страшное, здоровью более полумиллиона детей был нанесен непоправимый вред.

В чем принципиальное отличие аварии на АЭС от ядерного взрыва? По радионуклидному составу выброшенная из реактора активность была гораздо сложнее, чем состав продуктов мгновенного взрыва атомной бомбы. Выброс радионуклидов из жерла раскаленного реактора продолжался с различной интенсивностью более 10 суток, меняя направление и высоту подъема. В течение всего времени выброса направление ветра в слое от 0 до 1000 м изменилось на 360°. Смена метеоусловий, выпадение осадков привели к пятнистости радиоактивного загрязнения местности. Расположение источников излучения после взрыва на 4-м блоке ЧАЭС либо вообще не поддается описанию, либо может быть описано весьма приблизительно. При ядерном же взрыве, который происходит в считанные доли секунды, границы следа радиоактивного облака изображают в виде эллипса, вытянутого по направлению движения ветра.

Площадь радиоактивного заражения после аварии, по сравнению с площадью после ядерного взрыва, ничтожно мала. Так, площадь с уровнем дозы 1 р/ч составляла менее 10 км² (при ядерном взрыве — сотни квадратных километров). Спад радиации после аварии на АЭС идет значительно медленнее, чем после взрыва. На ЧАЭС степень радиоактивного заражения через год (к 1 мая 1987 г.) уменьшилась в 55 раз.

Может ли АЭС выйти из-под контроля и взорваться, как атомная бомба? Нет. Атомные бомбы и реакторы на тепловых нейтронах в корне различны. В атомной бомбе применяется почти абсолютно чистый уран-235 или плутоний-239. Для того чтобы произошел взрыв, отдельные «куски» этих делящихся материалов должны быть быстро соединены для образования критической массы взрыва.

В реакторе же атомной станции используется топливо, содержащее лишь малую часть урана-235. Более того, эта малая доза распределена в большом объеме неделящегося топлива, которое, в свою очередь, распределено по конструкционным элементам реактора. Таким образом, *случайное сжатие больших количеств топлива, необходимых для взрыва, принципиально невозможно*. Чернобыльская авария произошла в результате развития неуправляемой самоподдерживающейся цепной ядерной реакции, однако скорость выделения энергии и ее масштаб принципиально не соответствовали параметрам ядерного взрыва.

После аварии на ЧАЭС был принят и внедрен в практику целый комплекс мер по повышению безопасности энергетических реакторов РБМК, в частности, модернизированы системы управления и защиты (СУЗ). Раньше для погружения в активную зону стержней, гасящих нейтронный поток, требовалось 18с, сейчас — 12 с. Введена дополнительная быстродействующая система аварийной защиты, время срабатывания которой составляет 2 с. Естественно, эти операции возложены на автоматику, причем системы ее многократно дублированы. Ужесточен контроль за состоянием трубопроводов наиболее важных систем АЭС. Намного чаще, чем раньше, контролируется состояние металла, из которого они изготовлены. Проведение разного рода нерегламентных испытаний энергоблоков (а именно это послужило причиной аварии на ЧАЭС) строгойше запрещено. Штатные испытания, связанные с изменением мощности реактора или его остановкой, проводятся только в присутствии главного инженера станции и инспектора Госпроматомнадзора России.

Уже после катастрофы в Чернобыле Международным агентством по атомной энергетике (МАГАТЭ) была разработана и с 1 сентября 1990 г. внедрена в бывшем СССР Международная шкала событий на АЭС (табл. 9.6).

Таблица 9.6. Международная шкала событий на АЭС

Уровень аварии	Наименование	Критерии	Пример
7	Глобальная авария	Выброс в окружающую среду большого числа радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого будут повышены дозовые пределы для запроектных аварий. Возможность острых лучевых заражений. Последующее влияние на здоровье населения, проживающего на большой территории, включающее более чем одну страну. Длительное воздействие на окружающую среду.	Чернобыль, СССР, 1986г.
6	Тяжелая авария	Выброс в окружающую среду большого количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого дозовые пределы для проектных аварий будут повышены, а для запроектных – нет. Для ослабления серьезного влияния на здоровье населения необходимо введение планов мероприятий по защите персонала и населения в случае аварии в радиусе 25 км, включающих эвакуацию населения.	Виндескейл Шеллафилд, Великобритания, 1957г.
5	Авария с риском для окружающей среды	Выброс в окружающую среду такого количества продуктов, которое приводит к незначительному превышению дозовых пределов для	Тримайл-Айленд, США, 1979г.

		проектных аварий. Разрушение большей части активной зоны, вызванное механическим воздействием или плавлением. В некоторых случаях требуется частичное введение планов мероприятий по защите персонала и населения на случай аварии.	
4	Авария в пределах АЭС	Выброс радиоактивных продуктов в окружающую среду в количествах, не превышающих дозовые пределы для населения при проектных авариях. Облучение работающих порядка 1 Зв, вызывающее лучевые эффекты.	Сан-Лоурент, Франция, 1980г.
3	Серьезное происшествие	Выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов в количестве, не превышающем 5-кратный допустимый суточный сброс. Происходит значительное переоблучение работающих (порядка 50 мЗв). За пределами площадки не требуется принятия защитных мер.	Ван-дел-Лос, Испания, 1989г.
2	Происшествия средней тяжести	Отказы оборудования или отклонения от нормальной эксплуатации, которые хотя и не вызывают непосредственного влияния на безопасность станции, но способны привести к значительной переоценке мер безопасности.	-----
1	Незначительное происшествие	Функциональные отклонения, которые не представляют какого-либо риска, но указывают на недостатки в обеспечении безопасности (отказ оборудования, ошибки персонала, недостатки руководства).	-----
0	Не имеет значения для безопасности	-----	-----

3.6. Действия населения при аварии на атомных электростанциях

Причины и последствия Чернобыльской трагедии хорошо изучены специалистами. Поэтому на сегодняшний день наиболее точно возможно спрогнозировать последствия аварии с реакторами таких же типа и мощности, как на Чернобыльской АЭС. На территории России такие реакторы стоят на Ленинградской АЭС (4 РБМК по 1000 МВт каждый), Смоленской (3 РБМК по 1000 МВт), Курской (4 РБМК по 1000 МВт).

В результате возможной аварии с разрушением ядерного реактора радиоактивные вещества в виде паровоздушной смеси выбрасываются на высоту до 2-3 км в течение нескольких суток. Облако выброса будет распространяться от АЭС по направлению ветра.

В момент прохождения облака выброса и после него в результате радиоактивного загрязнения воздуха и местности люди будут подвергаться внешнему и внутреннему облучению в случаях попадания радиоактивных частиц с вдыхаемым воздухом, а также при употреблении загрязненной пищи и воды. За время прохождения облака люди, находящиеся на открытой местности, могут получить дозы внешнего облучения в пределах нескольких рентген. Доза внутреннего облучения щитовидной железы за счёт присутствия *радиоактивного йода* в облаке выброса при допустимой дозе 30 бэр может достигать: Q для детей - от 50 до 300 бэр; а для взрослых - от 15 до 100 бэр.

Поэтому очень важно своевременное проведение йодной профилактики. Защитный эффект и порядок ее проведения представлены в табл. 9.7 и 9.8.

Таблица 9.7. Защитный эффект в результате проведения йодной профилактики

Прием препарата стабильного йода	Уменьшение дозы облучения щитовидной железы
За 6 часов до разового поступления йода-131	В 100 раз
Во время разового поступления йода - 131	В 90 раз
Через 2 ч. после разового поступления йода-131	В 10 раз
Через 6 ч. после разового поступления йода-131	В 2 раза

Таблица 9.8 Порядок проведения йодной профилактики

Дети старше 3 лет. Взрослые (прием не более 10 суток)	Йодистый калий, 1 таблетка 1 раз в сутки	5%-ная настойка йода, 3-5 капель на 200 мл воды 3 раза в сутки
Дети до 3 лет. Беременные женщины (прием не более 2 суток)	Йодистый калий, ½ таблетки 1 раз в сутки	5%-ная настойка йода, 1-2 капли на 100 мл воды 3 раза в сутки

Установлены **временные допустимые нормы радиационного заражения:**

- кожные покровы человека, нательное белье, полотенце, постельное белье, обувь, средства индивидуальной защиты — 0,07 мр/ч;
- поверхности помещений, внутренняя поверхность транспортных средств — 0,15 мр/ч;
- транспорт и покрытие дорог — 0,2 мр/ч.

С 1976 г. в СССР действовали Нормы радиационной безопасности (НРБ-76). После Чернобыльской катастрофы они были уточнены, дополнены и получили наименование НРБ-76/87, но со временем утратили свое значение. Требовалось коренным образом пересмотреть радиационную безопасность населения, ужесточив

правила защиты людей от различного рода ионизирующих излучений (ИИ). 9 января 1996 г. Президент РФ подписал федеральный закон № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». В нем приведены основные определения некоторых терминов и установлено государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности.

Законом устанавливаются следующие основные **гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения** в результате использования источников ИИ:

- для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 Зв, за период жизни (70 лет)-0,07 Зв;
- для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 Зв, за период трудовой деятельности (50 лет) - 1 Зв. Допустима годовая эффективная доза облучения до 0,05 Зв, но при условии, что она, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,02 Зв.

Эти нормативы введены в действие с 1 января 2000 г. На основе этого закона были разработаны и постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 19 апреля 1996 г, М» 7 введены в действие новые *Нормы радиационной безопасности* - НРБ-96, затем они были уточнены и вступили в действие под названием НРБ-99.

В новых *Нормах радиационной безопасности* изменена **классификация облучаемых лиц**, они разделены на две категории (табл. 9.9):

- персонал - лица, работающие с ИИ (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- население, не занятое в сферах производства и обслуживания.

Таблица 9.9. Дозовые пределы за год, мЗв

Нормируемая величина	Персонал		Остальное население
	Группа А	Группа Б	
Эффективная доза	50	12,5	5

При аварии на АЭС система водоснабжения в результате радиоактивного заражения воды выйдет из строя на 70%. (Однако, по опыту аварии на ЧАЭС, в источниках питьевой воды населенных пунктов Киевской области — колодцах и артезианских скважинах — в течение мая — июня 1986г. радиоактивное загрязнение практически не отмечалось. Лишь в некоторых открытых колодцах определялись йод-131 и другие радионуклиды.) Авария на АЭС практически не окажет влияния на состояние транспортных магистралей, систем электро-, газо- и теплоснабжения, канализации, систем управления, оповещения и связи.

В случае аварии на АЭС с одним из энергоблоков, подобно Чернобыльской, **спад уровней радиации** будет составлять:

- за 1 -е сутки — в 2 раза;
- за 30 суток — в 5 раз;
- за 6 месяцев — в 40 раз;
- за год — в 85 раз.

Радиоактивные вещества проникают в организм человека главным образом через желудочно-кишечный тракт и в меньшей степени — через органы дыхания, так как эти вещества относительно быстро оседают на поверхность земли, а зараженные

продукты и вода используются длительное время. Чтобы избежать заражения, необходимо принять меры, предотвращающие поступление в организм радиоактивных веществ с продовольствием и водой. Запасы продовольствия и воды следует хранить в пыле- и водонепроницаемых емкостях. Хотя внешняя поверхность таких емкостей может оказаться заражённой радиоактивными веществами, все же большую их часть можно удалить перед открыванием емкостей путем смывания. Если запасы продовольствия оказались зараженными и возникла необходимость потребления зараженных продуктов, их необходимо подвергнуть дезактивации. Например, достаточно обмыть многие свежие фрукты и овощи или снять с них кожуру. Плохо дезактивирующиеся продукты, имеющие пористую поверхность, подлежат уничтожению. Молоко находящихся в зараженной зоне коров из-за наличия в нем радиоактивного йода, возможно, окажется непригодным для употребления в пищу, так как молоко может оставаться радиоактивным в течение нескольких недель.

При заражении водоемов радиоактивные вещества могут поступать в организм человека по биологическим цепочкам «вода - водоросли», «планктон—рыба—человек» или, если водоем служит для питьевого водоснабжения, непосредственно по цепочке «вода-человек». На водопроводных станциях питьевая вода, забираемая из наземных источников, может быть очищена от радиоактивных веществ осаждением коллоидных частиц с последующей фильтрацией. Питьевая вода, получаемая из подземных скважин либо хранящаяся в герметических емкостях, обычно не заражена радиоактивными веществами.

Среди мероприятий по сокращению поступления радиоактивных веществ в организм человека важное место отводится использованию средств защиты органов дыхания. Для этой цели в первую очередь применяются респираторы различных типов (Р-2, «Лепесток» и др.). При отсутствии респираторов могут быть использованы все типы фильтрующих противогазов и простейшие средства защиты органов дыхания, такие как противопыльная тканевая маска ПТМ-1, ватно-марлевая повязка (ВМП) и др.

Кожа человека может подвергаться заражению в результате попадания на нее радиоактивных веществ, поэтому пребывание людей в период выпадения радиоактивных веществ в защитных сооружениях или в жилых и производственных зданиях может исключить либо существенно ограничить заражение кожных покровов. По окончании выпадения радиоактивных веществ надо, по возможности, избегать появления на улице в сухую ветреную погоду, хотя заражение кожных покровов людей в результате вторичного пылеобразования менее опасно, чем при первичном заражении местности.

Кожные покровы могут быть также защищены обычной одеждой, приспособленной для этого соответствующим образом. Чтобы обеспечить герметичность, например, по нагрудному разрезу куртки, применяют нагрудный клапан, изготовленный из любой плотной ткани. Для защиты шеи, открытых частей головы и создания герметичности в области воротника используют капюшон из плотной хлопчатобумажной или шерстяной ткани. Можно использовать также обычные платки, куски ткани и т. д. Следует по возможности герметизировать места соединения куртки с брюками, рукавов с перчатками, нижнего края брюк с обувью. Дезактивировать кожу нужно, смывая с нее радиоактивные вещества. В качестве дезактивирующих растворов можно применять воду, а также водные растворы моющих средств. Если радиоактивная пыль попала в рот, нос и уши, их промывают

водой или водным раствором марганцовки, при этом радиоактивные вещества удаляются почти полностью. Если радиоактивная пыль попала в рану, ее необходимо несколько раз промыть и по возможности вызвать кровотечение под струей воды, что будет способствовать наиболее полной дезактивации.

Контрольные вопросы

1. Что такое радиоактивность?
2. Назовите естественные источники радиоактивности.
3. Какие АЭС, расположенные на территории России, вы знаете?
4. Каким образом АЭС влияют на экологию и здоровье населения?
5. Какие наиболее крупные аварии на АЭС за рубежом вы знаете?
6. Расскажите о Чернобыльской катастрофе.
7. Перечислите правила поведения.

Глава 4. Чрезвычайные ситуации, связанные с выбросом химически опасных веществ.

В настоящее время невозможно представить ни один вид человеческой деятельности, прямо или косвенно не связанный с влиянием на организм химических веществ, количество которых составляет десятки тысяч и продолжает непрерывно расти; В их числе *ядохимикаты (пестициды, гербициды), препараты бытового назначения (краски, лаки, растворители, синтетические моющие средства), лекарственные вещества, химические добавки к пищевым продуктам, косметические средства.*

Бурное развитие химической промышленности, внедрение химических технологий во многие отрасли народного хозяйства и в сферу быта создают химическое загрязнение среды обитания и серьезную угрозу здоровью населения, приводят к значительным экономическим потерям (заболевания и гибель животных, экологически связанных с человеком, например рыб, ухудшение пищевых свойств сельскохозяйственных растений и т. п.). Промышленные источники вредных для человека веществ, которые могут быть как активными (различные функционирующие механизмы, приборы, агрегаты), так и пассивными (материалы, покрытия и другие объекты), способны выделять в воздух десятки токсичных агентов. Например, на производстве витаминов в воздухе рабочей зоны обнаружено более 30, а на производстве шин (при вулканизации) - более 100 вредных для организма химических соединений. Следует отметить, что выброс различных ядовитых веществ из заводских труб и городского транспорта в воздушные бассейны многих больших городов подчас достигает опасного уровня.

Так, только за одни сутки крупный нефтеперерабатывающий завод может выбросить в атмосферу *до 520 т углеводородов, 1,8 т сероводорода, 600 т оксида углерода, 310 т сернистого газа*, а выхлопные газы автомобилей, этих, по сути дела, химических фабрик на колесах, *на 1 т сжигаемого горючего содержат от 12 до 24 кг оксидов азота, от 0,3 до 5 кг аммиака и углеводородов, до 4-5% оксида углерода.* С увеличением удельного веса воздушного транспорта возрастает опасность авиационных выхлопных газов: один реактивный самолет оставляет после взлета и при посадке ядовитый шлейф, равный по объему выхлопным газам 7 тыс. автомашин. Также надо иметь, в виду, что в реки, озера, моря постоянно проникают ядовитые вещества из воздуха и почвы. К примеру, половина пестицидов, находящихся в океане, попала в него из воздуха. Они способны сохраняться в воде в течение многих лет и оказывать вредное влияние на людей.

Наибольшую опасность загрязнения окружающей среды представляют предприятия, производящие химические вещества, а также те предприятия, в технологическом процессе которых эти вещества используются. В настоящее время в мире производится более 1 млн. наименований химических веществ, 600 тыс. из которых имеют широкое применение. Ежедневное производство химических веществ увеличилось с 1 млн. в начале 30-х гг. до сотен миллионов тонн. В связи с ростом химического производства увеличивается и вероятность аварий, связанных с неконтролируемым выбросом ядовитых химических веществ в окружающую среду, чем часто наносится непоправимый ущерб.

4.1. Классификация аварийно химически опасных веществ.

В середине 60-х гг. на ст. Горький произошла утечка хлора, вызвавшая тяжелые последствия для населения и окружающей среды. Это привело к необходимости разработки перечня группы опасных для человека химических веществ. Эти вещества получили название *сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ)*. В 80-е гг. был разработан такой перечень из 107 наименований. Однако он оказался мало пригоден - чрезмерно перегружен ядовитыми веществами. В этот перечень были включены такие вещества, как метанол, дихлорэтан, фенол и др., находившиеся под контролем служб техники безопасности. Кроме того, отсутствовали токсические характеристики большинства химически опасных веществ. Следовательно, невозможно было делать прогнозы о масштабах зон заражения ими и планировать защитные мероприятия. Позднее был разработан перечень ядовитых веществ по классам опасности. По степени воздействия на организм человека химические вещества делятся на 4 класса:

1. Чрезвычайно опасные:

- соединения ртути, свинца, кадмия, цинка;
- цианистый водород, синильная кислота и ее соли, нитриты;
- соединения фосфора;
- галогеноводороды: водород хлористый, водород фтористый, водород бромистый;
- хлоргидриды: этиленхлоргидрин, этилхлоргидрит;
- некоторые другие соединения: фосген, оксид этилена.

2. Высоко опасные:

- минеральные и органические кислоты: серная, азотная, соляная;
- щелочи: аммиак, едкий натрий;
- серосодержащие соединения: сульфиды, сероуглерод;
- некоторые спирты и альдегиды кислот: формальдегид, метиловый спирт;
- органические и неорганические нитро- и аминосоединения: анилин, нитробензол;
- фенолы, крезолы и их производные.

3. Умеренно опасные.

4. Малоопасные.

К умеренно опасным (III класс) и малоопасным (IV класс) относятся все остальные химические соединения (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм человека

Показатель	Класс вещества			
	I	II	III	IV
Предельно допустимая концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1	1,1-10	Более 10
Смертельная доза при попадании внутрь через	Менее 15	5-150	151-5000	Более 5000

желудок, мг/кг				
Смертельная доза при попадании внутрь через кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Смертельная концентрация в воздухе (при 30-60 мин. экспозиции), мг/м ³	Менее 500	500-5000	5001-50 000	Более 50 000

Кроме того, перечень СДЯВ был сокращен до 34 наименований. Но и в нем отсутствовали токсические характеристики многих веществ.

Аварии последних лет показали, что ЧС могут возникать в результате не только распространения СДЯВ в атмосфере, но и при их попадании в водоемы. В этих случаях наибольшую опасность представляют ядовитые вещества, имеющие высокую температуру кипения и хорошую растворимость в воде. Возникла необходимость принять новое определение для опасных химических веществ, которые приводят к ЧС. В соответствии с ГОСТ Р 22.9.05-95 СДЯВ переименованы в АХОВ (аварийно химически опасные вещества).

АХОВ - это опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живые организмы концентрациях (токсодозах).

С учетом путей поступления вещества в организм выделяют следующие АХОВ:

- ингаляционного действия (АХОВ ИД) - поступают через органы дыхания;
- перорального действия (АХОВ ПД) - поступают через рот;
- кожно-резорбтивного действия (АХОВ КРД) - воздействуют через кожу.

К АХОВ относят только те вещества, которые могут представлять опасность лишь в аварийных ситуациях. Перечень АХОВ не разработан.

4.2. Аварии с выбросом АХОВ.

Анализ аварийных ситуаций на предприятиях нефтегазовой и химической и химической промышленности показывает, что аварии происходят либо из-за отказа техники, либо из-за ошибочных действий персонала. Аварийные ситуации при этом делятся на **две основные группы:**

- аварии на производственных площадках;
- аварии на транспортных коммуникациях (в основном на железных дорогах). Наибольшую потенциальную опасность возникновения аварийных ситуаций представляют склады и наливные станции, где сосредоточены сотни, а во многих случаях тысячи тонн основных АХОВ.

Аварийные ситуации при транспортировке АХОВ сопряжены с более высокой степенью опасности, так как масштабы перевозки этих веществ являются весьма большими. Например, только жидкого хлора на железных дорогах страны каждый

день находится более 700 цистерн, Причем часто в пути находятся одновременно около 100 цистерн, содержащих до 5 тыс. т сжиженного хлора. Как правило, в сборные маршруты может входить от 2 до 8 и более цистерн. Согласно данным за 1986-1987 гг., из 17 зарегистрированных серьезных аварий со АХОВ 12 произошли на железных дорогах.

Наиболее характерными причинами аварийных выбросов АХОВ на железных дорогах являются: опрокидывание цистерн с нарушением герметизации; трещины в сварных швах; разрыв оболочки новых цистерн; разрушение предохранительных мембран; неисправность предохранительных клапанов и протечка из арматуры.

По опыту ликвидации аварий, к наиболее тяжелым последствиям с гибелью людей приводили выбросы следующих АХОВ: аммиака, хлора, оксида углерода, оксида этилена, хлористого водорода, сернистого ангидрида, цианистого водорода, фосгена, хлорпикрина, тринитротолуола и т. п. Среди этих веществ на первом месте по числу случаев гибели людей стоят хлор и аммиак, то есть наиболее опасными (не с точки зрения токсичности, а по числу жертв при авариях) являются те АХОВ, которые наиболее широко и в значительных количествах обращаются в производстве и способны в больших количествах попадать в атмосферу. В последние годы значительно возросло производство и потребление жидкого аммиака на производящих и перерабатывающих предприятиях (предположительно, 70 тыс. т, а на припортовых базах - до 130 тыс. т). Исходя из оценки масштабов реальной опасности, зависящей не только от токсичности вещества, но и от величины их запасов и характера распространения в атмосфере, перечень АХОВ, от воздействия которых необходимо обеспечить защиту, можно ограничить девятью веществами: хлор, аммиак, фосген, сернистый ангидрид, цианистый водород, сероводород, сероуглерод, фтористый водород, нитрил акриловой кислоты. Далее приводятся токсические характеристики этих веществ [мг/л] (табл. 8.2).

Таблица 8.2. Токсические характеристики химически опасных веществ

Наименование АХОВ	Смертельно	Вызывают поражения средней тяжести	Вызывают начальные симптомы
Хлор	6,0	0,6	0,01
Аммиак	100,0	15,0	0,25
Фосген	6,0	0,6	0,01
Сернистый ангидрид	70,0	20,0	0,4-0,05
Фтористый водород	7,5	4,0	0,4
Цианистый водород	1,5	0,75	0,02-0,04
Сероводород	30,0	5,0	0,3
Сероуглерод	900,0	135,0	1,5-1,6
Нитрил акриловой кислоты	7,0	0,7	0,03

Глубины опасных зон распространения первичного облака АХОВ могут быть следующими (они рассчитаны для средних метеоусловий — изометрия, скорость ветра - 1 м/с) (табл. 8.3).

Таблица 8. 3. Глубины опасных зон распространения

Наименование АХОВ	Масса хранящегося в резервуарах АХОВ, т	Глубина распространения первичного облака*, км
Хлор	30-2000	96,0/26,0
Аммиак	30-30 000	65,0/22,0
Фосген	1-300	33,5/17,0
Цианистый водород	1-300	30,0/19,5
Сероуглерод	1-300	1,5/0,5
Сероводород	1-300	9,8/3,5
Нитрил акриловой кислоты	1-500	39,0/11,0
Сернистый ангидрид	25-200	19,0/6,6

*Глубина распространения приведена для случая разрушения емкости с максимальным содержанием вещества. В числителе приведены глубины для поражающих концентраций, в знаменателе - для смертельных.

Время воздействия опасных концентраций зависит от типа и количества выброшенного (вылитого) АХОВ, а также метеоусловий в районе аварии (скорости ветра и температуры окружающей среды) и может колебаться от нескольких часов до нескольких суток. Так, например, при выбросе 50 тыс. т АХОВ и температуре окружающей среды 20°C время действия хлора, аммиака, фосгена и сероводорода составляет 1,8; 3,2; 1,7 и 6,7 суток соответственно.

Люди, проживающие вблизи ХОО, при авариях с выбросом АХОВ, услышав сигналы оповещения по радио (телевидению), подвижным громкоговорящим средствам, должны надеть противогазы, закрыть окна и форточки, отключить электронагревательные и бытовые приборы, газ (погасить огонь в печах), одеть детей, взять необходимое из теплой одежды и пищи (трехдневный запас непортящихся продуктов), предупредить соседей, быстро, но без паники выйти из жилого массива в указанном направлении или в сторону, перпендикулярную направлению ветра, желательно на возвышенный, хорошо проветриваемый участок местности на расстояние не менее 1,5 км от предыдущего места пребывания, и находиться там до получения дальнейших распоряжений. В случае отсутствия противогаза необходимо стремительно выйти из зоны заражения, задержав дыхание на несколько секунд. Для защиты органов дыхания можно использовать подручные средства из тканей, смоченные в воде, меховые и ватные части одежды. Закрыв ими органы дыхания, можно снизить количество вдыхаемого газа, а следовательно, и тяжесть поражения.

При движении на зараженной местности **необходимо строго соблюдать следующие правила:**

- двигаться быстро, но не бежать и не поднимать пыли;
- не прислоняться к зданиям и не касаться окружающих предметов;
- не наступать на встречающиеся на пути капли жидкости или порошкообразные россыпи неизвестных веществ;
- не снимать средства индивидуальной защиты до особого распоряжения; а при обнаружении капель АХОВ на коже, одежде, обуви, средствах

индивидуальной защиты снять их тампоном из бумаги, ветоши или носовым платком;

- по возможности оказать необходимую помощь пострадавшим детям, престарелым, не способным двигаться самостоятельно.

После выхода из зоны заражения нужно пройти санитарную обработку. Получившие значительные поражения (если есть кашель, тошнота и др.) должны обратиться в медицинские учреждения для определения степени поражения и проведения профилактических и лечебных мероприятий.

Об устранении опасности химического поражения и о порядке дальнейших действий население извещают штабы ГО или органы милиции. В любых случаях вход в жилые помещения и производственные здания, подвалы и другие помещения разрешается только после контрольной проверки содержания АХОВ в воздухе помещений.

4.3. Воздействие химически опасных веществ на организм человека.

4.3.1. Виды воздействия АХОВ на организм человека.

Биологическая активность химических соединений определяется их структурой, физическими и химическими свойствами, особенностями механизма действия, путей поступления в организм и преобразования в нем, а также дозой (концентрацией) и длительностью влияния на организм. В зависимости от того, в каком количестве действует то или иное вещество, оно может являться нейтральным для организма, быть лекарством или ядом. При значительных превышениях доз многие лекарственные вещества становятся ядами. В то же время такой яд, как мышьяк, в малых дозах является лекарственным препаратом. Лечебным действием обладает и *иприт*: разбавленный в 20 000 раз вазелином, этот яд военной химии применяется под названием *псориазин* в качестве средства против чешуйчатого лишая. С другой стороны, постоянно поступающие в организм с пищей и вдыхаемым воздухом вещества становятся вредными для человека, когда они вводятся в непривычно больших количествах или при измененных условиях внешней среды. Можно привести пример с поваренной солью: увеличение ее концентрации в организме по сравнению с обычной в 10 раз опасно для жизни. В этом смысле понятно и происхождение известного изречения одного из корифеев средневековой медицины Парацельса (1493-1541 гг.): «*Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости; одна лишь доза делает яд незаметным*». Следовательно, понятие «яд» носит не столько качественный, сколько количественный характер, и сущность явления ядовитости должна оцениваться прежде всего количественными взаимоотношениями между химически вредными факторами внешней среды и организмом.

Говоря об общем механизме действия ядов, можно выделить два их типа. К первому относятся вещества, обладающие способностью реагировать со многими компонентами клеток, и в молекулярном плане, такие яды напоминают «слона в посудной лавке». Поскольку избирательность их действия мала, то сравнительно большое число молекул яда расходуется на взаимодействие со всевозможными второстепенными клеточными элементами, прежде, чем яд в достаточном количестве подействует на жизненно важные структуры организма и тем самым вызовет токсический эффект. Яды второго типа реагируют только с одним определенным компонентом клетки, не растрачиваются на

«несущественные» взаимодействия и поражают определенную мишень. Понятно, что эти яды способны вызвать отравления и при относительно низких концентрациях. Характерным представителем такого яда является синильная кислота.

Как уже отмечалось, воздействуя на организм в различных количествах, одно и то же вещество вызывает неодинаковый эффект. *Минимальная действующая*, или *пороговая, доза* (концентрация) ядовитого вещества - это такое его наименьшее количество, которое вызывает явные, но обратимые изменения в жизнедеятельности. *Минимальная токсическая доза* - это уже гораздо большее количество яда, вызывающее выраженное отравление с комплексом характерных патологических сдвигов в организме, но без смертельного исхода. Чем сильнее яд, тем ближе минимально действующая и минимально токсическая дозы. Помимо названных, принято рассматривать также *смертельные* (летальные) дозы и концентрации ядов, то есть такие их количества, которые вызывают гибель человека (или животного) при отсутствии лечения. Летальные дозы определяются в результате опытов на животных. В экспериментальной токсикологии чаще всего пользуются *средней летальной дозой* или концентрацией яда, при которых погибает 50% подопытных животных. Если же наблюдается 100%-ная их гибель, то такая доза или концентрация обозначается как *абсолютная летальная*.

При неоднократном воздействии одного и того же яда на организм течение отравления может изменяться из-за развития явлений кумуляции, сенсibilизации и привыкания. Под *кумуляцией* понимается накопление в организме токсичного вещества. *Сенсibilизация* - состояние организма, при котором повторное воздействие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущее. *Привыкание* (толерантность) - это ослабление влияния ядов на организм при повторяющемся их воздействии.

В связи с изложенным особое значение приобретает законодательная регламентация *предельно допустимых концентраций* (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны промышленных и сельскохозяйственных предприятий, НИИ и т. д. Считается, что ПДК этих веществ при ежедневной восьмичасовой работе в течение всего рабочего стажа не могут вызвать у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых, современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленные сроки. В России приняты более низкие уровни ПДК, чем в США, для оксида углерода (20 мг/м³ против 100 мг/м³), паров ртути и свинца (0,01 мг/м³ против 0,1 мг/м³), бензола (5 мг/м³ против 80 мг/м³) и т. д.

Поступать в организм человека яды могут через органы дыхания, пищеварительный тракт и кожу. Огромная поверхность легочных альвеол (около 80-90 м²) обеспечивает интенсивное всасывание и быстрый эффект действия ядовитых паров и газов, присутствующих во вдыхаемом воздухе. При этом легкие становятся входными воротами в первую очередь для тех из них, которые хорошо растворяются в жирах. С отравленной пищей, водой, а также в чистом виде токсичные вещества всасываются в кровь через слизистые оболочки полости рта, желудка и кишечника. Что касается жиронерастворимых ядов, то многие из них проникают через клеточные мембраны слизистых оболочек желудка и кишечника, по порам или пространствам между мембранами.

Скорость проникновения ядов через неповрежденную кожу прямо пропорциональна их растворимости в липидах, а дальнейший их переход в кровь зависит от способности растворяться в воде. Это относится не только к жидкостям и твердым веществам, но и к газам.

4.3.2. Краткая характеристика некоторых видов АХОВ

Хлор (Cl). Свободный хлор представляет собой зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом. При обычном давлении он затвердевает при -101°C и сжижается при -34°C . Плотность газообразного хлора при нормальных условиях составляет $3,214\text{ кг/м}^3$, то есть он примерно в 2,5 раза тяжелее воздуха и вследствие этого скапливается в низких участках местности, подвалах, колодцах, тоннелях. Хлор растворим в воде: в одном объеме воды растворяется около двух его объемов. Образующийся желтоватый раствор часто называют хлорной водой. Химическая активность его очень велика — он образует соединения почти со всеми химическими элементами. Основной промышленный метод получения хлора — электролиз концентрированного раствора хлористого натрия. Ежегодное потребление хлора в мире исчисляется десятками миллионов тонн (в 1980 г. было произведено 40 млн.т).

Используется хлор в производстве хлорорганических соединений (например, *винилхлорида, хлоропренового каучука, дихлорэтана, хлорбензола*), неорганических хлоридов. В больших количествах применяется для беличения тканей и бумажной массы, обеззараживания питьевой воды, как дезинфицирующее средство в различных других отраслях промышленности. Хранят и перевозят хлор в стальных баллонах и железнодорожных цистернах под давлением. При выходе в атмосферу он дымит, заражает водоемы.

В первую мировую войну хлор применялся в качестве ОВ удушающего действия: он поражает легкие, раздражает слизистые и кожу. *Первые признаки отравления* — резкая загрудинная боль, резь в глазах, слезотечение, сухой кашель, рвота, нарушение координации, одышка, соприкосновение с парами хлора вызывает ожоги слизистой оболочки дыхательных путей.

Минимально ощутимая концентрация хлора — 2 мг/м^3 . Раздражающее действие возникает при концентрации около 10 мг/м^3 . Воздействие в течение 30-60 минут $100\text{--}200\text{ мг/м}^3$ хлора опасно для жизни, а более высокие концентрации могут вызвать мгновенную смерть. Органы дыхания и глаза можно защитить фильтрующими и изолирующими противогазам. Но пребывание в них без дополнительной насадки на фильтрующую коробку — не более 35 мин. Максимально допустимая концентрация при применении фильтрующих противогазов — 2500 мг/м^3 . Если она выше, то должны использоваться только изолирующие противогазы. При поражении хлором пострадавшего нужно немедленно вынести на воздух, укрыть и дать дышать парами спирта или воды. Смягчить раздражение можно, вдыхая аэрозоль 0,5% раствора питьевой соды. Полезно также вдыхать кислород. Кожу и слизистые промывают 2%-ным содовым раствором не менее 15 мин. Пострадавшему нельзя самостоятельно передвигаться. Транспортировать его можно только в лежачем положении.

При производственной аварии на химически опасном объекте, утечке хлора при хранении или транспортировке может произойти заражение воздуха в поражающих концентрациях. В этом случае необходимо изолировать опасную зону, удалить из нее всех посторонних и не допускать никого без средств защиты органов дыхания и кожи. Следует держаться с наветренной стороны зоны заражения и избегать низин. При утечке или разливе хлора нельзя прикасаться к пролитому веществу. Следует с

помощью специалистов устранить течь, если это не вызывает опасности, или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности.

При интенсивной утечке хлора используют распыленный раствор кальцинированной соды или воду, чтобы осадить газ. Место разлива заливают аммиачной водой, известковым молоком, раствором кальцинированной соды или каустика концентрацией 60-80% и более (примерный расход - 2 л раствора на 1 кг хлора).

Аммиак (NH_3). Аммиак представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом. При обычном давлении он затвердевает при температуре -78°C и сжижается при -34°C . Плотность газообразного аммиака при нормальных условиях составляет примерно 0,6, то есть он легче воздуха. С воздухом образует взрывоопасные смеси с концентрацией 15-28 объемных процентов NH_3 . Растворимость аммиака в воде больше, чем у всех других газов: один объем воды поглощает при 20°C около 700 объемов газа. 10-процентный раствор аммиака поступает в продажу под названием *нашатырный спирт*. Он находит применение в медицине и в домашнем хозяйстве (при стирке белья, выводе пятен и т. д.). 18-20-процентный раствор называется аммиачной водой и используется как удобрение. Аммиак перевозят в сжиженном состоянии под давлением. При выходе в атмосферу он дымит, заражает водоемы, когда попадает в них. ПД К в воздухе населенных мест: среднесуточная и максимально разовая - $0,2 \text{ мг/м}^3$; предельно допустимая в рабочем помещении промышленного предприятия - 20 мг/м^3 . Запах ощущается при концентрации 40 мг/м^3 . Если же его содержание в воздухе достигает 500 мг/м^3 , он опасен для вдыхания (возможен смертельный исход). Смертельная концентрация - 7 мг/л .

Аммиак вызывает поражение дыхательных путей. *Первые признаки отравления:* насморк, кашель, затрудненное дыхание, удушье, появляется сердцебиение, нарушается частота пульса. Пары газа сильно раздражают слизистые оболочки и кожные покровы, вызывают жжение, покраснение и зуд кожи, резь в глазах, слезотечение. При соприкосновении жидкого аммиака и его растворов с кожей возникает обморожение, возможен ожог с пузырями, изъязвления.

Фильтрующие противогазы - ГП-5, ГП-7, ПДФ-Ш без дополнительной насадки на фильтрующую коробку от аммиака не защищают. Можно использовать промышленные противогазы марки КД (коробка окрашена в серый цвет). Максимально допустимая концентрация при применении фильтрующих противогазов равна 750 ПДК (1500 мг/м^3), при ее превышении должны использоваться только изолирующие противогазы.

При поражении аммиаком надо немедленно вынести пострадавшего на свежий воздух, транспортировать - только в лежачем положении. Необходимо обеспечить тепло и покой, дать подышать увлажненным кислородом. При отеке легких искусственное дыхание делать нельзя. Кожу, слизистые и глаза не менее 15 мин следует промывать водой или 2-процентным раствором борной кислоты. В глаза закапать 2-3 капли 30%-ного раствора альбуцида, в нос - тепкое оливковое или персиковое масло.

При производственной аварии на химически опасном объекте надо изолировать опасную зону и удалить из нее людей. Нельзя прикасаться к пролитому жидкому аммиаку и концентрированным растворам. При интенсивной утечке разлившуюся жидкость огораживают земляным валом, а место разлива нейтрализуют слабым раствором кислоты, промывают большим количеством воды. Если произошла утечка

газообразного аммиака, то с помощью поливомоечных машин, авторазливочных станций, пожарных машин, а также имеющихся на химически опасных объектах гидрантов распыляют воду, чтобы поглотить пары.

Сернистый ангидрид (SO_2). Сернистый ангидрид (диоксид серы, сернистый газ) - один из самых распространенных АХОВ. Представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом. При обычном давлении затвердевает при температуре - 75°C и сжижается при 10°C . Газ в 2,2 раза тяжелее воздуха. Растворимость его в воде весьма велика и составляет при обычных условиях около 40 объемов на 1 объем воды. При взаимодействии газа с водой образуется сернистая кислота. Сернистый ангидрид используется в производстве серной кислоты, серного ангидрида, солей серной (сульфитов, гидросульфитов) и серноватистой (тиосульфатов) кислот. Непосредственное применение находит в бумажном и текстильном производствах, при консервировании фруктов, ягод, для предохранения вин от скисания, для дезинфекции помещений.

Перевозят сернистый ангидрид в сжиженном состоянии под давлением. При выходе в атмосферу он дымит, скапливается в низких участках местности, подвалах, тоннелях, заражает водоемы.

Предельно допустимая концентрация сернистого ангидрида в атмосферном воздухе населенных мест (среднесуточная) - $0,05 \text{ мг/м}^3$, в рабочем помещении промышленного предприятия - 10 мг/м^3 (смертельная доза - 1,4-1,7 мг/л). Пары сернистого ангидрида во влажном воздухе сильно раздражают слизистые оболочки и кожу. В горле начинает саднить, появляются кашель, слезотечение, резкая боль в глазах, они гноятся, дыхание и глотание затруднены, кожа краснеет. Возможны ожоги кожи и глаз. Вдыхание воздуха, содержащего более 0,2% сернистого ангидрида, вызывает хрипоту, одышку и быструю потерю сознания. Возможен смертельный исход.

Защиту органов дыхания и глаз от сернистого ангидрида обеспечивают гражданские противогазы ГП-5, ГП-7, ПДФ-Ш. Если концентрация выше максимально допустимой ($14\,000 \text{ мг/м}^3$ для промышленных противогазов), должны использоваться только изолирующие противогазы.

При поражении сернистым ангидридом пострадавшего нужно вынести на свежий воздух. Кожу и слизистые промывать водой или 2-процентным раствором соды не менее 15 мин, глаза — проточной водой также не менее 15 мин. При аварии на промышленных предприятиях опасную зону следует изолировать, людей удалить. Нельзя прикасаться к пролитому сернистому ангидриду. Разлившуюся жидкость нужно оградить земляным валом и не допускать попадания вещества в водоемы. Место разлива залить известковым молоком или раствором соды.

Бензол (C_6H_6). Бензол - бесцветная жидкость с характерным запахом. При обычных условиях температура кипения 80°C . Относительная плотность при температуре 20°C - 0,879, легче воды. Относительная плотность паров бензола составляет 2,7, то есть он тяжелее воздуха. Смеси с воздухом, содержащие от 1,4 до 7 объемных процентов бензола, взрывоопасны. Температура вспышки - 12°C . Бензол практически не растворим в воде, но легко растворяется в спирте, эфире, хлороформе и других органических растворителях.

Бензол получают из каменноугольного дегтя в коксохимическом производстве, а также при контактно-каталитическом разложении нефти. Применяется он в производстве стирола, фенола, циклогексана, анилина, хлорбензола, нитробензола, для

синтеза красителей, пестицидов, полимеров, поверхностно-активных ВВ, фармацевтических препаратов, в качестве растворителя лаков, добавки к моторному топливу для повышения октанового числа. Хранят и перевозят бензол в железнодорожных и автоцистернах. При разливе он выделяет воспламеняющиеся пары, которые скапливаются в низинах, подвалах, тоннелях.

Вдыхание бензола очень опасно. Картина острого отравления при малых концентрациях - возбуждение подобное алкогольному, затем сонливость, общая слабость, головокружение, тошнота, рвота, головная боль, потеря сознания, возможны мышечные подергивания, переходящие в судороги. При очень высоких концентрациях почти мгновенная потеря сознания и смерть в течение нескольких минут. Соприкосновение бензола с кожей вызывает сухость, трещины, зуд, она краснеет, появляется просовидная пузырьковая сыпь. При проникновении через кожу бензол приводит к характерным изменениям в крови. ПДК бензола в атмосферном воздухе населенных мест (среднесуточная) равна 0,8 мг/м³, в рабочем помещении промышленного предприятия - 5 мг/м³.

Защиту органов дыхания от паров бензола обеспечивают гражданские противогазы ГП-5, ГП-7 и ПДФ-Ш. Если концентрация бензола выше максимально допустимой (2000 мг/м³) или неизвестна, следует пользоваться только изолирующим противогазом.

При поражении бензолом надо нужно немедленно вынести пораженного на свежий воздух, положить его, обеспечить тепло и покой. При затрудненном дыхании дать увлажненный кислород или карбоген, а если потребуется - сделать искусственное дыхание. Кожу нужно промыть водой с мылом и смазать дерматоловой мазью.

При производственной аварии необходимо соблюдать меры пожарной безопасности, устранить источники огня и искр. Разлившуюся жидкость, не прикасаясь к ней, оградить земляным валом. Нельзя допускать попадание вещества в подвалы, тоннели и канализацию. Небольшие утечки засыпать песком, землей или другим негорючим материалом, промыть водой. Для осаждения паров бензола в воздухе также используют воду, которую распыляют с помощью поливочных, пожарных машин, авторазливочных станций, гидрантов.

В заключении этого подраздела приводятся защитные свойства гражданских фильтрующих противогазов от ряда наиболее распространенных АХОВ (табл. 8.4).

Таблица 8.4. Защитные свойства гражданских противогазов

Наименование АХОВ	Концентрация, мг/л	Без ДПГ, мин	С ДПГ-1, мин	С ДПГ-3, мин
Аммиак	5,00	0	30	60
Диметиламин	5,00	0	60	80
Хлор	5,00	40	80	100
Сероводород	10,00	25	50	50
Соляная кислота	5,00	20	30	30
Тетраэтилсвинец	2,00	50	500	500
Диоксид азота	1,00	0	30	0
Этилмеркаптан	5,00	40	120	120
Оксид этилена	1,00	0	25	0
Метил хлористый	0,50	0	35	0

Оксид углерода	3,00	0	40	0
Нитробензол	5,00	40	70	70
Фенол	0,20	200	800	800
Фурфурол	1,50	300	400	400

Примечание. Цифра «0» означает, что противогаз от данного АХОВ не защищает. ДПГ — дополнительный патрон, предназначен для комплектации гражданских противогазов.

4.3.3. Технические жидкости.

Метиловый спирт (CH_3OH). Применяется чаще всего для растворения красок, приготовления лекарственных средств, используется в лабораторной и медицинской практике, для обеззараживания инструментов, изделий на предприятиях ракетно-космического комплекса, в химической промышленности. Метиловый спирт (метанол) - прозрачная бесцветная жидкость с запахом винного спирта. Опасность его как АХОВ в том, что люди, принимая его за питьевой, получают отравление, зачастую со смертельным исходом.

Метанол хорошо растворяется в воде, спиртах, жирах и жироподобных веществах. Взаимодействует с кислотами и щелочами.

Наиболее частая причина отравления - прием яда внутрь. Поступление его в организм возможно через кожу при мытье рук, загрязненных красками, жирами, жироподобными веществами. Не исключено отравление через органы дыхания при работе в закрытом помещении с растворенными в метиловом спирте красками.

При приеме внутрь смертельная доза 30-100 г, для того чтобы получить отравление средней или тяжелой степени, достаточно бывает и 10 г. Острое отравление начинается с состояния, которое весьма напоминает отравление винным спиртом, но продолжается меньшее время, после чего наступает довольно продолжительный период мнимого здоровья. Спустя несколько часов, а иногда и суток отравившийся начинает жаловаться на головные боли, сильные боли в животе, мышцах конечностей. Кожа и слизистые оболочки приобретают синюшный цвет, появляются одышка, шаткая походка, рвота. Зрачок вяло реагирует на свет, расширен, острота зрения снижена, иногда развивается слепота. В случаях тяжелого отравления сознание больного постепенно затормаживается - развивается коматозное состояние, в котором он может пребывать несколько суток и, не выходя из него, умирает от паралича дыхания.

Хроническое отравление метиловым спиртом чаще всего развивается у людей, длительное время работавших с этим веществом. Больные жалуются на быструю утомляемость, головную боль, плохой сон, головокружение, звон в ушах, снижение остроты зрения, боли в мышцах рук и ног, нередко тошнота и неустойчивый стул. Метанол угнетает функцию центральной нервной системы (ЦНС), в том числе жизненно важных центров, а также вызывает атрофию нервных стволов.

Противоядий против метанола нет! При отравлении надо через желудочно-кишечный тракт обильно промывать желудок водой (8-10 л) с последующим назначением солевого слабительного (25 г английской соли на 3/4 стакана кипяченой воды).

Во всех случаях серьезного отравления необходимо стимулировать сердечно-сосудистую и дыхательную деятельности. Этим, как правило, должны заниматься

медицинские работники, поэтому пострадавших следует как можно быстрее доставить в лечебные учреждения.

Антифриз ($\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}/\text{H}_2\text{O}$). Это охлаждающая жидкость для двигателей внутреннего сгорания, которая состоит на 55% из этиленгликоля и на 45% - из воды. *Тосол* - это тоже антифриз. Он отличается только тем, что в него введены различные добавки и присадки, в основном антикоррозионного свойства. *Этиленгликоль* - сладковатая жидкость вязкой консистенции без запаха. Поэтому у людей, работающих с ним, главным образом водителей, он не вызывает никаких опасений. Многие из них считают эту жидкость совершенно безопасной. Обычно отравление происходит в тех случаях, когда его пытаются пить как алкоголь. Не исключено отравление парами *этиленгликоля* через органы дыхания. Такое происходит в плохо проветриваемых гаражах, на складах. При приеме внутрь смертельная доза равна 50-200 мл чистого продукта или 100-400 мл антифриза. Правда, сейчас, когда спиртное имеется везде в достаточном количестве, отравления антифризом случаются реже, чем раньше.

Острое отравление этиленгликолем при приеме внутрь значительного количества яда проявляется спустя несколько минут. Отравившийся становится говорлив, дурашлив, много двигается, причем движения часто плохо скоординированы. Спустя некоторое время человека рвет. Он становится вялым, заторможенным, теряет ясность сознания, у него появляется одышка, снижается артериальное давление, затем он впадает в коматозное состояние. При появлении дыхательной или сердечно-сосудистой недостаточности отравленные антифризом умирают в первые двое суток. Те, кому удастся выйти из состояния комы, все же окончательно не выздоравливают. Обычно они очень бледны, жалуются на слабость, мучительные головные боли, постоянную жажду, боли в области поясницы и правого подреберья. Резко снижается количество мочи, постепенно развивается почечная и печеночная недостаточность. Спустя 12—13 суток больные умирают.

Человеку, отравленному антифризом или чистым этиленгликолем необходимо промыть желудок 8-10 л 2-процентного содового раствора, поставить сифонную клизму. В случае тяжелого отравления дать пострадавшему кислород и целый ряд лекарственных препаратов. Все эти процедуры должны выполняться в лечебных учреждениях.

Все работающие с этиленгликолем должны знать его ядовитые свойства. На предприятиях, складах, автопарках необходим строжайший учет антифриза (этиленгликоля). Чтобы избежать отравлений, рекомендуется добавлять в жидкость дурно пахнущие и имеющие неприятный вкус вещества. Для защиты от паров этиленгликоля надо пользоваться промышленными противогазами марки «А».

Дихлорэтан (CH_2Cl_2). Дихлорэтан (хлористый этилен) - слегка зеленоватая или бесцветная жидкость с характерным запахом. В воде не растворим, но хорошо растворяется в спиртах, ацетоне, эфире. Он широко применяется как растворитель лаков, смол, масел и дегазирующих веществ (дихлорамин Б, гексахлормеламин, хлористый сульфурил).

Главный путь проникновения яда в организм - органы дыхания, кожа и желудочно-кишечный тракт. Смертельная доза при приеме внутрь равна 20-100 мл. В зависимости от путей поступления яда в организм течение заболевания (отравления) имеет некоторые особенности. Тяжелое острое отравление при попадании дихлорэтана в желудок проявляется уже через несколько минут: жалобы на общую слабость, головную боль, боли в подложечной области и тошноту. Появляется рвота, нередко с примесью крови, понос. Количество мочи снижается иногда до полного

отсутствия. Человек теряет сознание, нередко наступают судороги. Кожа и слизистые оболочки синеют, дыхание нарушается, артериальное давление падает. Смерть в течение первых часов наступает в результате паралича дыхания. В более поздние сроки (через 2-3 суток после отравления) пострадавший умирает от почечной и печеночной недостаточности.

Острое отравление при ингаляционном поступлении яда в организм почти такое же, как при приеме яда внутрь. Человек жалуется на жжение в горле, чувство стеснения в груди, болезненный кашель.

При длительном контакте с дихлорэтаном развиваются дерматиты различной тяжести. Дихлорэтан, как и этиленгликоль, обладает свойствами угнетать деятельность клеток ЦНС, чем напоминает действие наркотических веществ. **До сих пор противоядий дихлорэтану не найдено!** Оказывая помощь отравившемуся после приема яда внутрь, необходимо обильно промыть желудок (8-10 л) 2-процентным раствором питьевой соды, затем дать раствор 25 г английской соли на 3/4 стакана кипяченой воды. Все прочие процедуры должны выполняться в медицинских учреждениях.

При профилактике отравления дихлорэтаном меры безопасности должны соблюдаться неукоснительно. Рекомендуются пользоваться резиновыми перчатками и респираторами РГ-67 и РУ-60М с поглощающими коробками марки «А». Каждый работающий с дихлорэтаном должен прекрасно знать токсические свойства этого вещества.

Тетраэтилсвинец (C_2H_5)₄Pb. Обычно это вещество добавляют к горючему двигателей внутреннего сгорания в качестве антидетонатора, то есть средства, замедляющего окисление высококалорийных бензинов. Отравления могут происходить на производстве, при транспортировке, добавлении к горючим на складах и хранилищах горюче-смазочных материалов, а также у шоферов и автослесарей. *Тетраэтилсвинец* — бесцветная маслянистая жидкость приятного фруктового запаха. Он плохо растворим в воде, но хорошо в бензине, керосине, жирах, жироподобных веществах. Вступает в реакцию с хлорной известью, хлорамином, азотной кислотой. Всеми этими веществами его можно обезвреживать. В организм человека проникает через органы дыхания, кожу и желудочно-кишечный тракт. Так как его добавляют в горючее, то отравление происходит при мытье рук этилированным бензином, подсасывании бензина ртом через шланг, а также при длительном пребывании в помещении, где хранится бензин или чистый Тетраэтилсвинец. Попад в организм, он циркулирует по крови в течение трех месяцев, что, естественно, отражается на состоянии здоровья человека. Отравление может произойти при содержании, в воздухе паров яда в концентрации 0,0015 мг/я, предельно допустимая концентрация тетраэтилсвинца в воздухе рабочих помещений - всего 0,000003 мг/л.

Возможны два типа отравлений: острое и хроническое. Острое развивается спустя довольно длительный период скрытого действия (от нескольких часов до 10 суток). Заболевание начинается с жалоб на быструю утомляемость, головную боль, расстройство сна (бессонница, страшные сновидения), боли в суставах и мышцах, чувство постороннего предмета во рту (обычно волоса, нитки). Повышаются слюноотделение, потливость. Снижаются температура тела (до 35°C) и артериальное давление. Пульс становится редким, до 40 ударов в минуту. Затем температура повышается до 40°C, снижается количество мочи, появляются запоры. Пораженные делаются подозрительными, беспокойными, пребывают в состоянии беспричинной тревоги, у них развиваются зрительные и слуховые галлюцинации, формируются

бредовые идеи. Через некоторое время возбужденное состояние сменяется заторможенностью и мышечной слабостью. Заболевание, как правило, носит затяжной характер — до двух месяцев. В благоприятных условиях выздоровление происходит весьма медленно и не бывает полным: остаются психические и неврологические нарушения.

Хроническое отравление по своему характеру и течению заболевания напоминает острое, но без смертельного исхода, расстройства психики выражаются не так ярко. Если отравление произошло при подсасывании бензина шлангом, следует обильно промыть желудок 0,01%-ным раствором марганцовокислого калия и поставить сифонную клизму. Загрязненную кожу обильно промывают 10-15-процентным водно-спиртовым раствором хлорамина. Полость рта промывают 0,25-процентным раствором хлорамина.

Работая с чистым тетраэтилсвинцом, надо пользоваться промышленными противогазами марки «А». При обращении с этилированным бензином на руки следует надевать резиновые перчатки. После работы обязательно мыться под душем и переодеваться в повседневную одежду. Все работающие с этилированным бензином и тетраэтилсвинцом должны проходить диспансерное обследование с участием психиатра, терапевта и невропатолога.

Контрольные вопросы

1. Что такое АХОВ? Дайте классификацию АХОВ.
2. Каков механизм воздействия химически опасных веществ на организм человека?
3. Какой способ защиты населения от АХОВ является наиболее эффективным?
4. Дайте краткую характеристику хлора. Как вы будете оказывать первую медицинскую помощь пострадавшему?
5. Дайте краткую характеристику аммиака. Как вы будете оказывать первую медицинскую помощь пострадавшему?

Глава 5 Транспортные аварии и катастрофы.

5.1 Аварии на городском транспорте

Все люди, независимо от возраста и положения, пользуются различными видами транспортных средств. Но далеко не все задумываются о том, что современный транспорт - зона повышенной опасности. Особенностью современного транспорта является его большая насыщенность энергией. Наиболее энергоемкими видами транспортных средств являются трамваи, троллейбусы, метрополитен и железнодорожный транспорт.

Автомобильный транспорт прочно вошел в категорию самых опасных. За последние несколько десятилетий не проходило недели, чтобы то из одного, то из другого района земного шара не приходило сообщение о жуткой аварии с участием пассажирского автобуса, а иной раз и о катастрофе сразу нескольких автомобилей. Большинство из подобных происшествий случалось в «рискованных» районах, среди которых традиционно числятся Китай, Индия, страны Латинской Америки. Однако, увы, не стали исключением Великобритания, Франция, Испания, Италия, США, Россия.

24 июня 1993 г. в Москве на перекрестке Дмитровского шоссе и 3-го Нижнего Лихоборского проезда светофор в очередной раз остановил поток автомобилей. Водитель КамАЗа - контейнеровоза попытался объехать бензовоз. Но маневр оказался неудачным, а для многих и роковым. Своим бортом КамАЗ пробил заднюю стенку цистерны с десятью тоннами бензина, который сквозь пробойну хлынул на асфальт. Искра от подъехавшего троллейбуса воспламенила его, произошел объемный взрыв.

В считанные секунды в зоне огня общей площадью 200 м оказались два маршрутных троллейбуса с пассажирами (один из них переполненный), КамАЗ и бензовоз. Люди в панике бросились к выходу переполненного троллейбуса, началось столпотворение. На их пути стоял многометровый огненный барьер. В бушующем огне девять человек сгорели заживо. Десятой жертвой стала женщина, которая в охваченной пламенем одежде выскочила на дорогу, но через несколько шагов упала замертво.

На автодорогах теряет свою жизнь и здоровье гораздо больше людей, чем в авариях на всех других видах транспорта. В среднем только за 3 дня гибнет столько людей, сколько на авиационном, железнодорожном, морском транспорте в целом за год. В периоде 1985 по 1994 гг. в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибло более 300 тыс. человек (Россия) и 1,7 млн. получили ранения.

Современный автомобиль, как и все иные виды механического транспорта, представляет собой сложный комплекс различных механизмов и устройств, от согласованной работы которых зависят его эксплуатационные качества, в частности, устойчивость, управляемость, маневренность и динамические свойства. Взаимодействие автомобиля с дорогой обусловлено законами механики. Поведение водителя за рулем, применение им различных приемов управления определяются не только уровнем его профессиональной подготовки, но и психофизиологическими факторами, зависящими от условий на рабочем месте, микроклимата, степени шума и вибраций, удобства управления и др., а также воздействиями внешней среды. Звенья системы «водитель — автомобиль — дорога» качественно разнородны.

Автомобиль и дорога характеризуются совокупностью технических данных, выражаемых определенными показателями. Характеристику водителя можно составить с помощью психологических и физиологических методов. Но несмотря на качественное различие звеньев системы, они скоординированы для решения общей задачи — перевозки грузов или пассажиров по заранее намеченному маршруту и в запланированное время с обеспечением их безопасности и сохранности. ДТП можно охарактеризовать как рассогласование взаимодействия звеньев системы «водитель — автомобиль — дорога». Как правило, происшествия на дорогах быстротечны: события развиваются за несколько секунд, а иногда и за доли секунды.

5.1.1. Виды дорожно-транспортных происшествий

Различают следующие **виды дорожно-транспортных происшествий**:

- наезды на людей и другие подвижные объекты, находившиеся в полосе движения автомобиля;
- наезды на неподвижные объекты (в том числе и на стоящие на дороге транспортные средства);
- столкновения автомобилей друг с другом и другими средствами - встречные, боковые при попутном движении и перекрестные, происходящие под различными углами;
- опрокидывание транспортных средств в результате заноса, потери управления, неблагоприятных дорожных условий, применения водителем резких или неправильных приемов управления.

Большинство ДТП происходит по вине пешеходов. Пешеход является активным и самым незащищенным участником дорожного движения. Анализ несчастных случаев на дорогах мира показал, что каждый третий погибший в результате ДТП - пешеход.

Причинами ДТП являются нарушения правил дорожного движения. Кто же основной виновник этих нарушений? По статистике за 2001 г., в Санкт-Петербурге чаще всего виновниками являлись пешеходы - в 49,5% случаев, причем 13,9% из них находились в нетрезвом состоянии. Водители автотранспортных средств нарушают правила в 48,5% случаев, в нетрезвом виде 7,6% из них. Одной из причин возникновения ДТП с вовлечением в них пешеходов является неправильное поведение пешеходов на проезжей части дороги и неверное прогнозирование характера их поведения водителем. Можно выделить **следующие основные нарушения правил поведения пешеходами** и ошибки водителей, приведших к возникновению ДТП:

1. Неожиданный выход пешехода на проезжую часть.
2. Переход через проезжую часть вне пешеходного перехода.
3. Наезд на пешехода, «мечущегося» по проезжей части в автомобильном потоке. Это связано с тем, что пешеход, находящийся между потоками движущихся автомобилей сильно испуган, и его поведение хаотично и не поддается разумной логике.
4. Отвлечение внимания водителя при выполнении маневра.

Одной из причин неожиданного появления пешехода перед автомобилем является недооценка скорости едущего транспортного средства.

Поведение пешехода определяется в первую очередь стоящей перед ним степенью ответственности и дефицитом времени для достижения поставленной цели. Установлена прямая зависимость между различными состояниями пешеходов (спешка на работу и с работы, общее утомление после рабочей смены, «накопление» утомления за рабочую неделю) и количеством аварийных ситуаций, возникших по их вине.

Довольно большое количество ДТП с участием пешеходов приходится на необустроенные места пересечения транспортных путей. Большинство ДТП (42%), в которых признаны виновными пешеходы, происходит при неправильной оценке ими складывающейся дорожно-транспортной ситуации при переходе через проезжую часть вне установленных мест и, как следствие, опасное поведение перед приближающимся транспортом.

5.1.2. Безопасное поведение в автотранспорте

Человек, едущий в транспорте, должен соблюдать некоторые предосторожности, способные уменьшить опасность получить травму в случае ДТП:

- в случае ДТП безопасность гарантируется устойчивым фиксированным положением тела — сидя в кресле, наклонитесь вперед и положите скрещенные руки на стоящее впереди кресло, голову прижмите к рукам, ноги продвиньте вперед, но не просовывайте под кресло, так как сломанное кресло может повредить ноги;
- при падении группируйтесь, закройте голову руками. Не пытайтесь остановить падение, ухватившись за поручень или что-то другое. Это приводит к вывихам и переломам;
- не засыпайте во время движения: опасно не столько проспать свою остановку, сколько получить травму при маневре или резком торможении;
- если в салоне возник пожар, немедленно сообщите об этом водителю;
- при ДТП откройте двери кнопкой аварийного открытия дверей. Если это не удастся, разбейте боковые окна;
- по возможности сами гасите огонь с помощью огнетушителя, находящегося в салоне;
- выбравшись из горящего салона, сразу начинайте помогать другим.

Несколько слов о **личной безопасности при пользовании транспортом:**

- в темное время суток избегайте пустынных остановок. Ожидая транспорт, необходимо стоять на хорошо освещенном месте рядом с другими людьми;
- вещи держите на виду. Не засматривайтесь в окошко, если на полу стоит сумка или чемодан. Лучше всего держать вещи на коленях. Если не удалось сесть, сумку или портфель прислоните к стене;
- избегайте пустых автобусов, трамваев, троллейбусов, вагонов метро. Если все же приходится ехать поздно, то садиться лучше около водителя, причем не у окна, а ближе к проходу, чтобы к вам неудобно было подсесть. Если подозрительный незнакомец хочет сесть рядом, пропустите его к окну или пересядьте.

5.1.3. Особенности поведения в метро.

Следует помнить, что каждый пассажир метро - это заложник судьбы и персонала метрополитена, тех, кто в любую минуту обязан и готов прийти на помощь попавшим в беду.

Краткая историческая справка. Долгое время самой крупной катастрофой в метро считался пожар в парижском метро, случившийся в 1902 г., когда в деревянных вагонах заживо сгорели 80 человек. И вот теперь, спустя почти век - еще более страшная катастрофа.

28 октября 1995 г. в метрополитене г. Баку на перегоне между станциями «Улдуз» и «Нариманов» за считанные минуты в ядовитом дыму возникшего пожара задохнулись почти 300 человек, среди них 28 детей.

Метро - это огромная искусственная система, слаженно работающий механизм. **Экстремальные ситуации в метро могут возникнуть:**

- на эскалаторе;
- на платформе;
- в вагоне поезда.

Опаснее всего нарушать правила пользования метрополитеном на эскалаторе. Если вы не держитесь за поручень, то при экстренной остановке машины энергия движения бросит вас вперед. Чемодан, который вы не держали или поставили на поручень, понесется вниз, сбивая других пассажиров и светильники. Вдвое - втрое большая скорость спуска будет у того, кто бежал по эскалатору. Человек, который сидит на ступенях, имеет все шансы не только зацепиться полами одежды за ступеньку или гребенку, но и нырнуть головой вниз.

Дежурные часто вынуждены пользоваться ручкой тормоза, когда пассажир рассыпает багаж, замешкается при спуске с эскалатора, приподнимет колесную сумку она попадет резиновым ободом под гребенку или застрянет в зазоре между ступеньками. Если вы что-то уронили, не пытайтесь лавировать между чужих ног - дежурный обязан остановить машину. Если помощь опаздывает, то в экстремальной ситуации можно повернуть ручку аварийного тормоза на балюстраде эскалатора самому.

Особенно надо сказать о безопасности детей. Ребенок из любопытства трогает поручень снизу, может засунуть под него палец и получить травму, резиновая обувь из-за подобного любопытства может быть затянута между ступеньками и фартуком балюстрады, и если при спуске с эскалатора ребенка не держать за руку, он может потерять равновесие и попасть пальцами под гребенку.

Одна из трагедий в московском метро связана с эскалатором. 17 февраля 1982 г. на станции «Авиамоторная» сорвался поручень, эскалатор начал разгоняться, а оба тормоза - рабочий и аварийный - не сработали. Образовалась давка, в которой за 110 секунд 8 человек погибли и 30 получили травмы.

Единственным спасительным решением на разогнавшемся эскалаторе было перескочить через балюстраду на соседнюю лестницу.

Экстремальная ситуация на платформе случается реже. И все же лучше не подходить близко к краю платформы. Кто-то на бегу может вас нечаянно толкнуть, вы сами можете поскользнуться; сумасшедший, решив расстаться с жизнью, пожелал захватить кого-то с собой. При посадке есть риск оказаться на рельсах: толпа может толкнуть человека в проем между вагонами.

Что же делать, если вы оказались на рельсах? Прежде всего - не пытаться подтянуться за край платформы: под ней лежит 800-вольтный контактный рельс, и хотя он укрыт кожухом, испытывать его изоляцию на прочность не следует. Если поезд еще не выезжает на станцию, то следует бежать «к голове» платформы (там, где загорается зеленый свет и находятся часы) - вы успеете, так как машинист обязательно начнет притормаживать. Если поезд уже показался, остается лечь между рельсами - глубина лотка рассчитана на то, чтобы ходовая часть вагонов не коснулась лежащего человека.

Если при аварии или технических неполадках на линии ваш поезд стоит в тоннеле, прежде всего сохраняйте спокойствие и выполняйте все распоряжения работников метрополитена. Если вагон стоит долго и пассажиры начинают задыхаться, падать в обморок, не стоит жалеть окон - разбейте их (например, огнетушителем). Как каждая искусственная система, метро рассчитано на нормальные границы поведения. Поэтому брошенная на платформе банановая кожура - угроза для нескольких пассажиров. Стоит не придержать за собой входную дверь вестибюля, и следующий за вами человек имеет все шансы получить прямой удар в лоб. Отсюда можно сделать вывод: этикет - это первое средство защиты в нашем беспокойном мире.

5.2. Аварии и катастрофы на железнодорожном транспорте.

Пассажир, воспользовавшийся услугами железнодорожного транспорта, находится в зоне повышенной аварийной опасности. Аварийные ситуации, представляющие наибольшую опасность для людей, - это крушение поездов, пожары, аварии токоснабжения.

Основными причинами железнодорожных катастроф являются:

- неудовлетворительное состояние пути или транспорта;
- ошибки машинистов;
- ошибки диспетчерских служб (включая пресловутых стрелочников);
- возгорание железнодорожного состава.

Последняя причина особенно страшна. В случае пожара в поезде шансы пассажиров на спасение уменьшаются и, соответственно, резко возрастает число жертв. Всем памятна колоссальная катастрофа подобного рода, случившаяся в Башкирии.

В ночь на 4 июня 1989 г. произошла утечка газа из газопровода, проходящего вдоль железной дороги. Скопившийся в низине газ взорвался от искры, высеченной колесами, в тот момент, когда мимо следовали два встречных пассажирских поезда. Воздушной ударной волной от поездов было оторвано и сброшено под откос 11 вагонов (5 от одного и 6 от другого). Огненный вихрь со страшной силой прошелся по вагонам, 7 полностью сгорели. Остальные 26 вагонов обгорели снаружи и полностью выгорели изнутри. В поездах предположительно следовало 1284 человека. Спасения не было нигде. На месте, и позднее в больницах погибли 575 человек, 623 получили ранения.

Для обеспечения безопасности пассажиров, кроме первичных средств пожаротушения, в вагонах современной постройки устанавливаются системы пожарной сигнализации «Тесла» и аварийные выходы - по два выхода в боковых

окнах 3-го и 6-го пассажирских отделений со стороны поперечных диванов. Для информирования пассажиров об аварийных выходах на стене около кипятильника имеется надпись: «Вагон оборудован дополнительными выходами через окно 3-го и 6-го купе». Кроме того, около каждого аварийного окна рядом с рычагом для открывания есть надпись-инструкция: «При аварии рукоятку повернуть на себя до упора (сорвав предварительно пломбу). Нажать от себя на ручку-защелку окна». Подобная мера позволяет пассажиру, воздействуя на рычаг, опустить оконные рамы, полностью освободить проем размером 660 x 1020 мм и использовать его для того, чтобы покинуть вагон.

Рекомендации по спасению из поезда, потерпевшего катастрофу:

- не кладите тяжелые вещи на верхнюю заднюю (по отношению к локомотиву) багажную полку. Если положить их больше некуда, попробуйте закрепить вещи;
- если есть выбор, куда лечь, ложитесь на переднюю по отношению к локомотиву полку. Это избавит вас от травм в случае экстренного торможения поезда;
- не оставляйте на столике после еды режущие, колющие и бьющиеся предметы - ножи, вилки, стаканы и т. д.;
- передвигаясь по вагону во время движения поезда, держитесь за поручни, поскольку всегда возможно экстренное торможение;
- курите только в специально отведенных местах. Следите за тем, чтобы недокуренная сигарета обязательно была погашена.

Если во время поездки произошло ЧП - столкновение с другим поездом или автомобилем, сход с рельсов, пожар, **правила выживания таковы:**

- не паниковать!;
- почувствовав запах дыма, смочите водой полотенце или одежду и завяжите ими нос и рот;
- предупредите об опасности пассажиров соседнего купе;
- постарайтесь сообщить о ЧП проводнику;
- в случае пожара не пытайтесь сразу выбраться через двери вагона: скорее всего, они будут закрыты, к тому же много людей устремится именно к дверям, что неизбежно создаст затор;
- если вы все же пробираетесь к выходу в условиях пожара, делайте это на четвереньках, поскольку у пола скапливается меньше дыма;
- постарайтесь открыть окно или разбить оконное стекло каким-либо предметом. Не пытайтесь разбить стекло рукой - оно слишком прочное для этого, вы только нанесете себе травму;
- выбираясь из окна вагона, соразмерьте высоту прыжка. Если расстояние до земли небольшое, сначала спустите вниз детей, больных и стариков. Если высота велика, прыгайте первыми и принимайте на руки остальных.

Особенно хотелось бы обратить внимание на **правила поведения** при нахождении в зоне действия железнодорожного транспорта:

- при движении вдоль железнодорожных путей не следует подходить ближе пяти метров к рельсам;
- на электрифицированных участках нельзя подниматься на опоры, прикасаться к ним и к спускам, идущим от опоры к рельсу, лежащим на земле проводам;

- переходить железнодорожные пути нужно только в установленных местах, пользуясь при этом пешеходными мостами, туннелями, переходами, а там, где их нет, - по настилам и в местах, где установлены указатели «Переход через пути»;
- при переходе через пути ни в коем случае нельзя подлезать под вагоны и перелезать через автосцепки;
- в ожидании поезда нельзя устраивать на платформе подвижные игры, бежать рядом с вагонами идущего поезда, стоять менее чем в 2 метрах от края платформы во время прохождения поезда без остановки;
- входить в вагон и выходить из него нужно только со стороны перрона или посадочной платформы;
- при остановках поезда на перегоне не рекомендуется выходить из вагона;
- к вагону следует подходить только после полной остановки поезда.

5.3. Аварии на авиационном транспорте.

Сегодня воздушный транспорт занимает одно из ведущих мест в общей транспортной системе перевозок пассажиров и грузов. За сутки самолеты перевозят в среднем более 300 тыс. человек, за год - более 100 млн. пассажиров. В среднем ежегодно в мире происходит 60 авиакатастроф, причем в 35 случаях гибнут все люди. Для сравнения: ежегодно на дорогах мира гибнет 300 тыс. человек, в то время как в авиакатастрофах - менее 2000 человек.

Статистика утверждает, что самолеты - самый безопасный вид транспорта. Однако для сотен тысяч жертв авиакатастроф это не утешение.

3 января 1994 г. в Иркутске разбился самолет Ту-154, выполнявший рейс Иркутск - Москва. Через 12 минут полета самолет упал в 11 километрах от взлетно-посадочной полосы. В одно мгновение погибли 125 человек.

В гражданской авиации случаи полного или частичного разрушения воздушного судна, имеющего на борту пассажиров, принято называть *авиационными происшествиями*. Авиапроисшествия подразделяются на катастрофы, аварии и поломки.

Под *авиационной катастрофой* понимается авиaproисшествие, повлекшее за собой гибель хотя бы одного члена экипажа или пассажира, полное или частичное разрушение воздушного судна или его бесследное исчезновение.

Авиационная авария - происшествие, не приведшее к человеческим жертвам, но вызвавшее столь значительное разрушение самолета, что восстановительные работы невозможны или нецелесообразны.

Авиапроисшествия являются следствием так называемых особых ситуаций, снижающих уровень безопасности полета. Они могут возникнуть из-за отказа и неисправности отдельных элементов техники, воздействия неблагоприятных внешних условий (обледенение, молния и др.), недочетов в наземном обеспечении полетов, несоблюдения правил эксплуатации и пилотирования, нарушения устойчивости и прочности самолета.

Анализ авиакатастроф и аварий последних лет показывает, что **причины, приводящие к авиaproисшествиям, можно объединить в следующие группы:**

- ошибки человека - 50-60%;
- отказ техники - 15-30%;

- воздействие внешней среды - 10-20%;
- прочие (невыясненные) - 5-10%.

Более половины авиапроисшествий происходит на аэродромах и прилегающей территории. **По элементам полета они распределяются следующим образом:**

- взлет - 30%;
- крейсерский полет - 18%;
- заход на посадку - 16%;
- посадка - 36%.

Как видно из приведенных данных, не менее половины авиапроисшествий случается из-за ошибок человека, в подавляющем большинстве случаев - членов экипажа. Пассажир терпящего катастрофу самолета, прежде всего, должен следовать указаниям экипажа. Перед полетом внимательно прослушайте предполетную инструкцию стюардессы, запомните, где находятся аварийные люки (чаще всего - в районе крыльев), как пользоваться кислородными масками. Это пригодится, если авария произойдет на высоте свыше 3000 м.

Маску нужно одевать немедленно, как только вы услышите свистящий звук уходящего из салона воздуха. При малейших признаках треноги сразу пристегнитесь ремнем. Лучше надеть верхнюю одежду - она может защитить вас от ожогов, если придется выбираться из горящего самолета. Выньте из карманов все твердые предметы, включая ключи, авторучки, зажигалки, снимите очки, галстук и т. д.

Оптимальная поза при аварийной посадке: согнуться и плотно сцепить руки под коленями или схватиться за лодыжки. Голову необходимо положить на колени, если это не получается, то наклонить ее как можно ниже. Ноги надо поставить на пол, выдвинув их как можно дальше, но не под переднее кресло. Кресло, стоящее впереди, можно использовать для принятия другой фиксированной позы: скрещенные руки положить на спинку кресла, голову прижать к рукам, ноги вытянуть и упереться поясницей в нижнюю часть спинки своего кресла. Обе позы надо принимать при пристегнутом ремне безопасности. В момент удара необходимо максимально напрячься, подготовившись к значительной перегрузке. При большинстве аварий ее направление — вперед и, возможно, вниз.

Каждая пятая авария самолета сопровождается пожаром. Практический опыт показывает, что во время пожара за бортом у пассажира после приземления самолета будут одна - две минуты, чтобы покинуть салон. По данным Национального управления по безопасности перевозок США, более 70% людей, попавших в авиакатастрофы с пожарами, остаются в живых.

Главное при пожаре — после остановки самолета немедленно **отправиться к ближайшему выходу. При этом:**

- защитите свою кожу - на вас должны быть пальто, шапка, плед;
- не дышите дымом, защищайтесь одеждой, пробирайтесь к выходу на четвереньках;
- не стойте в толпе у выхода, если очередь не двигается, - помните, что есть другие выходы;
- не берите с собой ручную кладь - это может стоить вам жизни;
- не открывайте запасные люки в том месте, где снаружи огонь и дым;
- не становитесь сами причиной пожара: на борту самолета с огнем надо обращаться так, будто вы едете в бензовозе.

Анализ чрезвычайных ситуаций на самолетах выявил два опасных типа поведения пассажиров - паника и апатия. Чаше всего встречается оцепенение. Это следует помнить, чтобы не допустить у себя подобно)) реакции. Трезвое спокойствие - одно из главных условий спасения в любой катастрофе.

5.4. Аварии на водном транспорте.

В настоящее время под флагами более чем 130 стран мира воды Мирового океана бороздят примерно 60 тыс. крупнотоннажных судов. Около 4/5 транспортных перевозок на земном шаре осуществляется по воде. В морях и океанах постоянно находятся 25 тыс. судов, экипажи которых насчитывают около 1 млн. человек. По данным известного лондонского классификационного общества — Регистра судоходства Ллойда, ежегодно гибнет 350-400 судов, то есть ежедневно гибнет одно судно.

Принята следующая **классификация аварий и катастроф на водном транспорте:**

- кораблекрушение - гибель судна или его полное конструктивное разрушение;
- авария - повреждение судна или его нахождение на мели не менее 40 часов (для пассажирского - 12 часов).

К катастрофам в широком понимании этого слова можно отнести все кораблекрушения и аварии, повлекшие за собой человеческие жертвы.

Большинство крупных аварий и катастроф на судах происходит не под воздействием сил стихии (ураганы, штормы, туманы, льды), а по вине людей. Их **ошибки подразделяются на две группы:**

- допущенные при проектировании и строительстве судна;
- происшедшие в ходе его эксплуатации.

В подавляющем большинстве случаев причинами катастроф и крупных аварий являются ошибки второй группы.

Так, вследствие грубых ошибок в судовождении в 1986 г. в районе Новороссийска пароход «Адмирал Нахимов» столкнулся с грузовым судном. Оба судна потерпели кораблекрушение, а «Адмирал Нахимов» затонул, унеся с собой 430 жизней. 16 февраля 1985 г. теплоход «Михаил Лермонтов», совершавший туристский круиз в водах Новой Зеландии, из-за ошибки местного поймана налетел на подводную скалу, получил обширную пробоину и затонул; однако благодаря умелым действиям экипажа все 408 пассажиров были спасены.

Охрана жизни и спасение людей на море выходят за национальные рамки и являются международной проблемой. Об этом свидетельствует принятая в 1974 г. и ратифицированная СССР очередная Международная конвенция по охране человеческой жизни на море.

В помощи на море нуждается значительное число людей. В условиях мирного судоходства, несмотря на значительное повышение надежности судов и совершенствование техники мореплавания, кораблекрушения все же происходят. В конце XIX в. число кораблекрушений ежегодно превышало 1000: например, в 1894 г. Их было 1242. После второй мировой войны рекордным по числу кораблекрушений стал 1979 г., в течение которого, по данным Регистра судоходства Ллойда (Англия), погибло 373 судна общим тоннажем 900 тыс. регистровых тонн (статистика Ллойда учитывает только суда тоннажем 900 тыс. регистровых тонн и более). Если принять во внимание, что на морях и океанах плавают около 60 000

судов общим тоннажем более 200 млн. регистровых тонн, то потери и 1979 г. составили 0,0% от числа всех плавающих судов. Из всех видов транспорта морской является одним из наиболее безопасных.

Однако число кораблекрушений все еще велико. Поэтому периодически раздается принятый Международной конвенцией в Берлине 3 ноября 1906 г. сигнал бедствия SOS (••• - - •••), для беспрепятственного приема которого каждый час в течение 6 минут (с 15-й по 18-ю и с 45-н по 48-ю) на «частотах бедствия» - 500 и 2182 кГц - замолкают все радиостанции мира, и в эфире наступает тишина.

Прежде чем рассматривать рациональные меры борьбы за жизнь потерпевших кораблекрушение и определить время, в течение которого они должны быть спасены, необходимо выяснить причины их гибели. Из 200 тыс. ежегодных жертв морских катастроф около половины погибают у самого берега, примерно 50 тыс. человек оказываются непосредственно в воде и тонут тотчас же или вскоре после катастрофы в открытом море. Многие из них гибнут, очевидно, в результате переохлаждения в воде (об этом подробнее говорится дальше) и могут быть спасены только в том случае, если помощь подоспеет до наступления холодового шока.

Ежегодно около 50 тыс. человек погибают, уже находясь на спасательных средствах, причем задолго до того, как условия, в которых они оказались, становятся действительно смертельными. Каковы же причины их гибели?

Решающую роль играет моральный фактор: утрата мужества и разума, панический страх, чувство безнадежности. 90% пострадавших, оказавшихся на спасательных средствах, погибают в течение первых трех дней после кораблекрушения, когда никакой речи о гибели от жажды, а тем более от голода и быть не может. Более того, во многих случаях люди гибнут, несмотря на то, что у них имеются достаточные запасы воды и пищи. Например, первые суда подошли к месту гибели «Титаника» через три часа после его столкновения с айсбергом, а в спасательных шлюпках уже было много умерших и находившихся в состоянии реактивного психоза; примечательно, что среди них не было ни одного ребенка в возрасте до 10 лет.

Плот, на который перешли 149 человек с выбросившегося на отмель вблизи побережья Африки в 1916 г. фрегата «Медуза», был обнаружен через 12 дней; на нем имелись пресная вода и вино, но в живых на плоту осталось всего 15 человек, 10 из которых оказались при смерти и умерли на борту подобравшего их судна. Имеются примеры и противоположного характера. Капитан Блей, которого взбунтовавшаяся команда высадила на шлюпку с 8-суточным запасом пищи и воды, находился в открытом море 40 суток и выжил.

Во время Великой Отечественной войны защитник Севастополя моряк Черноморского флота Павел Ереско, оказавшись в шлюпке в открытом море, имея лишь одну банку консервов и употребляя для питья морскую воду, был подобран через 35 суток и остался в живых. Отсюда следует, что, сохранив мужество и надежду на спасение, вполне можно выжить, находясь на спасательных средствах в открытом море даже без пресной воды и пищи в течение длительного времени.

Отчаяние убивает вернее и быстрее, чем жажда, голод и любые другие физические лишения. При твердой уверенности в себе отчаяние и панический страх перед морской стихией сменяются надеждой на возможность выжить в течение времени, необходимого для того, чтобы из любой точки океана достичь берега по течению или ветру или встретить в море корабль (табл. 6.1).

Таблица 6.1 Примеры длительного пребывания в море

Год	Потерпевшие	Дни	Место	Спасательное средство	Покинутое судно
1998	5 костариканских рыбаков	140	Тихий океан	Плот	Рыболовецкое судно «Карлос 111»
1942	Пум Лайм	133	Атлантический океан	Плот, вода и пища на 50 дней	Торговое судно
1973	Супруги Бэйлет	117	Тихий океан	Плот	Яхта «Оралин»
1962	10 рыбаков	100	Тихий океан	Плот	Рыболовецкое судно «Буайкапу»
1953	2 пассажира	82	Индийский океан	Дрейфующая лодка	«Мэри Джоан»
1982	Стивен Каллахан	76	Атлантический океан	Плот	«Наполен Соло»
1978	Амброджио Фогар	74	Атлантический океан	Плот	«Сюрприз»
1952	Ален Бомбар	65	Атлантический океан	Каное «Еретик»	Добровольный потерпевший
1960	4 советских солдата	49	Тихий океан	Средство для высадки	-----
1943	Луи Замперини	47	Тихий океан	Плот	Гидросамолет
1954	Виктор Звезниекс	46	Тихий океан	Дрейфующая лодка	-----
1975	Яцек Палкевич	44	Атлантический океан	Спасательная шлюпка	-----

5.4.1 Характеристики спасательных средств.

Преодолевая чувства страха, безнадежности, отчаяния и одиночества, сохраняя мужество, душевную стойкость и надежду на спасение, потерпевшие кораблекрушение в открытом море имеют возможность выжить и достичь берега, если они окажутся на спасательных средствах. Поэтому Международная конвенция по охране человеческой жизни на море предусматривает снабжение морских судов спасательными средствами в количестве, достаточном для команды и всех пассажиров. Корабли и суда оснащаются спасательными средствами коллективного и индивидуального пользования. Основными средствами коллективного пользования являются спасательные шлюпки и плоты, а средствами индивидуального пользования — спасательные пояса, круги и шары.

В соответствии с Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море, спасательные **шлюпки морских судов должны удовлетворять следующим требованиям:**

- быть мореходными и непотопляемыми в любых условиях неограниченного района плавания; защищать людей, находящихся в шлюпке, от воздействия холода, зноя, дождя, снега и водяных брызг;
- должны быть снабжены запасом воды, нищи, рыболовными принадлежностями, аптечкой с медикаментами, химическими грелками; иметь навигационные приборы, морские карты и инструменты, средства сигнализации, радиопередатчики; легко приводиться в движение необученными людьми в любых погодных условиях;
- обладать скоростью хода, позволяющей быстро отойти от тонущего или горящего судна;
- иметь средства защиты от огня при переходе через разлившуюся на йоде горящую нефть.

Довольно надежным спасательным средством являются спасательные илоты различной вместимости, которые бывают жесткими и надувными. В последние годы все большее распространение получают надувные плоты, которые в нерабочем состоянии хранятся в герметичных пластмассовых контейнерах или парусиновых чехлах, закрепляемых на палубе корабля, а при необходимости заполняются газовой смесью (CO_2 с небольшим количеством N_2) из баллона, прикрепленного снаружи к днищу плота.

Требования к спасательным плотам, их оборудованию и аварийному снабжению определяются той же Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море. **Плот должен:**

- иметь возможность быть спущенным на воду даже при наихудших погодных условиях;
- позволять одному человеку быстро поправить плот, если он надувается в перевернутом состоянии;
- обеспечивать потерпевшим хорошую защиту от холода, жары и волн;
- быть относительно легким;
- стоить дешевле спасательных лодок;
- быть прочным - выдерживать бросок с высоты 18 метров.

По сравнению со спасательными шлюпками **плоты имеют некоторые недостатки;**

- не управляются;
- не позволяют быстро удаляться от горящего судна;
- потерпевшие часто вынуждены производить посадку в него из воды;
- менее прочны.

Срок службы спущенного на воду плота при температуре воды от -30 до $+66^\circ\text{C}$ должен составлять не менее 30 дней. Баллон с газом позволяет автоматически надувать плот в течение 20-50 с (табл. 6.2).

Таблица 6.2 Параметры отечественных надувных плотов

Марка плота	Вместимость, чел.	Ширина, м.	Длина, м.	Высота, м.	Диаметр баллона, м.	Грузоподъемность, т.	Полный вес, кг	Чистый вес, кг
ПСН-6М	6	1.85	3,05	1,2	0,5	0,8	100	30

ПСН-10М	10	2,35	3,7	1,35	0,5	1,2	145	45
---------	----	------	-----	------	-----	-----	-----	----

Спасательные средства индивидуального пользования делятся на две группы. К первой относятся средства, надеваемые заблаговременно при угрозе гибели судна или возможности падения человека в воду: спасательные нагрудники, пояса, жилеты и бушлаты. Вторую группу составляют спасательные средства (круги, шары, спасательные концы), которые предназначены для оказания помощи людям, неожиданно оказавшимся в воде. Основное требование к спасательным средствам индивидуального пользования следующее: придавая человеку дополнительную плавучесть, они должны поддерживать его на воде в таком положении, чтобы он мог дышать даже в случае потери сознания. Этому требованию удовлетворяют нагрудники и жилеты, охватывающие шею.

Индивидуальные средства должны также иметь приспособления, обеспечивающие поиск человека, находящегося в воде. Поэтому они обычно имеют желто-оранжевую окраску, наиболее сильно контрастирующую с цветом морской воды, и на них устанавливаются светящиеся буйки или специальные огни для обеспечения поиска в темное время суток. Большое значение для эффективного использования индивидуальных спасательных средств имеет продуманное размещение их по палубам и помещениям, чтобы люди на судне (корабле), терпящем катастрофу, легко могли их найти. Таким образом, результатом кораблекрушения не является фатальная неизбежность гибели человека на море. У него достаточно средств и возможностей, чтобы выжить. Надо только обладать мужеством, волен и стремлением выйти победителем из создавшейся ситуации.

5.4.2. Действия терпящих кораблекрушение.

Известный в мире специалист по проблемам выживания в экстремальных ситуациях Яцек Палкевич утверждает, что «...нельзя бросать вызов морю, как некоторые думают. Силы природы в море слишком могущественны, чтобы равняться с ними. Нужно бороться против собственной слабости и страха».

Кораблекрушение — это всегда самое драматическое событие, при котором экипаж подвергается тяжелым испытаниям. Основное правило поведения при кораблекрушении: пока потеря судна не является неизбежной, не спешите его покидать. Опыт показывает, что время его погружения обычно дольше, чем думают. Когда капитан подает сигнал «Покинуть корабль», весь экипаж и пассажиры немедленно должны направиться в заранее определенные места. **Прежде чем покинуть судно, необходимо:**

- сохранять спокойствие и не создавать беспорядок;
- помогать тому, кто находится в затруднении;
- надеть теплую одежду;
- правильно надеть спасательный жилет;
- выпить побольше воды.

5.4.3. Высадка с судна.

Если есть возможность, надо стараться высаживаться на илот (шлюпку), не входя в воду, так как сухая одежда лучше защищает от холода. Если вы вынуждены прыгать прямо в воду, проверьте, что спасательный жилет надежно закреплен. Если он надет правильно, то позволяет прыгать с высоты 4,5 метра над уровнем воды.

Для прыжка следует использовать следующую технику:

- соединить колени и держать ноги слегка согнутыми;
- одной рукой закрыть нос и прикрыть рот;
- другой рукой крепко схватить жилет, положив руку под мышку, блокируя ее локтем, - так жилет не поднимется вверх и не накроет голову.

Если коллективные спасательные средства отсутствуют, ночью необходимо привести в действие лампочку, встроенную в жилет, выдернув две пробки из батарейки; днем, когда слышится шум самолета, открыть пакет растворимого красителя (уранина), проверить действие свистка.

После высадки на плот необходимо предпринять следующие действия:

- помочь другим подняться на плот;
- собрать плавающие по воде предметы, которые впоследствии могут вам помочь во время ожидания помощи;
- закрыть специальными пробками клапаны безопасности; а проверить возможные потери;
- открыть пакет со стандартным оборудованием плота, чтобы проверить его содержимое;
- начать лечение раненых и успокоить упавших духом;
- как можно лучше осушить внутренности плота;
- спустить в воду плавучий якорь, который позволит медленнее удаляться от места бедствия, сообщит спасательному средству большую стабильность при бурном море и позволит избежать брызг;
- держать наготове сигналы, чтобы позвать на помощь;
- стараться разглядеть кого-нибудь и что-нибудь, например, находящихся в воде людей или спасательные суда;
- не расходовать бесцельно ракеты и дымовые шашки, если не существует реальных возможностей быть замеченными.

Пищу надо раздавать, начиная со второго дня нахождения на плоту (шлюпке). Следует помнить, что нельзя есть, если нет питьевой воды. Нужно избегать пить воду в первые 24 часа, чтобы организм мог привыкнуть к новой ситуации. В день надо выпивать 0,5 л. воды, смачивая губы и подержав жидкость во рту, прежде чем проглотить. Пить маленькими глотками.

Контрольные вопросы

1. Назовите стадии развития чрезвычайных ситуаций.
2. Дайте классификацию ЧС техногенного происхождения по производственному признаку и в зависимости от природного происхождения.
3. Что такое производственная или транспортная катастрофа?
4. Чем отличается авария от катастрофы?

5. Перечислите поражающие факторы чрезвычайных ситуаций.
6. Назовите виды дорожно-транспортных происшествий.
7. В чем заключаются особенности безопасного поведения в метро?
8. В чем заключается безопасное поведение при следовании железнодорожным транспортом?
9. Как классифицируются авиационные аварии?
10. Как следует покидать судно, терпящее кораблекрушение?

Глава 6. Пожары и взрывы.

6.1 Краткая характеристика и классификация пожаро- и взрывоопасных объектов.

Созидательная деятельность человека направлена на получение энергии, ее накопление и последующее использование. При этом возможны случаи неконтролируемого выхода энергии с переходом более высокого энергетического потенциала на низший уровень. Этот процесс обусловлен физико-химическими превращениями в веществе - потенциальном носителе энергии. В этом случае часть энергии способна реализоваться в виде взрывов, пожаров и механических воздействий.

Результат распределения энергии по видам характеризует степень опасности для человека и окружающей территории (далее - объекта безопасности), которая обусловлена негативным воздействием на объект безопасности и заключается в формировании опасных факторов, часть из которых может быть поражающими. Объекты, на которых могут возникать опасные явления со взрывами и пожарами, относят к классу взрывопожароопасных.

Потенциальными объектами аварии, связанных со взрывом, являются хранилища и склады взрыво- и пожароопасных веществ. Сюда относятся нефтесклады и нефтебазы, склады ракетного топлива, артиллерийских боеприпасов, склады инженерных боеприпасов, склады взрывчатых веществ (ВВ) и т. д.

Особую опасность представляют групповые пожары резервуарных парков нефтебаз, расположенных в городах. Развитие градостроительства привело к тому, что в России около 500 нефтебаз оказались в черте городской застройки. Из них 321 находятся в промышленных районах или зонах городов, 119 - в промышленно-жилых районах и 54 - в жилых районах или центре города, причем 20 - рядом с железнодорожными вокзалами. Производственные фонды нефтебаз, расположенных в городах, сильно изношены, 90 из них построены еще до 1917 г.

По взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности все промышленные производства подразделяются на **6 категорий** - А, Б, В, Г, Д, Е:

- А - нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, склады нефтепродуктов и т. д. (наиболее опасные);
- Б - цехи приготовления и транспортировки угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, выбойные и размольные отделения мельниц и др.;
- В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, мебельные, лесотарные и другие предприятия.

Производства категорий Г, Д, Е не представляют такой серьезной опасности, как первые три. Очевидно, что степень опасности перечисленных объектов зависит от количества потенциальной энергии, способной реализоваться в виде взрывов и/или пожаров. В связи с этим федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (далее - ОПО), принятым Государственной Думой 20 июня 1997 г., определены **две категории** ОПО, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся и транспортируются следующие опасные вещества:

- воспламеняющиеся вещества - газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20°C и ниже;

- окисляющие вещества - вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и/или способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;
- горючие вещества - жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;
- взрывчатые вещества - вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов.

Другую категорию ОПО представляют объекты, использующие оборудование под давлением более 0,07 МПа или с температурой воды более 115°C. Такими объектами могут быть не только промышленные предприятия, но также транспортные средства со взрывоопасным грузом, некоторые объекты соцкультбыта. В соответствии с федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определены предельные нормы опасных веществ, наличие которых на взрывопожароопасном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Предельное количество опасных веществ, определяющее обязательность разработки декларации промышленной безопасности

Наименование и вид опасных веществ пожаровзрывоопасного вещества	Предельное количество, т
Аммиак	500
Нитрат аммония (аммиачная селитра)	2500
Нитрат аммония в форме удобрений	10 000
Акрилонитрил	200
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтористый водород	50
Сернистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Алкилы	50
Метилизоциант	0,15
Воспламеняющиеся газы	200
Горючие жидкости, находящиеся на товарно-сырьевых базах	50 000
Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу	200
Взрывчатые вещества	50

6.2 Классификация и краткая характеристика пожаров и взрывов как причин ЧС.

6.2.1 Виды пожаров.

В соответствии с федеральным законом «О пожарной безопасности» пожаром называется неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

В физико-химической основе пожара лежит процесс горения.

Горение - это сложный физико-химический процесс превращения горючих веществ и материалов в продукты сгорания, сопровождаемый интенсивным выделением тепла, дыма и световым излучением. В основе этого процесса лежат быстротекущие химические реакции окисления в атмосфере кислорода воздуха. Особенности горения на пожаре, в отличие от других видов горения, являются склонность к самопроизвольному распространению огня, сравнительно невысокая степень полноты сгорания, интенсивное выделение дыма, содержащего продукты полного и неполного окисления.

Все пожары можно классифицировать по внешним признакам горения, месту возникновения и времени прибытия пожарных подразделений. По внешним признакам горения пожары делятся на наружные, внутренние, одновременно наружные и внутренние, открытые и скрытые.

К наружным относятся пожары, у которых признаки горения (пламя, дым) можно установить визуально.

К внутренним относятся пожары, которые возникают и развиваются внутри здания. Они могут быть открытыми и скрытыми.

Признаки горения при **открытых** пожарах можно установить во время осмотра помещений.

При скрытых пожарах горение протекает в пустотах строительных конструкций, вентиляционных каналах и шахтах, внутри торфяной залежи, штабелей торфа и т. д. При этом признаки горения обнаруживаются по выходу дыма через щели, изменению цвета штукатурки, нагретости плоскостей конструкций, при вскрытии или разборке штабелей и конструкций.

Наиболее сложными являются пожары одновременно наружные и внутренние, открытые и скрытые. С изменением обстановки изменяется вид пожара. Так, при развитии пожара в здании скрытое внутреннее горение может перейти в открытое внутреннее, а внутреннее - в наружное, и наоборот.

Пожары могут возникать в зданиях, сооружениях, на открытых площадках складов и на сгораемых массивах (лесные, степные, торфяные и пожары на хлебных полях).

По времени прибытия первых пожарных подразделений пожары подразделяются на запущенные и незапущенные. К запущенным относятся пожары, которые до прибытия первых пожарных подразделений получили значительное развитие (например, из-за позднего обнаружения или оповещения пожарной охраны). Для тушения запущенных пожаров, как правило, оказывается недостаточно сил и средств первых пожарных подразделений. Незапущенные пожары в большинстве случаев ликвидируются силами и средствами первого прибывшего подразделения, населением или рабочими объекта.

По масштабам и интенсивности пожары подразделяются на следующие виды

Отдельный пожар - это пожар, возникающий в отдельном здании или сооружении. Продвижение людей и техники по застроенной территории между отдельными пожарами возможно без средств защиты от теплового излучения.

Сплошной пожар - одновременное интенсивное горение преобладающего количества зданий и сооружений на данном участке застройки. Передвижение людей и техники через участок сплошного пожара невозможно без средств защиты от теплового излучения.

Огневой шторм - это особая фаза распространяющегося сплошного пожара, характерными признаками которого являются наличие восходящего потока продуктов сгорания и нагретого воздуха, а также приток свежего воздуха со всех сторон со скоростью не менее 50 км/ч по направлению к границам огневого шторма.

Массовый пожар представляет собой совокупность отдельных и сплошных пожаров.

Пожары характеризуются рядом параметров, в том числе следующими:

- *продолжительность пожара* - время с момента его возникновения до полного прекращения горения;
- *площадь пожара* - площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость;
- *зона горения* - часть пространства, в котором происходит подготовка горючих веществ к горению (подогрев, испарение, разложение) и собственно горение;
- *зона теплового воздействия* - часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов и конструкций и где невозможно пребывание людей без специальной тепловой защиты (теплозащитных костюмов, отражательных экранов, водяных завес и т. п.);
- *зона задымления* - часть пространства, примыкающая к зоне горения и заполненная дымовыми газами в концентрациях, угрожающих жизни и здоровью людей или затрудняющих действия пожарных подразделений.

Некоторые параметры пожара характеризуют динамику его распространения.

Распространение пожара - процесс распространения зоны горения по поверхности материалов за счет теплопроводности, тепловой радиации и конвекции. Основную роль в распространении пожара играет тепловая радиация пламени. **Тепло в окружающую среду передается за счет:**

- теплопроводности;
- конвекции;
- излучения.

Пожар в основном распространяется в сторону своего фронта. *Фронт сплошного пожара* - это граница сплошного пожара, по которой огонь распространяется с наибольшей скоростью.

Еще одна группа параметров, характеризующих пожар - температурная. *Температура внутреннего пожара* - это среднеобъемная температура газовой среды в помещении. *Температура открытого пожара* - температура пламени. Температура внутренних пожаров, как правило, ниже, чем открытых.

Наиболее сложные и губительные пожары случаются на пожароопасных объектах, а также объектах, на которых при пожарах образуются вторичные факторы поражения и имеет место массовое скопление людей. В частности, **к таким сложным пожарам относятся:**

- пожары и выбросы горючей жидкости в резервуарах нефти и нефтепродуктов;
- пожары и выбросы газовых и нефтяных фонтанов;
- пожары на складах каучука, резинотехнических изделий, предприятий резинотехнической промышленности;
- пожары на складах лесоматериалов, деревообрабатывающей промышленности;
- пожары на складах и хранилищах химикатов;
- пожары на технологических установках предприятий химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности;
- пожары в жилых домах и учреждениях соцкультбыта, возведенных из дерева.

Последствия пожаров обусловлены действием *их поражающих факторов*.

Основными из них являются:

- *непосредственное* действие огня на горящий предмет (горение);
- *дистанционное* воздействие на предметы и объекты высоких температур за счет излучения. В результате происходит сгорание предметов и объектов, их обугливание, разрушение, выход из строя. Действие высоких температур вызывает пережог, деформацию и обрушение металлических ферм, балок перекрытий и других конструктивных деталей сооружений. Кирпичные стены и столбы деформируются. В кладке из силикатного кирпича при длительном нагревании до 500-600°C наблюдается расслоение кирпича, трещины и разрушение материала;
- *воздействие токсичных продуктов горения*. При пожаре в современных зданиях, при строительстве которых применялись полимерные и синтетические материалы, человек испытывает воздействие токсичных продуктов горения. Хотя в продуктах горения содержится 50-100 видов химических соединений, оказывающих токсическое воздействие, причиной гибели людей на пожарах является отравление *оксидом углерода*. Оксид углерода опасен тем, что он реагирует с гемоглобином крови в 200-300 раз активнее, чем кислород, вследствие чего красные кровяные тельца утрачивают способность снабжать организм кислородом. В 50-80% случаев гибель людей на пожарах вызывается отравлением оксидом углерода и недостатком кислорода.

Вторичными последствиями пожаров могут быть взрывы, утечка ядовитых или загрязняющих веществ в окружающую среду. Большой ущерб не затронутым пожаром помещениям и хранящимся в них предметам может нанести вода, используемая для тушения пожара. Тяжелые социальные и экономические последствия пожара - это прекращение выполнения объектом, разрушенным пожаром, своих хозяйственных или иных функций.

6.2.2. Классификация взрывов.

Взрыв - это процесс выделения энергии за короткий промежуток времени, связанный с мгновенным физико-химическим изменением состояния вещества, приводящим к возникновению скачка давления или ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов или паров, способных производить работу (ГОСТ Р22.0.8.-96).

Взрывы, вызывающие тяжелые аварии и человеческие жертвы, часто происходят на промышленных предприятиях. Взрываются котлы в котельных, газы, аппараты, продукция и полуфабрикаты на химических предприятиях, пары бензина и других компонентов на нефтеперегонных заводах, мучная пыль на мельничных комбинатах и зерновых элеваторах, сахарная пудра на сахарно-рафинадных заводах, древесная пыль и лакокрасочные пары на деревообрабатывающих комбинатах, газовые конденсаты при утечке из газопроводов и т. д. Случаются взрывы при перевозке взрывчатых веществ транспортом (например, 4 октября 1988 г. на станции Свердловск-Сортировочная Свердловской железной дороги взорвались два вагона, где находились 47,9 т тротила и 41 т гексогена).

Особенно подвержены взрывам с тяжелыми последствиями шахты и рудники, где взрываются угольная пыль и рудничный газ. Наиболее частой причиной взрыва является искра, в том числе в результате накопления статического электричества. Причиной взрыва может стать халатность и недисциплинированность работников ОПО (взрыв вагонов на станции Свердловск-Сортировочная произошел из-за халатности железнодорожного диспетчера, грубо нарушившего правила производства маневренных работ и обращения с вагонами, содержащими разрядный опасный груз).

При авариях, связанных со взрывами, происходят сильные разрушения, а зачастую - большие людские потери. Разрушения являются следствием *бризантного* (разрушительного) действия продуктов взрыва и воздушной ударной волны. Характер и размеры зоны разрушений зависят от мощности взрыва и параметров ударной волны - избыточного давления на фронте волны и длительности действия давления. Разрушения от ударной волны вызываются как фазой сжатия, так и фазой разрежения, причем последняя может стать определяющей для целостности некоторых конструкций.

Аварии, связанные со взрывами, часто сопровождаются пожарами. Иногда взрыв приводит к незначительным разрушениям, но вызванный им пожар может иметь катастрофические последствия: более мощные взрывы и более сильные разрушения.

Взрыв приводит к образованию сильно нагретого газа (плазмы) с очень высоким давлением, который при моментальном расширении оказывает ударное механическое воздействие (давление, разрушение) на окружающие тела. Взрыв в твердой среде сопровождается ее разрушением и дроблением, в воздушной или водной среде вызывает образование воздушной или гидравлической ударной волны, которые разрушают помещенные в них объекты. Взрывы происходят за счет освобождения химической энергии (главным образом взрывчатых веществ), внутриядерной энергии (ядерный взрыв), электромагнитной энергии (искровой разряд, лазерная искра и др.), механической энергии (при падении метеоритов на поверхность Земли и др.), энергии сжатых газов (при превышении давления предела прочности сосуда - баллона, трубопровода и т. п.).

На взрывоопасных объектах возможны следующие виды взрывов:

- неконтролируемое резкое высвобождение энергии за короткий промежуток времени в ограниченном пространстве (взрывные процессы);
- образование облаков топливовоздушных смесей или других газообразных, пылевоздушных веществ, вызванное их быстрыми взрывными превращениями (объемный взрыв);
- взрывы трубопроводов, сосудов, находящихся под высоким давлением или с перегретой жидкостью (прежде всего резервуаров со сжиженным углеводородным газом).

Основными поражающими факторами взрыва являются:

- воздушная ударная волна (при дефлаграционном взрыве - волна сжатия) - избыточное давление в ее фронте (передней границе);
- осколки.

В результате действия поражающих факторов взрыва происходит разрушение или повреждение зданий, сооружений, технологического оборудования, транспортных средств, элементов коммуникаций и других объектов, гибнут или получают ранения люди. Вторичными последствиями взрывов являются поражение людей, находящихся внутри объектов, обломками обрушенных конструкций зданий и сооружений, их погребение под обломками. При взрывах люди получают термические и механические повреждения, черепно-мозговые травмы, множественные переломы и ушибы, комбинированные повреждения.

Для предотвращения взрывоопасных ситуаций на предприятии принимается комплекс мер, которые зависят от вида выпускаемой продукции. Многие меры являются специфическими, характерными только для одного или нескольких видов производства. Но существуют меры, соблюдать которые необходимо на любых химических производствах.

В первую очередь, все взрывоопасные производства, хранилища, базы, склады, где хранятся взрывчатые вещества, необходимо по возможности размещать в незаселенных или малозаселенных районах. Если это невозможно, строить их необходимо на безопасных расстояниях от населенных пунктов (табл. 7.2).

Таблица 10.2. Безопасные расстояния от хранилищ взрывчатых веществ до населенных пунктов

Емкость наибольшего хранилища ВВ, т	Минимальные расстояния, м
До 10	800
До 15	1000
До 30	1500
До 60	2000
До 80	2250
До 240	3500

Причинами аварий на химических производствах могут быть прекращение подачи электроэнергии, снижение подачи пара и воды в магистральных

трубопроводах, в результате чего нарушается технологический режим и создаются чрезвычайно опасные аварийные ситуации.

Надежность обеспечения электроэнергией взрывоопасных производств достигается установкой автономных источников электроснабжения систем защиты производства и аварийного освещения. В качестве дополнительного источника электроэнергии используются генераторы с двигателями внутреннего сгорания, паровые турбины и аккумуляторные батареи с соответствующей аппаратурой, преобразующей постоянный ток в переменный.

На протяженных трубопроводах через каждые 100 км рекомендуется располагать аварийные бригады. Они должны быть оснащены специально оборудованными автомашинами, укомплектованными набором средств, обеспечивающих возможность быстро проникать в загазованную зону и принимать необходимые меры предупреждения, локализации и ликвидации аварий.

6.3. Взрывы конденсированных взрывчатых веществ, газо-, паро- и пылевоздушных смесей.

Пожары и взрывы представляют собой явления, в результате которых исходное вещество переходит в качественно новое состояние. Схожесть этих процессов заключается в преобразовании энергии межмолекулярных и межатомных связей в энергии меньшего уровня, принимающие форму тепловой и кинетической, и образовании веществ, плотность которых гораздо меньше первоначальной.

Процессы, лежащие в основе пожаров, только химические, а в основе взрывов - и химические, обусловленные реакцией окисления, и физические. При этом для пожаров характерны только диффузионные реакции, а для взрывов газопаровоздушных (ГПВС) и пылевоздушных смесей (ПЛВС) - только кинетические.

Обычно под горением понимается самоускоряющееся быстрое химическое превращение, сопровождающееся интенсивным выделением тепла и света. Это определение не универсально. Существует целый класс химических реакции, протекающих с так называемым холодным пламенем и умеренной скоростью. Однако холодное пламя возникает лишь в особых условиях и интересует нас лишь постольку, поскольку возможен его переход в обычное горячее пламя. Соответственно, *пламенем* (горячим) называется газообразная среда, в которой интенсивная химическая реакция приводит к свечению, выделению тепла и саморазогреву.

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

Конденсированные взрывчатые вещества. Под конденсированными взрывчатыми веществами (КВВ) понимаются химические соединения или смеси, находящиеся в твердом или жидком состоянии, которые под влиянием

определенных внешних условий способны к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с образованием сильно нагретых и обладающих большим давлением газов, которые, расширяясь, производят механическую работу. Такое химическое превращение ВВ принято называть взрывчатым превращением.

Взрывчатое превращение в зависимости от свойств взрывчатого вещества и вида воздействия на него может протекать в виде взрыва или горения. Взрыв распространяется по взрывчатому веществу с большой переменной скоростью, измеряемой сотнями или тысячами метров в секунду. Процесс взрывчатого превращения, обусловленный прохождением ударной волны по взрывчатому веществу и протекающий с постоянной (для данного вещества при данном его состоянии) сверхзвуковой скоростью, называется *детонацией*. В случае снижения качеств ВВ (увлажнение, слеживание) или недостаточного начального импульса детонация может перейти в горение или совсем затухнуть - такая детонация называется неполной.

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

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

- механическим (удар, накол, трение);
- тепловым (искра, пламя, нагревание);
- электрическим (нагревание, искровой разряд);
- химическим (реакции с интенсивным выделением тепла);
- взрывом другого заряда ВВ (взрыв капсуля-детонатора или соседнего заряда).

Все ВВ, применяемые в производстве, делятся на три основные группы: иницирующие, бризантные, метательные (пороха) (табл. 7.3).

Таблица 7.3. Классификация КВВ

Группа	Характеристика. Примеры веществ
I	Чрезвычайно опасные вещества. Нестабильны. Взрываются даже в самых малых количествах. Трихлорид азота; некоторые органические пероксидные соединения; ацетиленид меди, образующийся при контакте ацетилена с медью или медесодержащим сплавом
II	Первичные ВВ. Менее опасные вещества. Иницирующие соединения. Обладают очень высокой чувствительностью к удару и тепловому воздействию. Используются в основном в капсулях-детонаторах для возбуждения

	детонации в зарядах ВВ. Азид свинца, гремучая ртуть (фульманг ртути)
III	Вторичные ВВ (бризантные ВВ). Возбуждение детонации в них происходит при воздействии достаточно сильной ударной волны. Последняя может создаваться в процессе их горения или с помощью детонатора. Как правило, ВВ этой группы сравнительно безопасны в обращении и могут храниться в течение длительных промежутков времени. Динамиты, тротил, гексоген, октоген, центратил.
IV	Метательные ВВ, пороха. Чувствительность к удару очень мала, относительно медленно горят. Баллиститные пороха - смесь нитроцеллюлозы, нитроглицерина и других технологических добавок. Загораются от пламени, искры или нагрева. На открытом воздухе быстро горят. В закрытом сосуде взрываются. На местах взрыва черного пороха, содержащего азотнокислый калий, серу и древесный уголь в соотношениях 75:15:10. остается черный остаток, содержащий углерод. Смесевые твердые ракетные топлива - смесь перхлората аммония (или другого твердого окислителя) и органического связующего (например, полиуретана)

В этой таблице приведена существующая классификация ВВ, которая является условной, так как поведение указанных веществ зависит от условий, в которых они находятся, и способов инициирования. Так, например, аммиачная селитра, используемая в качестве сельскохозяйственного удобрения и даже не относимая некоторыми специалистами к числу ВВ, проявляет себя как весьма сильное взрывчатое вещество, о чем свидетельствуют данные об авариях. Так в г. Людвигсгафен (Германия) в 1921 г. на территории компании BASF произошел гигантский взрыв аммиачной селитры массой 4500 т, в результате пострадало более 2000 человек, в том числе погиб 561 человек.

ВВ в зависимости от их природы и состояния обладают **определенными взрывчатыми характеристиками. Наиболее важными из них являются:**

- чувствительность к внешним воздействиям;
- энергия (теплота) взрывчатого вещества;
- скорость детонации;
- бризантность;
- фугасность (работоспособность).

Количественные значения основных характеристик некоторых КВВ приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Характеристики некоторых взрывчатых веществ

Взрывчатое вещество	Теплота взрыва, кЖд/кг	ТНТ-эквивалент*	Плотность, г/см ³	Скорость детонации, км/с	Давление детонации, ГПа
Гексоген	5360	1,85	1,65	8,7	34,0

Октоген	5680	1,236	1,90	9,11	38,7
Октол (70% гексогена + 30% ТНТ)	4500	0,994	1,80	8,48	34,2
ТЭН	5800	1,282	1,77	8,26	34,0
Пентолит 50/50 (50% ТЭН + 50% ТНТ)	5110	1,129	1,66	7,47	28,0
Пикриновая кислота	4180	0,926	1,71	7,26	26,5
ТНТ	4520	1,000	1,60	6,73	21,0
РВХ 9404 (94% октогена + 3% нитроцеллюлозы + 3% пластификатора)	5770	1,227	1,844	8,80	37,5

*ТНТ-эквивалент определяется из соотношения теплоты взрыва исследуемого вещества и тринитротолуола.

Как видно из таблицы, из-за высокой начальной плотности конденсированных ВВ при их детонации развиваются колоссальные давления - до 39 ГПа.

Пылевоздушные смеси и особенности их горения. Некоторые промышленные производства сопровождаются образованием ПЛВС. Практически все взрывы ПЛВС происходят в ограниченном пространстве, тогда как взрывы ГПВС могут происходить как в ограниченном, так и в неограниченном пространстве. Пылевоздушную смесь иногда называют пылевым облаком, а взрыв ПЛВС - взрывом пылевого облака. Опыт ликвидации ЧС на взрывопожароопасных производствах позволяет сделать вывод о возможности таких взрывов в мукомольном производстве, на зерновых элеваторах (мучная пыль), при обращении с красителями, серой, сахаром, другими порошкообразными пищевыми продуктами, в производстве пластмасс, лекарственных препаратов, на установках дробления топлива (угольная пыль), в текстильном производстве.

Механизм взрыва пыли аналогичен процессу окисления перемешанных ГПВС, когда окислителем выступает кислород воздуха. При этом процесс окисления протекает на поверхности твердых частиц пыли. Интенсивность горения ПЛВС зависит от размера частиц и содержания кислорода в системе. Мелкодисперсная пыль обладает большей активностью, более низкой температурой самовоспламенения и широким интервалом между нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости. Если концентрация пыли в определенном объеме недостаточна (то есть расстояние между отдельными частицами, находящимися во взвешенном состоянии, велико), то перенос пламени от частицы к частице невозможен, и значит, взрыв не произойдет. Чрезмерно большое количество пыли также препятствует взрыву, так как в этом случае слишком мало кислорода для сгорания пыли. **Уровень опасности пыли, так же, как и ГПВС, характеризуется следующими основными показателями:**

- концентрационными пределами воспламенения;
- объемной плотностью энергивыделения;

- максимальным давлением, возникающим при воспламенении;
- скоростью распространения пламени;
- временем нарастания давления при взрыве;
- максимально допустимым содержанием кислорода в смеси пыли с воздухом, при котором пыль не воспламеняется.

Взрывоопасные ПЛВС могут возникать спонтанно, например, при встряхивании осевшей пыли. В замкнутом объеме технологического аппарата начавшееся горение и распространение пламени в ПЛВС приводит к быстро нарастающему повышению давления, что может вызвать разрыв аппарата, а затем и взрыв в помещении. Так как в условиях производства довольно сложно создать высокие концентрации пыли, то возможности взрывов ПЛВС оценивают по нижнему концентрационному пределу распространения пламени и смеси.

Под максимальным давлением взрыва ПЛВС понимается наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном горении в замкнутом объеме при начальном атмосферном давлении. Максимальное давление взрывов различных ПЛВС составляет от 700 до 1200 кПа, то есть может превышать атмосферное давление в 7-12 раз.

Особенности физического взрыва. Физические взрывы, как правило, связывают со взрывами сосудов от давления паров и газов. Их основной причиной является не химическая реакция, а *физический процесс*, обусловленный высвобождением внутренней энергии сжатого или сжиженного газа. Сила таких взрывов зависит от внутреннего давления, а разрушения вызывают ударная волна от расширяющегося газа или осколки разорвавшегося сосуда. Физический взрыв может произойти в случае, например, падения переносного баллона с газом под давлением и срыва вентиля, понижающего давление. Давление сжиженного газа редко превышает 40 бар (критическое давление большинства обычных сжиженных газов).

К физическим взрывам относится также явление так называемой *физической детонации*. Оно возникает при смешении горячей и холодной жидкостей, когда температура одной из них значительно превышает температуру кипения другой (например, при выливании расплавленного металла в воду). Физическая детонация сопровождается возникновением ударной волны с избыточным давлением в жидкой фазе, достигающим в некоторых случаях более *1000 атм*. Этот процесс наблюдается в производстве при взаимодействии, например, расплавленного алюминия с водой (при аварии на атомном реакторе), контакте с водой расплавленной стали (в литейном цехе) или расплава солей (Na_2CO_3 и Na_2S) — при производстве бумаги.

Взрыв вулкана Каракатау в 1883 г. - пример физической детонации, так как он возник в результате взаимодействия расплавленной лавы с водой. Гул взрыва был слышен на расстоянии 5000 км в течение четырех часов после события.

Многие жидкости хранятся или используются в условиях, когда давление их паров значительно превышает атмосферное. К числу таких жидкостей относятся сжиженные горючие газы (например, пропан, бутан), сжиженные хладагенты - аммиак или фреон (храняемые при комнатной температуре), метан, который должен храниться при пониженной температуре, перегретая вода в паровых котлах. Если емкость с перегретой жидкостью повреждается, то происходит истечение пара в окружающее пространство и быстрое частичное испарение жидкости. При быстрых расширении и истечении пара в окружающей среде генерируются взрывные волны.

Причинами взрывов сосудов с газами и парами под давлением являются:

- нарушение целостности корпуса из-за поломки какого-либо узла, повреждения или коррозии при неправильной эксплуатации;
- перегрев сосуда из-за нарушений в электрообогреве или режиме работы топочного устройства. В этом случае давление внутри сосуда повышается, а прочность корпуса понижается до состояния, при котором происходит его повреждение. Реальные взрывы сосудов будут менее интенсивными, чем расчетные, так как пластичность материала обуславливает более медленный разрыв сосуда;
- превышение допустимого давления. Например, крупный паровой котел общего назначения может взорваться, если внутреннее давление повысится на 10-15 кПа. Повышение давления может произойти вследствие утечки пара в топку, вызванной повреждением трубы или водяного коллектора. Эти быстро протекающие аварийные процессы делают невозможным сброс избыточного давления в котле.

Взрывы газовых емкостей с последующим горением в атмосфере имеют те же причины, что и у физических взрывов. Основное различие заключается в образовании в данном случае *огненной шара*, размер которого зависит от количества выброшенного в атмосферу газообразного горючего. Оно, в свою очередь, зависит от физического состояния, в котором находится газ в емкости. Количество газообразного горючего намного меньше, чем сжиженного, содержащегося в топ же емкости.

Таким образом, пожары являются результатом химических экзотермических реакций, а взрывы - физических превращений, они образуют зоны, в которых действуют опасные факторы. Определить параметры опасных зон для интересующего объекта - значит, оценить опасность. Учесть эту опасность, удалить объект из опасной зоны, уменьшить ее размеры либо повысить защитные свойства объекта — значит, решить проблему его безопасности.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение пожара. Как классифицируются пожары?
2. Назовите опасные факторы при пожаре.
3. Назовите правила поведения во время пожара.
4. Что такое взрыв? Перечислите поражающие факторы взрыва.
5. Какими бывают взрывы в зависимости от среды, в которой они происходят?

Глава 7. Гидродинамические аварии.

7.1. Водные ресурсы и водное хозяйство страны.

Вода играет большую роль в народном хозяйстве и жизни человека. Запасы воды на Земле велики — это воды озер, морей и океанов; воды речного стока; грунтовые воды. Вода распределяется неравномерно по земной поверхности и во времени и может быть различного качества. В стране есть засушливые районы и районы, страдающие от избыточного увлажнения земной поверхности. Часто весной избыток воды причиняет ущерб определенной территории, а в другое время года этот же район может страдать от ее недостатка.

Из-за отмеченной неравномерности распределения воды часто приходится проводить ряд дорогостоящих инженерных мероприятий, преследующих цель получить воду в данном месте и в определенном ее количестве в определенный момент времени. Совокупность такого рода инженерных мероприятий образует определенную часть народного хозяйства, называемую *водным хозяйством*.

Различают следующие четыре основные отрасли водного хозяйства:

1. *Гидроэнергетика*, то есть использование движущей силы воды как источника энергии.
2. *Водный транспорт*, то есть использование воды в качестве путей сообщения.
3. *Водоснабжение и канализация* населенных мест.
4. *Водная мелиорация*: использование воды для орошения земель (ирригация); отвод избыточных грунтовых вод с территории (осушение); использование воды для так называемого обводнения земель, то есть устройство отдельных водоемов сельскохозяйственного назначения.

Следует подчеркнуть, что один и тот же водный поток может быть применен в разных отраслях народного хозяйства. Например, одна и та же река может быть использована как источник энергии, водный путь, для орошения земель, ведения рыбного хозяйства и т. д.

Отсюда вытекает важный **принцип комплексности водохозяйственных мероприятий**. Примером комплексного решения водохозяйственной проблемы является строительство (1932-1937 гг.) канала им. Москвы, который обеспечивает судоходство между Москвой-рекой и Волгой, водоснабжение Москвы, получение электрической энергии на ряде гидростанций, улучшение санитарных условий в столице и др.

7.2. Общие понятия о гидротехнических сооружениях и их классификация.

Гидротехническим сооружением называется инженерное сооружение, построенное для решения тех или других водохозяйственных задач.

Все гидротехнические сооружения (ГТС) делятся на две категории (табл. 10.1):

1. *Общие ГТС*, применяемые в двух или нескольких различных отраслях водного хозяйства.
2. *Специальные ГТС*, используемые только в одной отрасли водного хозяйства.

Таблица 10.1. Категории гидротехнических сооружений

Общие ГТС	Специальные ГТС
Водоподпорные - создающие подпор воды, например, в русле реки (сюда относятся плотины и некоторые дамбы, работающие как плотины)	Гидроэнергетические - здания ГЭС, уравнильные резервуары, строящиеся при ГЭС, и т. д.
Водопроводящие - искусственные русла (каналы, туннели, лотки, трубопроводы)	Гидросооружения водного транспорта - судоходные шлюзы, судоподъемники, пристани, набережные, маяки, лесосплавные лотки и т. д.
Регуляционные - устраиваемые с целью регулирования режима водного потока, защиты его дна и берегов от размыва и т. д.	Гидросооружения водоснабжения и канализации - особые водоподъемники, насосные станции, очистные сооружения и т. д.
	Гидросооружения для целей инженерной мелиорации - гидромелиоративные сооружения (особые водоподъемники, шлюзы-регуляторы, дренажные устройства и т. д.)
	Сооружения рыбного хозяйства - рыбоходы, рыбоводные пруды и т. д.

Наиболее важным типом общего гидросооружения является плотина с водопропускными и другими устройствами, создаваемыми при ней.

В связи с комплексностью решения водохозяйственных проблем и по целому ряду других соображений очень часто некоторые из перечисленных гидросооружения приходится группировать в комплексы. Такие комплексы гидросооружений называют гидроузлами. Особенно сложными бывают речные гидроузлы на равнинных реках; в них обычно входят плотина, здание ГЭС, судоходный шлюз, какой-либо водозабор (например, для орошения земель) и т. д.

7.2.1 Основные цели устройства плотин.

На примере гидротехнического сооружения в виде плотины удобно пояснить почти все общие гидротехнические принципы проектирования любых специальных гидросооружений. **Плотины устраивают с целью:**

- поднятия уровня воды в реке и регулирования этого уровня;
- создания хранилища для воды (водохранилища).

Поднятие уровня воды в реке бывает необходимым:

- при устройстве ГЭС; а для отвода воды из реки каналом на орошение земель;

- для улучшения условий судоходства — увеличения глубины воды и уменьшения скоростей в реке;
- для увеличения глубин в месте устройства водоподъемников гидромелиоративных систем и систем водоснабжения; с увеличением таких глубин условия забора воды из реки облегчаются;
- по санитарным соображениям и т. д.

Плотины, построенные с целью поднятия уровня воды в реке, называют водоподъемными. **Создание водохранилищ преследует следующие цели:**

- получить водоем для регулирования стока реки (в период многоводья вода скапливается в водохранилище; в засушливый же период эта вода расходуется из водохранилища, причем расход речной воды во времени выравнивается);
- получить водоем, необходимый, например, для работы так называемых гидроаккумулирующих установок, для рыбного хозяйства и т. п. Уровень воды в водохранилище во время его эксплуатации может меняться.

Плотины, построенные для создания водохранилища, называют водохранилищными.

В некоторых случаях одну и ту же плотину устраивают и для поднятия уровня воды в реке, и для образования водохранилища. Такая плотина будет и водоподъемной, и водохранилищной.

7.2.2 Основная классификация плотин.

По своему назначению плотины бывают трёх видов: водоподъемные, водохранилищные и водохранилищные и водоподъемные. Плотины отмеченных трех видов делятся на **две основные группы**.

1. Глухие плотины - это плотины, непосредственно через которые воду не сбрасывают; пропуск воды через створ плотины (если он требуется) осуществляется береговыми водопропускными сооружениями или через отверстия, хотя и сделанные в теле плотины (или ее основании), но имеющие весьма малую ширину по сравнению с длиной плотины.
2. Водосбросные (водопропускные) плотины - это плотины, по длине которых устраивают достаточно широкие (по сравнению с длиной плотины) водопропускные отверстия (безнапорные или напорные).

Глухие плотины можно классифицировать по различным признакам:

- 1) по материалу, из которого возводится тело плотины;
- 2) из грунтового материала, то есть из обычного грунта или каменной наброски;
- 3) из бетона, то есть искусственного камня;
- 4) из железобетона и т. д.

По конструктивным признакам и условиям статической работы различают:

- *гравитационные плотины*, то есть плотины, устойчивость которых обеспечивается благодаря их собственному весу, - горизонтальному гидростатическому давлению P в данном случае противопоставляется сила сопротивления сдвигу T , действующая на подошве секции плотины; эта сила зависит от веса G плотины: $T = fG + cA$, где f - коэффициент внутреннего трения грунта основания, c - удельное сцепление грунта; A - площадь подошвы плотины;

- *контрфорсные плотины*, устойчивость которых обеспечивается благодаря не только весу самой плотины G , но и весу воды G_B в объеме призмы ($T=f(G+G_B)$); для этого контрфорсные плотины имеют большой уклон верховой грани; в конструктивном отношении они представляют собой ряд контрфорсов треугольной формы, на грани которых опираются плиты (или своды);
- *арочные плотины*, работающие как свод, поставленный на торец и упирающийся своими пятками в скальные берега.

Водосбросные (водопропускные) плотины различаются двух типов (в зависимости от характера пропуска воды через них):

- *водосливные плотины*, водосбросный фронт которых образован поверхностными отверстиями, - такие плотины главным образом и сооружаются;
- *водопропускные плотины*, водосбросный фронт которых образован глубинными (водопропускными) отверстиями.

В конструктивном отношении различают водосливные плотины: гравитационные, контрфорсные и арочные.

7.3. Состояние гидротехнических сооружений Российской Федерации.

В мире построено свыше 100 тыс. подпорных гидротехнических сооружений, в том числе около 35 тыс. больших и малых плотин. Многие крупные подпорные сооружения эксплуатируются длительное время (30-50 лет и более), а согласно статистическим данным, именно после этого срока возрастает вероятность аварии и разрушения плотины. Увеличение числа и размеров гидротехнических сооружений обуславливает возрастающее значение проблемы безопасности населения, проживающего ниже напорных фронтов и дамб, и предотвращения крупных экологических катастроф.

Практика показывает, что невозможно со стопроцентной вероятностью гарантировать безаварийную эксплуатацию напорных гидротехнических объектов. В соответствии с графиком Минтопэнерго РФ в 1993 г. было проведено централизованное обследование состояния гидротехнических сооружений 26 тепловых и 9 гидравлических электростанций. По результатам обследования было выявлено около 20 гидротехнических сооружений, состояние которых не обеспечивает надежность и безопасность их дальнейшей эксплуатации. Наибольшее количество нарушений отмечается на водосбросных и водопропускных сооружениях электростанций. Основным видом повреждений является разрушение бетонных поверхностей конструктивных элементов сооружений, расположенных в зоне переменного уровня воды, нарушение целостности водогасительных устройств и креплений в нижних бьефах, в отдельных случаях с подмывом и опусканием бетонных плит и крепления откосов. Далее приводятся краткие характеристики технического состояния некоторых из обследованных гидротехнических сооружений.

Волжская ГЭС (г. Волгоград). Мощность - 2541 МВт. В состав гидроузла входят водохранилище полным объемом 31 450 млн. м³ и бетонная плотина общей длиной 3249 м и максимальной высотой 47 м. Общее состояние гидротехнических сооружений удовлетворительное. Вместе с тем в блоках, эксплуатируемых более 30 лет, отмечается

образование трещин (ширина раскрытия трещин до 0,3 мм), прогрессирует разрушение бетонных поверхностей водосливной плотины в зонах переменного уровня воды. Повреждена водосливная поверхность на участках строительных швов, глубина разрушений достигает 20-40 см с обнажением рабочей арматуры. Поверхности быков имеют повреждения площадью до 1 м³ и глубиной 15-20 см.

Череповецкая ГРЭС. Мощность 630 МВт. Отмечается повреждение бетонных подводных частей водозаборного ковша блочной насосной станции и небольшие разрушения поверхностного бетона быков водосливной плотины.

Орловская ТЭЦ. Мощность 330 МВт. Водохранилище объемом 3,96 млн. м³. На момент обследования в аварийном состоянии была водосливная плотина гидроузла.

Бетонные поверхности имеют разрушения глубиной более 10 см и многочисленные трещины с раскрытием до 5 мм. Подобные повреждения конструкций отмечены и на многих других плотинах.

7.4. Аварии на гидротехнических сооружениях.

Нарушения целостности конструкций плотин неизбежно приводят к различного рода авариям. *Гидродинамическая авария* - это происшествие, связанное с выходом из строя (разрушением) гидротехнического сооружения или его частей с последующим неуправляемым перемещением больших масс воды.

На территории России эксплуатируется более 30 000 водохранилищ и несколько сотен накопителей промышленных стоков и отходов. Гидротехнические сооружения на 200 водохранилищах и 56 накопителях отходов эксплуатируются без реконструкции более 50 лет, некоторые находятся в аварийном состоянии. По мнению специалистов, общее число гидродинамически опасных объектов составляет 815, численность населения, проживающего в зонах непосредственной угрозы жизни и здоровью при возможных авариях на этих объектах, превышает 7 млн. человек. Однако прежде чем говорить об авариях, необходимо познакомиться с некоторыми специальными терминами.

Проран - узкий проток в теле (насыпи) плотины, косе, отмели в дельте реки или спрямленный участок реки, возникший в результате размыва излучины в половодье.

Прорыв плотины - начальная фаза гидродинамической аварии, то есть процесса образования прорана и неуправляемого потока воды, устремляющегося из верхнего бьефа через проран в нижний бьеф.

Бьеф - участок реки между двумя соседними плотинами на реке или участок канала между двумя шлюзами.

Верхний бьеф - часть реки выше подпорного сооружения (плотины, шлюза).

Нижний бьеф - часть реки ниже подпорного сооружения.

Рисберма - укрепленный участок русла реки в нижнем бьефе водосбросного гидротехнического сооружения. Она защищает русло от размыва, выравнивает скорость потока и т. д.

Приведем несколько примеров аварий на гидротехнических сооружениях.

Лужская ГЭС-2 (р. Быстрица Ленинградской области). 1 апреля 1956 г. произошла авария - разрушилась русловая земляная плотина, которая строилась в 1954-1955 гг. Прорывом вынесено 500 м³ грунта, а ширина размыва достигла 32 м. Водохранилище было полностью опорожнено, подмыта бетонная опора, которая оторвалась от устоя здания станции по осадочному шву.

Осенью 1962 г. на реке Оке размыло 80 погонных метров земляной дамбы Кузьминского гидроузла. Авария произошла потому, что своевременно не подняли затворы и не уложили конструкции плотины. Быстро и в большом количестве образовался внутриводный лед, который закупорил водосливную часть плотины, и вода поднялась выше нормального подпорного уровня на 2 м.

Для обеспечения водой нижнего бьефа **Иркутской ГЭС** и лесосплава в период строительства гидроэлектростанции, после перекрытия Ангары проводились холостые сбросы воды из водохранилища. Объем сбросов доходил до 1700-2200 м³/с. 1 июля 1958 г. для холостого сброса открыли пять отверстий водосбросов совмещенных агрегатов, а 2 июля в связи с неожиданной остановкой работы одного агрегата открыли еще одно отверстие. Сбрасываемый расход был неравномерно распределен по фронту водобойного колодца, что создало большой водоворот, направленный в сторону берега отводящего канала. В результате произошел подмыв откоса канала, который еще не был закреплен.

При строительстве **Новосибирской ГЭС** 25 октября 1956 г. начались работы по перекрытию реки Обь. 27 октября в створе перекрытия у наплавного моста со стороны левого берега создались очень тяжелые гидравлические условия. В результате ураганного ветра и скорости течения 4 м/с сильно возросли гидравлические сопротивления, а следовательно, и нагрузка на оттяжки понтонного моста, которые не выдержали и лопнули. Наплавной понтонный мост был сорван, унесен водой и затонул. Понтоны затонули на расстоянии 200 м ниже створа, а настил был унесен вниз по течению на 10 км.

Для сравнения приведем характеристики крупнейших катастроф гидротехнических сооружений, произошедших за рубежом в 1918-1960 гг. (табл. 10.2).

Таблица 10.2. Основные характеристики крупнейших катастроф 1918-1960 гг.

Название гидроузла, страна, тип плотины	Высота плотины, м	Число жертв, ч	Причины разрушения
Глено, Италия, многоарочная	50	600	Ошибки расчета, плохое качество работ
Франсисквито, США, гравитационная, криволинейная в плане	63	400	Геологическая трещина в основании
Моларе, Италия, гравитационная	47,5	100	Расходы воды при водосбросе, рассчитанном на 800 м ³ /с
Хабра, Алжир, гравитационная	35	-	Расход воды при водосбросе значительно превышал расчетный

Рибаделаго, Испания, контрфорсная	33,5	140	Нарушение швов, неравномерная осадка контрфорсов
Мальпассе, Франция, тонкая арка	60	400	Разрушение гнейсов левобережного примыкания
Орос, Бразилия, земляная (недостроенная)	54	40	Катастрофический паводок в период строительства

В результате повышенных нагрузок на основание водохранилищ при их наполнении, а также воздействия воды как смазки на тектонические трещины в районах водохранилищ может повыситься сейсмическая активность. Подобные явления отмечались в период наполнения водохранилищ Боулдер (США) - объем 41,5 млрд. м³, Кариба (Замбия) - объем 175 000 млн. м³ и др. Землетрясение в районе г. Кайнангар (Индия), последовавшее за наполнением водохранилища Койна (2780 млн. м³), привело к гибели 200 человек.

7.5. Причины и виды гидродинамических аварий.

На ГТС постоянно воздействуют водный поток, колебания температур, льды, наносы, статистические и гидродинамические нагрузки, происходят стирания поверхности, коррозия металлов, выщелачивание бетона, гниение деревянных конструкций.

Разрушение (прорыв) гидротехнических сооружений происходит в результате:

- действия сил природы (землетрясений, ураганов, размыва плотин);
- износа и старения оборудования;
- конструкторских ошибок;
- некачественного выполнения строительных работ;
- нарушения правил эксплуатации;
- воздействия человека (нанесение ударов различными видами оружия).

Разрушения ГТС можно классифицировать следующим образом:

1. Разрушения конструкций, находящихся в верхнем бьефе, подходящим потоком воды и ледоходом.
2. Размыв земляных плотин переливающимся потоком.
3. Размыв откосов русла реки и поймы в результате перепада воды, вызванного стеснением сечения поймы.
4. Разрушение конструкций и местный размыв в русле реки потоком, сбрасываемым через водосброс.
5. Повреждение деревянных сооружений фильтрующимся потоком.
6. Разрушение земляных сооружений и склонов берегов в результате изменения геологических условий.

Причиной 35% из 300 аварий плотин (сопровождающихся их прорывом), произошедших в различных странах за 175 лет, было превышение расчетного

максимального сбросного расхода, то есть перелив воды через гребень плотины. Причины аварий, сопровождающихся прорывом гидродинамических сооружений напорного фронта и образованием волны прорыва, могут быть различными, но чаще всего они происходят из-за разрушения основания сооружения и недостаточности водосбросов (табл. 10.3).

Земляные и каменно-земляные плотины разрушаются, как правило, не полностью. Чаще всего возникает проран шириной 0,20-0,35 м в зависимости от длины плотины. Ширина прорана зависит также от типа реки. Относительный размер прорана $V_{пр}$ (отношение ширины прорана к ширине плотины) для различных типов плотин (кроме арочных) в зависимости от типа реки обычно принимается следующим: для равнинных рек $V_{пр} = 0,2$ м; для предгорных рек $V_{пр} = 0,25$ м и для горных рек $V_{пр} = 0,5$ м. Для арочных плотин ориентировочно принимают $V_{пр} = 1,0$ м.

Таблица 10.3. Причины аварий гидротехнических сооружений

Причина разрушения	Частота, %
Разрушение основания	40
Недостаточность водосброса	23
Конструктивные недостатки	12
Неравномерная осадка	10
Высокое пороговое (капиллярное) давление (в намытой платине)	5
Военные действия	3
Сползание откосов	2
Дефекты материалов	2
землетрясение	1
Неправильная эксплуатация	2

Количество аварий на плотинах различных типов представлено в табл. 10.4.

Таблица 10.4. Частота аварий для различных типов плотин

Тип плотины	Количество аварий, %
Земляная плотина	53
Защитные дамбы из местных материалов	4
Бетонная гравитационная	23
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17
Всего	100

7.6. Последствия гидродинамических аварий и меры защиты населения.

Последствиями гидродинамических аварий являются:

- повреждение и разрушение ГТС и кратковременное или долговременное прекращение выполнения ими своих функций;
- поражение людей и разрушение сооружений волной прорыва;
- затопление обширных территорий.

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются:

- разрушительная волна прорыва;
- водный поток;
- спокойные воды, затопляющие территорию суши и хозяйственные объекты.

Воздействие волны прорыва во многом аналогично воздействию воздушной ударной волны, образующейся при взрыве, но отличается от нее тем, что действующим фактором в этом случае является вода.

Волна прорыва в своем движении вдоль русла реки непрерывно изменяет высоту, скорость движения, ширину и другие параметры. Она имеет фазы подъема уровня воды и последующего спада уровня. Фаза интенсивного подъема уровня воды является *фронтом* волны прорыва. Вслед за фронтом волны прорыва высота ее начинает интенсивно возрастать, достигая через некоторый промежуток времени максимума, называемого *гребнем* волны прорыва. В результате подъема воды происходит затопление поймы и прибрежных участков местности.

Площадь и глубина затопления зависят от параметров волны прорыва и топографических условий местности. После прекращения подъема наступает более или менее длительный период движения потока, близкий к установившемуся. Этот период тем длительнее, чем больше объем водохранилища. Последней фазой образования зоны затопления является спад уровня воды.

После прохождения волны прорыва русло реки обычно сильно деформируется из-за его размыва быстрым течением. Волна прорыва может разрушить большое количество зданий и сооружений, находящихся в зоне ее действия. Степень их разрушения зависит от высоты подъема уровня воды и скорости течения, а также от характеристик самого здания (сооружения) и его основания.

Из-за крупных гидродинамических аварий гибнут люди, прерывается подача электроэнергии в энергетические системы. Кроме того, разрушаются или оказываются под водой населенные пункты, выводятся из строя коммуникации и другие элементы инфраструктуры, нарушается жизнедеятельность населения и производственно-экономическая деятельность предприятий, наносится большой ущерб природной среде, в том числе в результате изменений ландшафта.

Вторичными последствиями гидродинамических аварий являются загрязнения осадочными веществами из разрушенных (затопленных) хранилищ воды и местности, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, массовые заболевания людей и животных. Вторичными последствиями также могут быть пожары — вследствие обрывов и короткого замыкания электрических кабелей и проводов; оползни, обвалы в результате размыва грунта и т. д.

Долговременные последствия гидродинамических аварий связаны с остаточными факторами затопления — наносами, загрязнениями, изменением ландшафта и других элементов природной среды.

Последствия аварий выражаются с помощью показателей *материального ущерба*. Материальный ущерб оценивается числом разрушенных, поврежденных, вышедших из строя объектов и сооружений, а также в денежном выражении.

К прямому ущербу относят:

- повреждение и разрушение ГТС, жилых, производственных зданий, железных и автомобильных дорог, ЛЭП и линий связи, мелиоративных систем;

- гибель скота и сельскохозяйственных культур;
- уничтожение и порча сырья, топлива, продуктов питания, кормов, удобрений;
- затраты на временную эвакуацию населения и перевозку материальных ценностей в незатапливаемые места;
- смыв плодородного слоя почвы и занесение ее песком, глиной и камнями.

К косвенному ущербу относят:

- затраты на приобретение и доставку в пострадавшие районы продуктов питания, одежды, медикаментов, строительных материалов и техники, кормов для скота;
- сокращение выработки промышленной и сельскохозяйственной продукции, замедление темпов развития народного хозяйства;
- ухудшение условий жизни местного населения;
- невозможность рационального использования территории, находящейся в зоне возможного затопления.

Важными мерами защиты от гидродинамических аварий являются:

- уменьшение максимального расхода воды путем перераспределения стока во времени;
- регулирование паводковых стоков с помощью водохранилищ; укрепление и своевременный ремонт ГТС и ограждающих дамб (валов);
- проведение берегоукрепительных и дноуглубительных работ, подсыпка низких мест.

К оперативным предупредительным мерам относятся:

- оповещение населения об угрозе аварии;
- заблаговременная эвакуация населения, сельскохозяйственных животных, материальных и культурных ценностей из потенциально затапливаемых зон;
- частичное ограничение или прекращение функционирования предприятий, организаций, учреждений, расположенных в зонах возможного затопления, защита материальных ценностей.

7.7 Правила поведения при угрозе и во время гидродинамических аварий

Главная рекомендация состоит в том, чтобы все жители затапливаемых зон, прилегающих к аварийным ГТС, хорошо знали возможные опасности, были обучены и подготовлены к действиям при угрозе и во время затопления. С получением прогноза или сигнала тревоги население оповещается через сеть радио- и телевизионного вещания.

По сигналу оповещения об угрозе затопления население должно немедленно эвакуироваться. При эвакуации из дома необходимо взять с собой документы, ценности, вещи первой необходимости, запас питьевой воды и продукты питания на 2-3 суток. Перед тем как покинуть дом, квартиру, необходимо выключить электричество и газ, плотно закрыть окна, двери, вентиляционные и другие отверстия.

При внезапном наступлении катастрофического затопления для спасения от удара волны прорыва необходимо занять ближайшее возвышенное место, взобраться на

ствол крупного дерева, на верхние ярусы прочных сооружений. Если поблизости нет подходящих строений, нужно спрятаться за любую преграду, которая может защитить от движущейся воды: дорожную насыпь, большие камни, деревья (лучше наиболее отдаленные от места прорыва воды и крепко укоренившиеся). Необходимо держаться за дерево, камень или другие выступающие предметы, иначе воздушная волна и потоки воды могут протащить по камням, другим твердым предметам, ударить о них.

В случае нахождения в воде при приближении волны прорыва следует нырнуть в глубину у основания волны. Оказавшись в воде, вплавь или с помощью подручных плавающих средств постарайтесь выбраться на сухое место, лучше всего на насыпь дороги или дамбу, по которым можно добраться до незатопленной территории.

После спада воды люди торопятся вернуться в свое жилье. При этом следует помнить о *мерах предосторожности*.

Следует остерегаться порванных или провисших электрических проводов. О повреждениях и разрушении водопроводных, газовых и канализационных магистралей надо немедленно сообщить в аварийные службы и организации. Попавшие в воду продукты категорически запрещается применять в пищу. Запасы питьевой воды перед употреблением должны быть проверены, а колодцы с питьевой водой - осушены путем выкачивания из них загрязненной воды.

Прежде чем войти в здание после наводнения, следует убедиться, что его конструкции не претерпели явных разрушений и не представляют опасности для людей. Помещение необходимо в течение нескольких минут проветрить, открыв входные двери или окна. При осмотре внутренних комнат здания (дома) не рекомендуется применять спички или свечи в качестве источника света, так как в воздухе может присутствовать газ из поврежденных газовых магистралей. Для этой цели лучше всего использовать электрические фонари. До проверки специалистами состояния электрической сети нельзя пользоваться источниками электроэнергии.

Соблюдение перечисленных правил поведения позволяет существенно снизить материальный ущерб и сохранить жизнь людей, проживающих в опасных районах, подверженных затоплению.

Контрольные вопросы

1. Что такое гидротехнические сооружения? Дайте их классификацию.
2. Перечислите основные цели устройства плотин.
3. Дайте классификацию плотин.
4. Перечислите причины и виды гидродинамических аварий.
5. Назовите поражающие факторы гидродинамической аварии.
6. Какие меры проводят с целью предотвращения или ограничения масштабов аварий на ГТС?
7. В чем заключаются правила поведения при аварии на ГТС?

Глава 8. Экологическая безопасность.

Составной частью национальной 'безопасности является экологическая безопасность. Её обеспечение в соответствии с Конституцией находится в совместном ведении Российской Федерации и её субъектов. Федеральным законом "Об охране окружающей среды", принятым в конце 2002 года, дано следующее определение понятию экологической безопасности: ***это состояние защищённости природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.***

Анализ экологической ситуации в стране за последние 10 лет свидетельствует об устойчивой тенденции ухудшения качества окружающей среды в местах компактного проживания людей, несмотря на все ещё имеющийся спад производства. Так, согласно информации Министерства здравоохранения Российской Федерации, санитарно-эпидемиологическое состояние среды обитания человека в стране остаётся угрожающим. Яркими примерами вопиющего загрязнения окружающей среды, по мнению Минздрава РФ, являются города Магнитогорск, Карабаш, Красноярск, Норильск, Братск, Ангарск, Каменск-Уральский, Волгоград. Министерство финансов Российской Федерации в последние три года из федерального бюджета финансирует только 9 правительственных программ, направленных на оздоровление экологической обстановки и охрану здоровья населения Тульской, Оренбургской и Самарской областей, городов Братска, Нижнего Тагила, Чапаевска, Череповца, а также на решение экологических проблем, связанных с Каспийским морем и Волжским водным бассейном. Проблема обеспечений экологической безопасности населения Российской Федерации продолжает оставаться насущной и актуальной.

Эксперты Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) - а это крупнейшие мировые учёные - твёрдо убеждены в том, что здоровье и долголетие людей на 70-80% предопределяются состоянием окружающей среды и на 20 - 30% - всеми остальными факторами (наследственность, социальные условия, вредные привычки и т.п.), вместе взятыми.

В древние времена, когда вода и воздух были девственно чистыми, люди, как это показывают археологические раскопки и результаты эксгумации древних захоронений, совершенно не знали таких болезней, как рак, сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания. Да что там в древние времена! Ещё несколько десятилетий назад онкологические и некоторые другие тяжкие недуги были "привилегией" пожилого и старческого возрастов, а теперь они всё чаще и чаще поражают подростков и даже новорождённых детей. Лидирует же по этому печальному показателю, как и по многим другим подобным, Россия. В последние 7-8 лет смертность и инвалидность россиян катастрофически возросли. В чём же причина? Причина в политике экоцида.

Что такое экоцид? ***Это воздействие на окружающую природную среду таким образом, когда она становится непригодной для жизни человека.*** Обвинения в преступлениях экоцида впервые были выдвинуты против США, проводивших во Вьетнаме тактику "выжженной земли". Теперь же наши олигархи, заполучив за бесценок предприятия российского топливно-энергетического комплекса и цветной металлургии, совершенно не думают об охране природы. В результате сама она, изуверски эксплуатируемая, становится глубоко враждебной российскому человеку,

вызывает у него тяжелейшие расстройства здоровья, инвалидность и преждевременную смерть.

Несложные расчёты показывают через десять лет все россияне, включая новорождённых, будут инвалидами.

Чтобы не быть голословными, обратимся к данным Госкомстата. Итак, реальные затраты на охрану природы в РФ в первые два года после прихода Ельцина к власти сократились более чем в десять раз по сравнению с 1990 годом (в сопоставимых ценах на душу населения). За этот же период количество детей-инвалидов в целом по России возросло в 1,85 раза, а в Оренбургской области — в 2,75, в Челябинской — в 2,16 раза...

Но эта официальная статистика далеко не в полной мере отражает реальную картину, ибо уже тогда, в самом начале "реформ", в России появилась огромная армия детей-беспризорников, насчитывавшая около 4 млн. человек и оказавшаяся вообще вне всякой статистики, в том числе и медицинской.

Специалисты ЮНЕСКО и ВОЗ по итогам только трёх "переломных" лет (1991 — 1993 гг.) оценили жизнеспособность русского народа в 1,4 балла. Хуже нас оказались только три страны, в частности, Буркина-Фасо, где свыше 50% населения больны СПИДом.

Представители русской интеллигенции забили тревогу. Авторитетный публицист С.Залыгин заявил: "Мы все вскоре должны будем погибнуть, если незамедлительно не будет пересмотрена вся наша жизнь в пользу сохранения Природы..." Согласно рекомендациям ЮНЕСКО и ВОЗ, мы должны были срочно изменить свою социально-экономическую политику и не менее 80% бюджетных средств направлять на социальные и экологические цели. Отнюдь....

Территория России за последние восемь лет превратилась в одно из самых грязных мест на планете. "Прихватализация" и отсутствие какого бы то ни было государственного контроля и финансирования превратили все экологические программы в пустой звук. Новые хозяева в погоне за сверхприбылью совершенно забыли об очистке газов и загрязнённых сточных вод, о надлежащей утилизации твердых отходов производства. Вследствие этого экологическая обстановка в стране катастрофически ухудшилась.

ВОЗ ещё в 1992 году рекомендовала осуществлять контроль воды по ста показателям, большая часть из которых непосредственно влияет на здоровье людей. Отечественный же ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая" содержит нормативы только по 28. До сих пор в РФ нет ни одной арбитражной лаборатории по анализу вода на уровне рекомендаций ВОЗ.

Считается, что из ядовитых веществ, регулярно попадающих в организм человека, около 70% поступает с пищей, 20% — из воздуха, и 10% --с водой. Однако следует учитывать, что яд, попавший в кровь через лёгкие, нередко действует в 80—100 раз сильнее, нежели такой же яд, поступивший через желудок. Так вот, уже в 1993 году в 230 городах, где проживали более 64 миллионов человек (43% населения Россия), среднегодовой уровень загрязнённости воздуха превышал санитарно-гигиенические нормы предельно допустимой концентрации (ПДК). Число таких городов неуклонно растёт.

Огромный вред охране окружающей среды и разумному природопользованию наносит целый ряд законов, подзаконных актов и постановлений правительства, противоречащих закону "Об охране окружающей природной среды". Например, законы РФ "О недрах", "О безопасности". "О плате за землю" и множество других.

Экономя копейки на экологических и природоохранных мероприятиях, Россия теряет неизмеримо больше. Только прямой ущерб от потерь трудоспособности в результате болезней, вызванных экологическим неблагополучием, специалистами оценивается в 30-50% национального дохода. Это только прямой ущерб. А как оценить ущерб от преждевременной смерти людей?

В мае 1999 года были обнародованы такие цифры: в 90-е годы XX века от голода и болезней, связанных с загрязнением окружающей среды, население РФ сократилось более чем на 10 млн. человек.

А вот по подсчётам известного учёного и писателя Р.Медведева потери населения России только за три года "реформ" вполне сопоставимы по абсолютным и относительным цифрам с потерями в Великой Отечественной войне. По данным отечественных учёных (В. Коновалов и др.), У каждого из нас за годы "реформаторского" беспредела отнято в среднем по 20 лет жизни.

Актуальность экологической безопасности населения в нашей Республике Башкортостан убедительно просматривается на примере г. Уфы. Проблемы её понятны многим, ибо экологическая ситуация почти во всех российских промышленных городах аналогична, Уфа сконцентрировала многоотраслевую производственную структуру, перенасыщенную техногенно-опасными объектами. На территории городских земель располагаются крупнейшие промышленные предприятия химии и нефтехимии, энергетики и машиностроения, строительного комплекса и ряда других.

Обострение экологической ситуации произошло в конце 80-х и начале 90-х годов прошлого столетия. Поэтому Правительством СССР было принято известное горожанам постановление № 556 о закрытии ряда "грязных" производств. В связи с общественно-политическими событиями 90-х годов разрешение экологических проблем и улучшение окружающей среда были перенесены на "плечи" республики и города, Тяжёлой оказалась эта ноша. Уфа продолжает осуществлять природоохранные мероприятия с привлечением бюджетных средств и средств предприятий.

Очистные сооружения не позволяют снизить уровень высокого и экстремально высокого загрязнения водоёмов, требуют модернизации, внедрения новых технологий очистки. Ежегодно в водные объекты сбрасывается более половины всего объёма сточных вод по республике. Накоплено 180 тыс. тонн неутилизованного осадка.

Проблема очистки сточных вод разрешима путём реконструкции и расширения третьей очереди городских сооружений канализации при финансовой поддержке федеральных органов власти. Строительство объекта осуществляется с 1990 года и сегодня практически заморожено.

Ежегодно более 200 тыс. тонн отходов складировются на территории предприятий Уфы и свыше 300 тыс. тонн вывозятся на городскую свалку. Лишь небольшая часть отходов утилизируется и перерабатывается с последующим использованием в качестве вторичных материалов. В сложившейся ситуации миллионному городу необходим завод по переработке твёрдых бытовых и промышленных отходов с современными и передовыми технологиями, отвечающий требованиям природоохранного законодательства,

Неблагополучное состояние экологии в республике пагубно сказывается на здоровье населения в течение вот уже нескольких десятилетий. Отрадно, что Башкортостан занимает ведущее место в Российской Федерации в вопросах

организации призыва юношей в армию, их допризывной подготовке. Огорчает другое — здоровье молодого поколения год от года ухудшается. Мы преподаём в образовательных учреждениях курс ОБЖ, учим защищаться в чрезвычайных ситуациях, вести здоровый образ жизни и в то же время на государственном уровне "стараемся" не замечать чрезвычайную экологическую ситуацию.

8.1. Основные понятия, термины и определения.

8.1.1. Термины и определения.

Термин «экология» (от греч. «*Ойкос* — дом, жилище и «*логос*» — наука) был предложен более 100 лет назад выдающимся немецким естествоиспытателем Эрнстом Геккелем.

В буквальном смысле **экология** — это наука об условиях существования живых организмов, их взаимодействиях между собой и окружающей средой.

Экология — также междисциплинарное системное научное направление. Возникнув на почве биологии, оно включает в себя концепции, технологии математики, физики, химии. Но экология и гуманитарная наука, поскольку от поведения человека, его культуры во многом зависит судьба биосферы, а вместе с ней и человеческой цивилизации.

В зависимости от специфики решаемых экологических задач существуют ее разнообразные прикладные направления: инженерная, медицинская, химическая, космическая экология, агроэкология, экология человека и т.д.

Что является предметом исследования экологии? Экология изучает организацию и функционирование живых систем более сложных, чем организм, т. е. надорганизменных систем. Эти системы получили название экологических систем или экосистем.

Экосистема — это безразмерная устойчивая система живых и неживых компонентов, в которой совершается внешний и внутренний круговорот вещества и энергии.

Термин «**экосистема**» введен в экологию английским ботаником А. Тенсли (1935). Понятие экосистемы не ограничивается какими-то признаками ранга, размера, сложности или происхождения. Поэтому оно приложимо как к относительно простым *искусственным* (аквариум, теплица, пшеничное поле, обитаемый космический корабль), так и к сложным *естественным* комплексам организмов и среды их обитания (озеро, лес, океан, экосфера). Различают водные и наземные экосистемы. Все они образуют на поверхности планеты густую пеструю мозаику. При этом в одной природной зоне встречается множество сходных экосистем — или слитых в однородные комплексы, или разделенных другими экосистемами. Например, участки лиственных лесов, перемежающиеся хвойными лесами, или болота среди лесов и т.п. В каждой локальной наземной экосистеме есть *абиотический компонент* - *биотоп*, или *экогон*, — участок с одинаковыми ландшафтными, климатическими, почвенными условиями и *биотический компонент* — *сообщество*, или *биоценоз*, - совокупность всех живых организмов, населяющих данный биотоп. Биотоп является общим местообитанием для всех членов сообщества. Биоценозы состоят из представителей многих видов растений, животных и микроорганизмов. Практически каждый вид в биоценозе представлен многими особями Разного пола и возраста. Они образуют популяцию (или часть популяции) данного вида в экосистеме.

Члены сообщества так тесно взаимодействуют со средой обитания, что биоценоз часто трудно рассматривать отдельно от биотопа. Например, участок земли — это не просто «место», но и множество почвенных организмов и продуктов жизнедеятельности растений и животных. Поэтому их объединяют под названием *биогеоценоза*; «биотоп + биоценоз = биогеоценоз» (рис. 3.7). **Биогеоценоз** — это элементарная наземная экосистема, главная форма существования природных экосистем. Понятие биогеоценоза ввел В.Н. Сукачев (1942). Для большинства биогеоценозов определяющей характеристикой является определенный тип растительного покрова, по которому судят о принадлежности однородных биогеоценозов к данному экологическому сообществу (сообщества березового леса, мангровой заросли, ковыльной степи, сфагнового болота и т.п.).

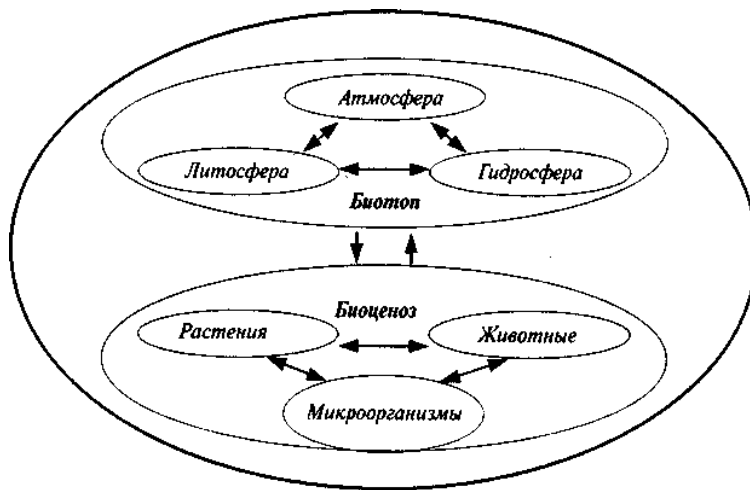


Рис. 3.7. Схема биогеоценоза

Самой крупной экосистемой, предельной по размерам и масштабам, является биосфера. Биосферой называют активную оболочку Земли, включающую все живые организмы Земли и находящуюся во взаимодействии с неживой средой (химической и физической) нашей планеты, с которой они составляют единое целое. Биосфера нашей планеты существует 3 млрд лет, она растет и усложняется наперекор тенденциям холодной энтропийной смерти; она несет разумную жизнь и цивилизацию. Биосфера существовала задолго до появления человека и может обойтись без него. Напротив, существование человека невозможно без биосферы.

Все остальные экосистемы находятся внутри биосферы и являются ее подсистемами. Наземные экосистемы, относящиеся к одной природно-климатической зоне имеют общую структуру доминирующей растительности и поэтому могут рассматриваться как единый большой биогеоценоз — **биом**. Например, биом пустыни или влажного тропического леса. Гораздо меньшей системой является **популяция**, включающая группу особей одного вида, т. е. единого происхождения, занимающая определенный участок. Более сложной системой, чем популяция, является **сообщество**, которое включает все популяции, занимающие данную территорию. Таким образом, популяция, сообщество, биом, биосфера располагаются в иерархическом порядке от малых систем к крупным.

Важное следствие иерархической организации состоит в том, что по мере объединения компонентов в более крупные функциональные единицы на новых ступенях иерархической лестницы возникают новые свойства, отсутствующие на предыдущих ступенях. Эти свойства нельзя предсказать исходя из свойств компонентов, составляющих новый уровень. Этот принцип получил название

эмерджентности. Суть его: *свойства целого невозможно свести к сумме свойств его частей.* Например, водород и кислород, находящиеся на атомарном уровне, при соединении образуют молекулу воды, обладающую уже совершенно новыми свойствами. Другой пример. Некоторые водоросли и кишечнополостные образуют систему коралловых рифов. Огромная продуктивность и разнообразие коралловых рифов — эмерджентные свойства, характерные только для рифового сообщества, но никак не для его компонентов, живущих в воде с низким содержанием биогенных элементов.

Деятельность организмов в экосистеме приспособливает геохимическую среду к своим биологическим потребностям. Тот факт, что химический состав атмосферы и сильно забуференная физическая среда Земли резко отличаются от условий на любой другой планете Солнечной системы, позволил сформулировать гипотезу Геи. Согласно этой гипотезе именно живые организмы создали и поддерживают на Земле благоприятные для жизни условия. В табл. 1.1 представлен сравнительный анализ состава атмосферы Земли, Марса, Венеры, а также гипотетической атмосферы, которая имела бы на Земле до появления жизни.

Таблица 1.1. Состав атмосферы планет Солнечной системы

<i>Содержание газов в</i>	<i>Марс</i>	<i>Венера</i>	<i>Земля без жизни</i>	<i>Земля</i>
Двуокись углерода	95	98	98	0,03
Азот	2,7	1,9	1,9	79
Кислород	0,13	Следы	Следы	21
Температура поверхности, °C	-53	477	290	13

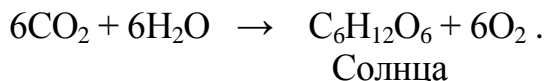
Скорее всего зеленые растения и некоторые микроорганизмы сыграли основную роль в формировании земной атмосферы с ее высоким содержанием кислорода и низким содержанием углекислого газа. Гипотеза Геи подчеркивает важность изучения и сохранения этих регулирующих механизмов, которые позволяют атмосфере приспособливаться к загрязнениям, обусловленным деятельностью человека.

В состав экосистемы входят следующие компоненты:

- неорганические вещества (C, O₂, N₂, P, S, CO₂, H₂O и др.), которые включаются в круговороты веществ;
- органические соединения (белки, углеводы, липиды и др.), связывающие биотическую (живую) и абиотическую (неживую) компоненты экосистемы;
- воздушная, водная и субстратная среды, включающие климатический режим и другие физические факторы;
- продуценты, автотрофные (самопитающиеся) организмы, в основном зеленые растения, которые, используя энергию солнечного света, синтезируют органические вещества из углекислого газа и воды;
- консументы первого порядка (растительноядные животные) и второго порядка (хищники), гетеротрофные организмы, в основном животные, питающиеся другими организмами;
- редуценты или деструкторы, в основном бактерии и грибы, живущие за счет разложения тканей умерших организмов. Образование органических веществ

зелеными растениями при использовании энергии солнечного света происходит в процессе фотосинтеза:

Е



У зеленых растений H_2O окисляется с образованием газообразного кислорода O_2 , при этом CO_2 восстанавливается до органических веществ (в приведенном уравнении органическое вещество — глюкоза). У фотосинтезирующих бактерий синтезируются органические вещества, но не образуется кислород. Дыхание — процесс, обратный фотосинтезу, при котором органические вещества окисляются с помощью атмосферного кислорода.

Редуценты, разлагая отмершие остатки организмов, освобождают биогенные элементы (С, O_2 , К, Р, S и др.), которые поступают в круговорот, необходимый для существования экосистем.

Каждый год продуцентами на Земле создается около 100 млрд т органического вещества, что составляет **глобальную продукцию биосферы**. За этот же промежуток времени приблизительно такое же количество живого вещества, окисляясь, превращается в CO_2 и H_2O в результате дыхания организмов. Этот процесс называется **глобальным распадом**. Но этот баланс существовал не всегда. Примерно 1 млрд лет назад часть образуемого продуцентами вещества не расходовалась на дыхание и не разлагалась, так как в биосфере еще не было достаточного числа консументов. В результате этого органическое вещество сохранялось и задерживалось в осадках. Преобладание синтеза органических веществ над их разложением привело к уменьшению в атмосфере Земли углекислого газа и накоплению кислорода. Около 300 млн лет назад особенно большой избыток органической продукции привел к образованию горючих ископаемых, за счет которых человек позже совершил промышленную революцию. А более чем 60 млн лет назад выработалось колеблющееся стационарное соотношение между глобальной продукцией и распадом.

Однако за последние полвека в результате хозяйственной деятельности человека, связанной главным образом со сжиганием горючих ископаемых, концентрация CO_2 в атмосфере повысилась, а O_2 — уменьшилась, что создает критическую ситуацию для устойчивости атмосферы. Таким образом, важнейшей характеристикой экосистем является **круговорот веществ**, определяемый **глобальной продукцией и распадом**.

Следующей важнейшей характеристикой экосистем является их кибернетическое поведение. **Кибернетическое поведение экосистем** определяется тем, что они обладают развитыми информационными сетями, включающими потоки физических и химических сигналов, которые связывают все части экосистемы и управляют ею как единым целым. Отличие экосистем от кибернетических устройств, созданных человеком, заключается в том, что управляющие функции экосистемы сосредоточены внутри нее и диффузны. В кибернетических же системах, созданных человеком, управляющие функции направлены вовне и специализированы.

При сравнении кибернетической системы с экосистемой можно найти нечто общее. В той и другой управление основано на обратной связи. Известно, что энергия обратной связи крайне мала по сравнению с иницируемой ею энергией, которая возбуждается в системе, идет ли речь о техническом устройстве, организме или экосистеме. Устройства, осуществляющие обратную связь в живых системах,

называются **гомеостатическими механизмами**. **Гомеостаз** в применении к организму означает поддержание его внутренней среды и устойчивость его основных физиологических функций. В применении к экосистеме гомеостаз означает сохранение ее постоянного видового состава и числа особей. Гомеостатические механизмы поддерживают стабильность экосистем, предупреждая полное выедание растений травоядными животными или катастрофические колебания численности хищников и их жертв и т.д.

Степень стабильности экосистем весьма различна и зависит как от жесткости окружающей среды, так и от эффективности внутренних управляющих механизмов. При этом выделяют два типа устойчивости:

- **резистентная устойчивость** — способность оставаться в устойчивом состоянии под нагрузкой. Так, лес из секвойи (высота деревьев выше 100 м, диаметр 6—11 м) устойчив к пожарам, поскольку эти деревья среди сородичей обладают самой толстой корой, содержат десятки тонн воды и т.д. Но если этот лес все-таки сгорит, то восстанавливается очень медленно;
- **упругая устойчивость** (противоположна резистентной) — способность быстро восстанавливаться. Так, заросли кустарника чапаралья легко выгорают, но быстро восстанавливаются.

Помимо систем обратной связи стабильность обеспечивается избыточностью функциональных компонентов. Избыточность хорошо объясняется на примере организма, имеющего парные органы (руки, ноги, глаза, уши, почки, легкие) и многократно дублированные органы иммунитета. Избыточность характерна и для экосистемы. Если в экосистеме имеется несколько видов автотрофных зеленых растений, каждое из которых имеет свой температурный диапазон, то скорость фотосинтеза в экосистеме может оставаться неизменной, несмотря на колебания температуры.

Мозг человека представляет собой устройство с низкими энергетическими характеристиками и с огромными способностями к управлению, поскольку при относительно малой затрате энергии он способен продуцировать разнообразные мощные идеи. Это сделало человека самым могущественным существом на Земле. По крайней мере, это касается его способности изменять функционирование экосистем, в том числе и биосферы.

Основные характеристики экосистемы — ее размер, ее устойчивость, процессы самовосстановления, самоочищения.

Размер экосистемы — пространство, в котором возможно осуществление процессов саморегуляции и самовосстановления всех составляющих экосистему компонентов и элементов.

Самовосстановление природной экосистемы — самостоятельный возврат природной экосистемы к состоянию динамического равновесия, из которого она была выведена воздействием природных и антропогенных факторов.

Самоочищение — естественное разрушение загрязнителя в среде в результате процессов, происходящих в экосистеме.

Экосистемы можно классифицировать по разным признакам. **Биомная** классификация экосистем основана на преобладающем типе растительности в крупных регионах. В водных местообитаниях, где растительность малозаметна, в основе выделения экосистем находятся главные физические черты среды, например «стоячая вода», «текущая вода» и т.д.

Биомная классификация экосистем

Наземные биомы:

Тундра: арктическая и альпийская
Хвойные леса
Листопадный лес умеренной зоны
Степь умеренной зоны
Тропические гарсленд и саванна
Пустыня: травянистая и кустарниковая
Вечнозеленый тропический дождевой лес

Пресноводные экосистемы:

Лентические (стоячие воды): озера, пруды и т.д.
Лотические (текучие воды): реки, ручьи и т.д.
Заболоченные угодья: болота и болотистые леса

Морские экосистемы:

Открытый океан (пелагическая)
Воды континентального шельфа (прибрежные воды)
Регионы апвеллинга (плодородные районы с продуктивным рыболовством)
Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек и т.д.)

Использование в экосистемах различных источников энергии — Солнца, химического топлива — позволило выделить четыре фундаментальных вида экосистем по **энергетическому** признаку.

- Движимые солнцем несубсидируемые экосистемы — природные системы, полностью зависящие от прямого солнечного излучения. К их числу относятся открытые участки океанов, крупные участки горных лесов и большие глубокие озера. Экосистемы этого типа получают мало энергии и имеют малую продуктивность. Однако они крайне важны, так как занимают огромные площади. Это основной модуль жизнеобеспечения биосферы. Здесь очищаются большие объемы воздуха, возвращается в оборот вода, формируются климатические условия и т. д.
- Экосистемы, движимые Солнцем, но субсидируемые другими естественными источниками. Примерами такой экосистемы являются эстуарии рек, морские проливы и лагуны. Приливы и течения способствуют более быстрому круговороту минеральных элементов питания, поэтому эстуарии более плодородны, чем прилегающие участки океана или суши.
- Экосистемы, движимые Солнцем и субсидируемые человеком. Примером их являются агроэкосистемы (поля, коровники, свиноводники, птицефабрики и т.д.).
- Экосистема, движимая топливом — индустриально-городская экосистема, в которой энергия топлива не дополняет, а заменяет солнечную энергию. Потребность в энергии плотно заселенных городов на 2—3 порядка больше того потока энергии, который поддерживает жизнь в естественных экосистемах, движимых Солнцем. Поэтому на небольшой площади города может жить большое количество людей.

Концепция продуктивности. Совокупность организмов в экосистеме в момент наблюдения называют **биомассой**, скорость продуцирования биомассы — **продуктивностью**. Различают первичную продуктивность — скорость, с которой продуценты (зеленые растения) в процессе фотосинтеза связывают

энергию и запасают ее в форме органических веществ, и вторичную продуктивность — скорость образования биомассы консументами.

Высокая продуктивность сельского хозяйства в развитых странах поддерживается ценой больших вложений энергии и селекционной работой, направленной на выведение высокоурожайных сортов растений и высокопродуктивных пород животных. Этот вспомогательный поток энергии называется *энергетической субсидией*. Если в XIX в. страны мира делились на промышленно развитые и аграрные, то в XX возникла ситуация, при которой чем более развита страна, тем выше продуктивность ее сельского хозяйства. Именно развитые страны могут себе позволить соответствующие энергетические субсидии в сельское хозяйство.

Существует принципиальная разница в поведении энергий и материи. Материя циркулирует в системе; элементы и вещества, входящие в состав живого, имеют свои циклы, свои круговороты. Энергия, однажды использованная экосистемой, превращается в тепло и утрачивается для системы.

Пищевые цепи, пищевые сети. Перенос веществ и энергии пищи от ее источника — зеленых растений — через ряд организмов, от одного звена потребителей к другому называется *пищевой или трофической цепью*. Рациональное поведение звеньев трофической цепи определяется не эффективностью добывания пищи, а умеренностью. Поэтому в экосистемах остаются лишь виды, хорошо выполняющие свои биологические функции — живущие и дающие жизнь другим. Особенности человека как биологического вида в трофических цепях состоят в следующем:

- человек всеяден и может жить то за счет одних, то за счет других звеньев трофической цепи; это снимает с него узду умеренности;
- он может приближать к себе ресурсы с помощью одомашнивания растений и животных или привозить их, выходя из-под контроля среды в месте проживания;
- он может уходить из нарушенной им цепи в другую. Это дает человеку чувство свободы, однако это свобода от немедленного ответного воздействия и от ответственности перед потомками.

Трофическая структура экосистемы состоит из ряда параллельных и переплетающихся пищевых цепей и называется *пищевой или трофической сетью*.

Метаболизм и размеры особей. При неизменном энергетическом потоке в пищевой цепи более мелкие организмы имеют более высокую интенсивность обмена, более высокий *удельный метаболизм* (метаболизм в пересчете на 1 кг массы), чем крупные организмы. При этом мелкие организмы создают относительно меньшую биомассу, чем крупные. Так, биомасса бактерий, имеющих в данный момент в экосистеме, гораздо ниже биомассы млекопитающих. Эта закономерность получила название **правила Одума**. Это правило заслуживает особого внимания, поскольку из-за антропогенного нарушения природы происходит измельчание организмов, которое неминуемо должно привести к общему снижению продуктивности и к разладу в экосистемах.

При измельчании особей выход биомассы с единицы площади в силу более плотного заселения пространства увеличивается. Слоны не дадут такой биомассы и продукции с единицы площади, которую способна дать саранча. Это — **закон**

удельной продуктивности. Так, мелкие предприятия и фермы в сумме производят больший объем хозяйственной продукции, чем крупные, тем более крупнейшие.

Исчезновение видов, представленных крупными особями, меняет структуру экосистем. При этом организмы одной трофической группы замещают друг друга. Так, копытных в степи и саванне сменяют грызуны, а в ряде случаев — растительноядные насекомые. Это — **принцип экологического дублирования.**

В результате потери энергии при переносе ее по трофической цепи и таких факторов, как зависимость метаболизма от размеров особи, каждая экосистема приобретает определенную трофическую структуру. Ее можно представить в виде экологических пирамид. Если принять, что в вещество тела животного переходит в среднем 10% энергии съеденной пищи, то за счет 1 т растительной массы может образоваться 100 кг массы тела травоядного животного, а за счет последнего — 10 кг массы тела хищников.

Экологические факторы. На состояние окружающей среды и на живые организмы оказывают сильное влияние различные экологические факторы. **Экологический фактор** — любое условие среды, способное оказывать прямое или косвенное воздействие на живые организмы. Экологические факторы делятся на три категории: 1) абиотические — факторы неживой природы; 2) биотические — факторы живой природы; 3) антропогенные — факторы человеческой деятельности.

Приспособительные реакции организмов к тем или иным факторам среды определяются периодичностью их воздействия. К первичным периодическим факторам относятся явления, связанные с вращением Земли, — смена времен года, суточная смена освещенности и т.д. Эти факторы действовали еще до появления жизни на Земле, и возникающие живые организмы должны были сразу адаптироваться к ним. Вторичные периодические факторы — следствия первичных, это влажность, температура, осадки и т.д. К непериодическим факторам относятся стихийные явления, а также факторы, имеющие техногенную природу.

Абиотические факторы наземной среды:

1. Свет. Поступающая от Солнца лучистая энергия распределяется по спектрам следующим образом. На видимую часть спектра с длиной волны 400-750 нм приходится 48% солнечной радиации. Наиболее важную роль для фотосинтеза играют оранжево-красные лучи, на которые приходится 45% солнечной радиации. Инфракрасные лучи с длиной волны более 750 нм не воспринимаются многими животными и растениями, но являются необходимыми источниками тепловой энергии. На ультрафиолетовую часть спектра — менее 400 нм — приходится 7% солнечной энергии.

2. Ионизирующее излучение — это излучение с очень высокой энергией, способное выбивать электроны из атомов и присоединять их к другим атомам с образованием пар положительных и отрицательных ионов. Источник ионизирующего излучения — радиоактивные вещества и космические лучи. Доза излучения (1 рад) — это такая доза излучения, при которой на 1 г ткани поглощается 100 эрг энергии. Единица дозы излучения, которую получает человек, называется бэр (биологический эквивалент рентгена); 1 бэр равен 0,01 Дж/кг.

Таблица 1.2. Дозы излучения

<i>Источник излучения</i>	<i>Доза</i>
Фоновое облучение за год	100 мбэр
Допустимое облучение за год	500 мбэр

Телевизор, компьютер	500 мбэр
Рентгенография зубов	3 бэр
Рентгенография желудка	25 бэр
Лучевая болезнь (легкая)	100 бэр
Лучевая болезнь (тяжелая)	450 бэр
Допустимые аварийные облучения населения	10 бэр

В течение года человек в среднем получает дозу 0,1 бэр и, следовательно, за всю жизнь (в среднем 70 лет) 7 бэр.

3. Влажность атмосферного воздуха — параметр, характеризующий процесс насыщения его водяными парами. Разность между максимальным (предельным) насыщением и данным насыщением называется дефицитом влажности. Чем выше дефицит, тем суше и теплее, и наоборот. Растения пустынь приспосабливаются к экономному расходованию влаги. Они имеют длинные корни и уменьшенную поверхность листьев. Пустынные животные способны к быстрому и продолжительному бегу для длинных маршрутов на водопой. Внутренним источником воды у них служит жир, при окислении 100 г которого образуется 100 г воды.

4. Осадки являются результатом конденсации водяных паров. Они играют важную роль в круговороте воды на Земле. В зависимости от характера их выпадения выделяют гумидные (влажные) и аридные (засушливые) зоны,

5. Газовый состав атмосферы. Важнейшим биогенным элементом атмосферы, который участвует в образовании белков в организме, является азот. Кислород, поступающий в атмосферу в основном от зеленых растений, обеспечивает дыхание. Углекислый газ является естественным демпфером солнечного и ответного земного излучений. Озон выполняет экранирующую роль по отношению к ультрафиолетовой части солнечного спектра.

6. Температура на поверхности Земли определяется температурным режимом атмосферы и тесно связана с солнечным излучением. Для большинства наземных животных и растений температурный оптимум колеблется от 15 до 30°C. Некоторые моллюски живут в горячих источниках при температуре до 53°C, а некоторые сине-зеленые водоросли и бактерии — до 70—90°C. Глубокое охлаждение выбывает у насекомых, некоторых рыб и пресмыкающихся полную остановку жизни — анабиоз. Так, зимой карась вмерзает в ил, а весной оттаивает и продолжает обычную жизнедеятельность. У животных с постоянной температурой тела, у птиц и млекопитающих состояние анабиоза не наступает. У птиц в холодные времена отрастает пух, у млекопитающих — густой подшерсток. Животные, у которых зимой корма недостаточно, впадают в спячку (летучие мыши, суслики, барсуки, медведи).

Абиотические факторы водной среды:

На долю Мирового океана приходится 71% земной поверхности. Водная среда отличается от наземной плотностью и вязкостью. Плотность воды в 800 раз, а вязкость в 55 раз больше плотности воздуха. Наряду с этим важнейшими особенностями водной среды являются: подвижность, температурная стратификация, прозрачность и соленость, от которых зависит фотосинтез бактерий и фитопланктона и своеобразие среды обитания гидробионтов.

Биотические факторы окружающей среды:

Под биотическими факторами понимают совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие.

Антропогенные факторы окружающей среды.

Антропогенные факторы окружающей среды обязаны своим происхождением комплексной техногенной деятельности человека на Земле, включающей его бытовую сферу (сжигание мусора и отходов, строительство и т.д.) и производственную деятельность (все отрасли промышленной индустрии, сельское хозяйство, нефте-, газо- и горнодобывающие отрасли и т.д.).

Лимитирующие факторы: законы минимума и толерантности:

В 1840 г. Ю. Либихом был сформулирован **закон минимума**, согласно которому развитие растений лимитируется не теми элементами питания, которые присутствуют в почве в изобилии, а теми, которых очень мало (например, цинк или бор). Закон минимума справедлив и для животных, и для человека. Здоровье человека определяется в том числе и специфическими веществами, которые присутствуют в организме в ничтожных количествах (витамины, микроэлементы).

Любому живому организму или сообществу организмов необходимы не вообще температура, влажность, пища и т.д., а их определенный режим, т. е. границы допустимых колебаний этих факторов. Диапазон между экологическим минимумом и экологическим максимумом составляет пределы устойчивости, т. е. толерантности данного организма — этот **закон толерантности** был сформулирован в 1910 г. В. Шелфордом.

Ценность концепции лимитирующих факторов в том, что она дает возможность исследования самых сложных экологических ситуаций. Если для организма характерен широкий диапазон толерантности к фактору, который присутствует в среде в умеренных количествах, то такой фактор не может быть лимитирующим. Напротив, если организм обладает узким диапазоном толерантности к какому-нибудь изменчивому фактору, то этот фактор заслуживает изучения, так как может быть лимитирующим.

Биогеохимические циклы. В экосистемах очень важна роль биогеохимических циклов. Биогенные элементы — С, О₂, N₂, Р, S, СО₂, Н₂О и другие - в отличие от энергии удерживаются в экосистемах и совершают непрерывный круговорот из внешней среды в организмы и обратно во внешнюю среду. Эти замкнутые пути называют **биогеохимическими циклами**. В каждом круговороте различают два фонда: резервный, включающий большую массу движущихся веществ, в основном небиологических компонентов, и подвижный, или обменный, фонд — по характеру более активный, но менее продолжительный, отличительной особенностью которого является быстрый обмен между организмами и их непосредственным окружением.

Биогеохимические циклы можно подразделять на два типа: 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере и гидросфере (океан), 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре.

Из 90 с лишним элементов, встречающихся в природе, 30— 40 необходимы для живых организмов. Человек уникален не только тем, что его организм нуждается в 40 элементах, но и тем, что в своей деятельности использует почти все другие имеющиеся в природе элементы.

Круговорот азота. Азот составляет около 80% атмосферного воздуха и является крупнейшим резервуаром и предохранительным клапаном атмосферы. Однако большинство организмов не могут усваивать азот из воздуха. Между тем азот участвует в построении всех белков и нуклеиновых кислот. Усваивать азот из воздуха способны только некоторые организмы — бактерии, которые существуют в симбиозе с бобовыми растениями (горох, фасоль, соя). Они поселяются на корнях бобовых растений, образуя клубеньки, в которых и происходит химическая

фиксация азота. Азот могут усваивать также сине-зеленые водоросли, называемые цианобактериями. Они образуют симбиоз с плавающим папоротником, который растет на заливаемых водой рисовых полях и до высадки рассады риса удобряет эти поля азотом. Первый этап фиксации атмосферного азота приводит к образованию аммиака и называется аммонификацией (рис. 1.1). Аммиак используется растениями для синтеза аминокислот, из которых состоят белки. Второй этап фиксации азота микроорганизмами — нитрификация, при этом образовавшийся аммиак преобразуется в соли азотной кислоты — нитраты. Нитраты усваиваются корнями растений и транспортируются в листья, где происходит синтез белков. Процесс разложения белков, осуществляемый особой группой бактерий, называется денитрификацией. Распад идет сначала с образованием нитратов, потом аммиака и, наконец, молекулярного азота. Содержание азота в живых тканях составляет около 3% его содержания в обменных фондах экосистем. Общее время круговорота азота — примерно 100 лет.

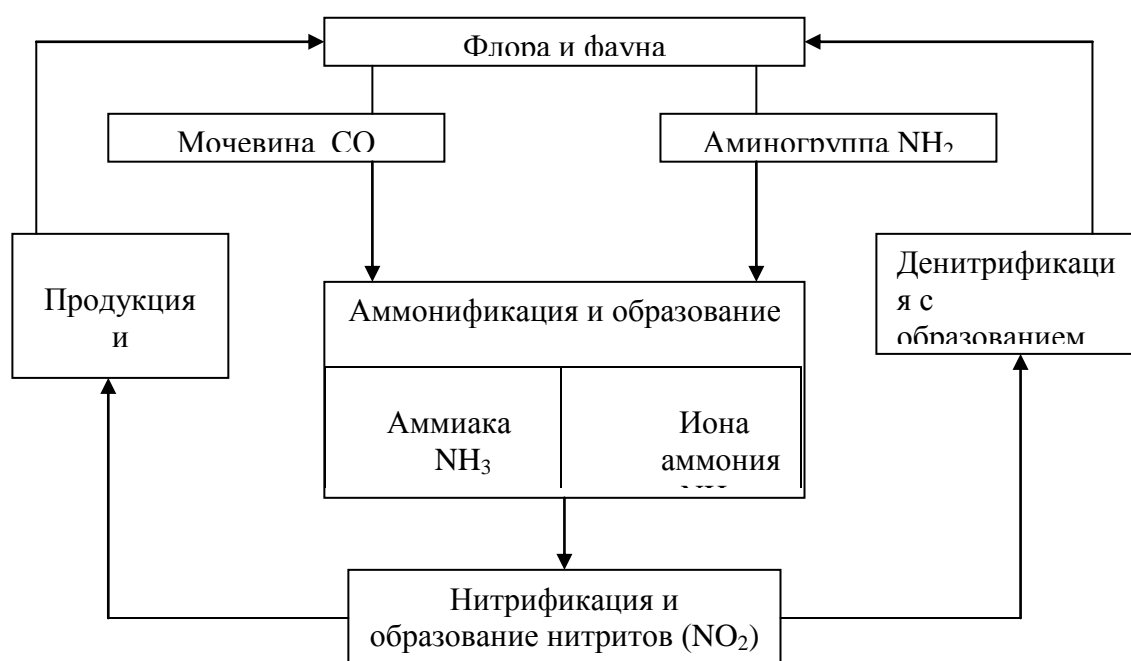


Рис. 1.1. Основные биохимические этапы круговорота азота [21]

Круговорот углерода. Круговороты углекислоты и воды в глобальном масштабе — самые важные для человечества биогеохимические круговороты. В круговороте CO₂ атмосферный фонд невелик по сравнению с запасами углерода в океанах, ископаемом топливе и других резервуарах земной коры. До наступления индустриальной эры потоки углерода между атмосферой, материками и океанами были сбалансированы. Но в XX в. содержание CO₂ постоянно растет в результате новых техногенных поступлений (сжигание горючих ископаемых, деградация почвенного слоя, сведение лесов и т.д.). В 1800 г. в атмосфере Земли содержалось 0,29% CO₂; в 1958 - 0,315%, а к 1980 г. его содержание выросло до 0,335%. Если концентрация CO₂ вдвое превысит доиндустриальный уровень, что может случиться в середине XXI в., то температура поверхности Земли и нижних слоев атмосферы в среднем повысится на 3°. В результате подъем уровня моря и перераспределение осадков могут погубить сельское хозяйство.

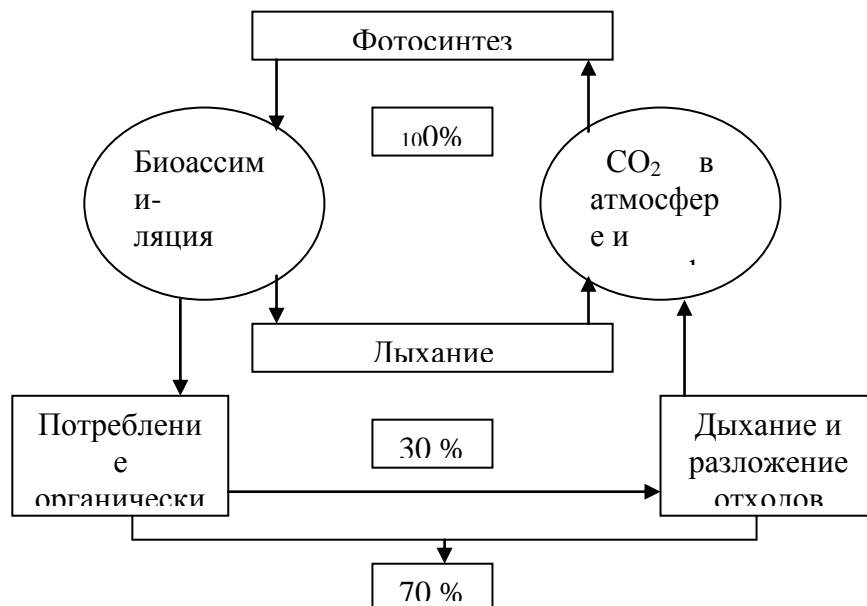


Рис. 1.2. Круговорот углерода

Биологический круговорот углерода достаточно прост; в нем участвуют только органические соединения и CO₂ (рис. 1.2). Весь потребленный в процессе фотосинтеза углерод включается в углеводы, а в процессе дыхания весь углерод, содержащийся в органических соединениях, превращается в CO₂. Растения потребляют ежегодно около 100 млрд т углерода, 30 млрд т возвращаются в атмосферу в результате дыхания растений. Остальные 70 млрд т обеспечивают дыхание и продукцию животных, бактерий и грибов в различных трофических цепях. Растения и животные ежегодно пропускают через себя 0,25—0,30% углерода, содержащегося в атмосфере и океанах. Весь обменный фонд углерода совершает круговорот каждые 300—400 лет.

Кроме CO₂ в атмосфере присутствует в небольших количествах окись углерода — СО (примерно 0,1 части на миллион). Однако в городах с сильным автомобильным движением содержание СО может достигать 100 частей на миллион, что представляет уже угрозу для здоровья человека. Для сравнения можно привести другой пример: курильщик, потребляющий в день пачку сигарет, получает до 400 частей на миллион, что часто является причиной анемии и других сердечно-сосудистых заболеваний.

Другое соединение углерода в атмосфере — метан (CH₄). Его содержание составляет 1,6 частей на миллион. Считается, что метан поддерживает стабильность озонового слоя в атмосфере.

Круговорот воды. Вода составляет значительную часть живых существ: в теле человека — по весу 60%, а в растительном организме достигает 95%. На круговорот воды на поверхности Земли затрачивается около трети всей поступающей на Землю солнечной энергии. Испарение с водных пространств создает атмосферную влагу. Влага конденсируется в форме облаков, охлаждение облаков вызывает осадки в виде дождя и снега; осадки поглощаются почвой или стекают в моря и океаны.

Для человечества важны фазы круговорота в пределах экосистем. Здесь происходят четыре процесса (рис. 1.3):

- **перехват.** Растительность перехватывает часть выпадающей в осадках воды до того, как она достигает почвы. Перехваченная вода испаряется в атмосферу. Величина перехвата в умеренных широтах может достигать 25% общей суммы осадков, это — физическое испарение;

- транспирация — биологическое испарение воды растениями. Это не дождевая вода, а вода, заключенная в растениях, т. е. экосистемная. Растения, потребляя около 40% общего количества осадков, играют главную роль в круговороте воды;

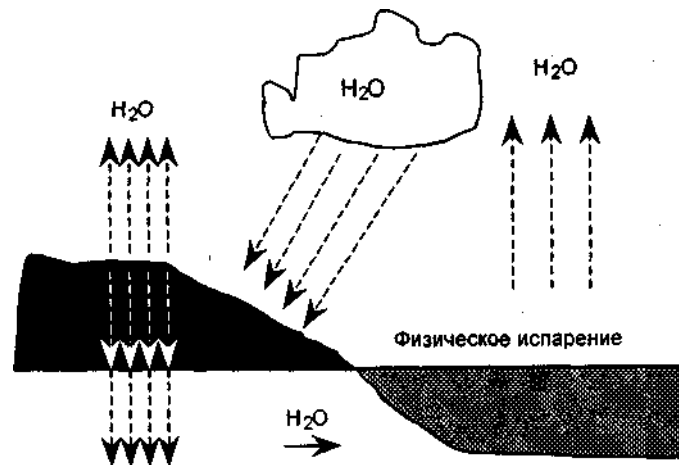


Рис. 1.3. Круговорот воды

- инфильтрация — просачивание воды в почве. При этом часть инфильтрованной воды задерживается в почве тем сильнее, чем значительнее в ней коллоидальный комплекс, соответствующий накоплению в почве перегноя;
- сток. В этой фазе круговорота избыток выпавшей с осадками воды стекает в моря и океаны.

Отличие циклов углерода и азота от круговорота воды состоит в том, что в экосистемах два названных элемента накапливаются и связываются, а вода проходит через экосистемы почти без потерь. Биосфера ежегодно использует на формирование биомассы 1% воды, выпавшей в виде осадков.

Круговорот фосфора. Фосфор - один из наиболее важных биогенных компонентов. Он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, систем аккумуляции и переноса энергии, костной ткани и дентина. Круговорот фосфора всецело связан с деятельностью организмов.

В отличие от азота и углерода резервуаром фосфора служат не атмосфера, а горные породы и отложения, образовавшиеся в прошлые геологические эпохи. Круговорот фосфора - типичный пример осадочного цикла.

Круговорот второстепенных элементов. Второстепенные элементы подобно жизненно важным мигрируют между организмами и средой, хотя и не представляют ценности для организмов. Но в окружающую среду часто попадают побочные продукты промышленности, содержащие высокие концентрации тяжелых металлов, радиоактивные элементы и ядовитые органические соединения.

Радиоактивный $Sr-90$ крайне опасен для человека и животных. По химическим свойствам он похож на кальций и поэтому, попав в организм, накапливается в костях и оказывается в опасном контакте с костным мозгом — кровеносной тканью.

Радиоактивный $Cs-137$ — по свойствам схож с калием и поэтому быстро циркулирует по пищевым цепям.

$Sr-90$ и $Cs-137$ — новые вещества, которые не существовали в природе до того, как человек расщепил атом. Они характеризуются длительными периодами полураспада.

Аккумуляция этих радиоактивных изотопов в организме человека создает постоянный источник облучения, приводящего к канцерогенезу.

Для того чтобы количественно определить повторно используемую часть вещества в обороте, предложен **коэффициент рециркуляции** — отношение суммарных количеств вещества, циркулирующих между разными отделами системы, к общему потоку вещества через всю систему: $CI = TST_C / TST$, где CI — коэффициент рециркуляции, TST_C — рециркулируемая доля потока через систему и TST — общий поток вещества через систему.

Элементы, которые человек считает ценными (платина, золото), повторно используются на 90% и более. Однако коэффициент рециркуляции энергии равен нулю.

8.1.2 Популяция как элемент экосистемы

Если экосистема — основная функциональная единица экологии, предмет ее исследования, то популяция — основной элемент каждой экосистемы.

Популяция — это совокупность особей одного вида, способная к самовоспроизведению, более или менее изолированная в пространстве и во времени от других аналогичных совокупностей того же вида.

Популяция обладает биологическими свойствами, присущими составляющим ее организмам, и групповыми свойствами, присущими только популяции в целом. Как и отдельный организм, популяция растет, дифференцируется и поддерживает сама себя. Но такие свойства, как рождаемость, смертность, возрастная структура, характерны только для популяции в целом.

При описании популяций используют две группы количественных показателей: **статические**, характеризующие состояние популяции в какой-то определенный момент времени, и **динамические**, характеризующие процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени. **Общая численность** популяции выражается определенным количеством особей. Для ее оценки применяются различные методы. Если речь идет о крупных и хорошо заметных организмах, применяется аэрофотосъемка. В других случаях применяется метод мечения. Животных ловят, метят и отпускают обратно в природу. Через некоторое время производят новый отлов и по доле меченных животных определяют численность популяции.

Количественным показателем оценки популяции является **плотность** — численность популяции, отнесенная к единице занимаемого пространства. Для характеристики **пространственного распределения особей** применяют методы математической статистики, которые позволяют оценить дисперсию наблюдаемого распределения плотности и сопоставить ее со средним значением плотности. При случайном распределении дисперсия равна среднему значению: $\sigma^2 = m$, при регулярном — дисперсия меньше среднего: $\sigma^2 < m$ и при пятнистом — дисперсия больше среднего: $\sigma^2 > m$. В соответствии с этим отношение дисперсии к среднему значению есть показатель степени пространственной агрегированности. Если величина этого показателя примерно равна единице — распределение случайное; меньше единицы — регулярное; больше единицы — пятнистое.

Поскольку длительность существования популяции значительно превышает продолжительность жизни отдельных особей, в ней всегда присутствует смена поколений. И даже если численность популяции постоянна, то постоянство является результатом динамического равновесия прибыли и убыли особей.

Рождаемость — это число особей N , родившихся за некоторый промежуток времени dt — dN_r/dt . Для сравнения популяций разной численности величину dN_r/dt относят к общему числу особей N в начале промежутка времени dt . Полученную величину dN_r/dt называют **удельной рождаемостью**. Единица времени, выбранная для оценки рождаемости, изменяется в зависимости от интенсивности размножения организмов, образующих популяцию. Для популяции бактерий единицей времени может быть час, для планктонных водорослей — сутки, для насекомых — недели или месяцы, для крупных млекопитающих — годы. **Смертность** — величина противоположная рождаемости. Она оценивается числом особей dN_m погибших за время dt . Удельная смертность выражается как dN_m/Ndt .

Продолжительность жизни у разных видов различна, и, чтобы их сравнивать, строятся кривые выживания. На оси абсцисс откладывается время жизни, на оси ординат — число выживших (рис. 1.4). Кривая типа I (сильно выпуклая) характерна для популяций организмов, у которых смертность почти до конца жизни остается низкой. Этот тип кривой выживания характерен для многих видов крупных животных, в том числе и для человека. Другой крайний вариант — кривая типа III (сильно вогнутая) характерна для популяций, у которых смертность высока на ранних стадиях. Так, у личинок устриц и прорастающих желудей очень высокая смертность, но как только особи хорошо приживутся, продолжительность жизни резко увеличивается. Кривая типа II (диагональная) соответствует постоянной смертности в течение всей жизни. Такие кривые встречаются у рыб, пресмыкающихся и птиц. Кривая выживания человека не всегда имела выпуклую форму. Например, кривые, построенные по надписям на надгробиях людей, живших в Римской империи в I—IV вв. н. э., были диагональными.

В популяции выделяют три экологические возрастные группы: пререпродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную. В быстрорастущих популяциях значительную долю составляют молодые особи. В популяциях, находящихся в стационарном состоянии, возрастное распределение относительно равномерное.

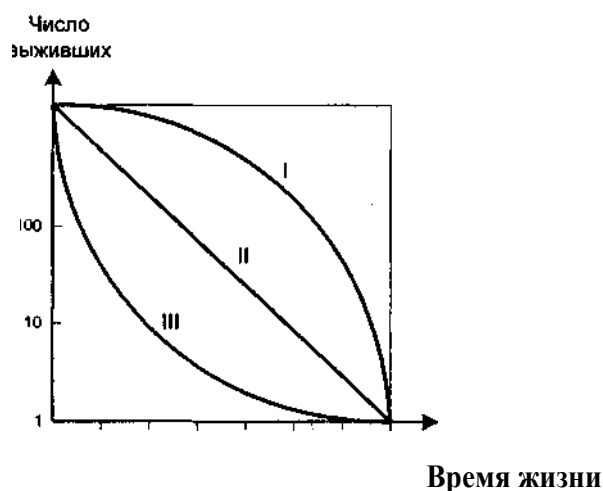


Рис. 1.4. Типы кривых выживания

В популяциях, численность которых снижается, содержится большая доля старых особей. У современного человека упомянутые три возрастные группы приблизительно одинаковы.

У первобытных людей пререпродуктивный период очень длителен, репродуктивный — короткий, а пострепродуктивный отсутствует совсем. У поденок, например, личиночное развитие занимает несколько лет, а во взрослом состоянии (в репродуктивный период) они живут несколько дней.

В среде, не ограничивающей рост популяции (нет ограничения в пище, пространстве и т.д.), удельная скорость роста, т. е. скорость, рассчитанная на одну особь, становится постоянной и максимальной. Этот показатель, обозначаемый r , является экспонентой в дифференциальном уравнении роста популяции в нелимитирующей среде.

$$dN/dt = rN; \quad r = dN/Ndt, \quad (1.1)$$

интегрируя, получаем экспоненциальную зависимость:

$$N_t = N_0 e^{rt} \quad (1.2)$$

где N_0 - численность в начальный момент времени,

N_t — численность в момент времени t ,

e — основание натурального логарифма.

Логарифмируя обе части равенства, получаем уравнение в форме, удобной для расчета:

$$\ln(N_t) = \ln(N_0) + rt, \quad (1.3)$$

откуда

$$r = (\ln(N_t) - \ln(N_0))/t. \quad (1.4)$$

Когда популяция переходит в стационарное состояние, r называют внутренней скоростью естественного роста — **биотическим потенциалом** и обозначают r_{max} . Разницу между биотическим потенциалом и скоростью роста в реальных условиях называют сопротивлением среды. **Сопротивление среды** — это сумма всех лимитирующих факторов, препятствующих реализации r_{max} .

По форме кривых роста можно выделить два основных типа роста: описываемый J-образной кривой и S-образной (или сигмоидной) кривой (рис. 1.5). При J-образной кривой (рис 1.5 а) плотность популяции быстро возрастает по экспоненте, но затем, когда начинает действовать сопротивление среды, рост быстро прекращается. Этот тип роста может быть описан простым экспоненциальным уравнением (1.1) при заданном ограничении на величину N .

Рис. 1.5. Кривые роста популяции:

- а) J-образная кривая (экспоненциальный рост); б) S-образная кривая (сигмоидный рост)

При типе роста, описываемом сигмоидной кривой (рис. 1.5 б), популяция сначала увеличивается медленно, затем рост ее все ускоряется, затем под влиянием среды рост постепенно замедляется и в конце концов достигает равновесия. Этот тип роста описывается простым логистическим уравнением:

$$dN/dt = rN_0(K - N_0)/K,$$

где: dN/dt - скорость роста популяции,

r — удельная, или внутренняя, скорость роста,

N — величина популяции (численность),

K — максимально возможная величина популяции. Этот предел является верхней асимптотой сигмоидной кривой.

В природе экспоненциальный рост или не происходит вообще, или происходит в течение очень короткого времени. Эта модель используется, чтобы количественно охарактеризовать потенциальные возможности популяции к росту. Она позволяет выявить факторы, ограничивающие рост изучаемой популяции.

Константы r и K из логистического уравнения характеризуют два типа естественного отбора, которые позволяют обосновать разные **типы экологических стратегий**:

- r - стратегия характерна для популяций в начальный период увеличения ее численности. Она определяется отбором в условиях, когда плотность популяции мала и соответственно слабо выражено тормозящее воздействие конкуренции. Эта стратегия характерна, например, для временных водоемов, заполняющихся водой только в период дождей. r - отбор направлен на высокую плодовитость, быстрое достижение половой зрелости, достижение короткого жизненного цикла, способности выживания в неблагоприятный период в виде покоящихся стадий;
- K - стратегия связана с отбором, направленным на повышение выживаемости и величины предельной плотности K в условиях стабилизирующейся численности популяции при сильном воздействии конкуренции. K - отбор направлен на оценку конкурентоспособности и предусматривает возможные пути защищенности от хищников и паразитов, и выживаемости потомства, а также совершенствования механизмов регуляции численности.

В южных регионах распространено растение амброзия. Она растет по свалкам, залежам и другим недавно нарушенным местообитаниям. С другой стороны, в умеренном поясе в стабильном нижнем ярусе леса обитают травянистые растения. Если сравнить эти растения по продукции семян, окажется, что амброзия продуцирует семян в 50 раз больше, чем растения леса, и тратит в 5 раз больше чистой энергии на размножение. Амброзия — пример r -отбора, растения лесного сообщества — K -отбора.

Выделение r и K - стратегий в чистом виде условно. На самом деле каждый вид организмов испытывает некую комбинацию r и K -отбора, т. е. оставляемые отбором особи должны обладать и достаточно высокой плодовитостью, и развитой способностью выживания при наличии конкуренции.

Логистическая модель популяционного роста исходит из предположения о том, что для каждой популяции существует определенный равновесный уровень плотности (численности). Это уровень, при котором рождаемость равна смертности. Если равновесный уровень превышен, то в самой популяции или в окружающей среде что-то должно измениться так, чтобы смертность стала больше рождаемости, а популяция соответственно начала сокращать свою численность. Напротив, в случае понижения численности ниже равновесного уровня процессы, происходящие в популяции или в среде, должны привести к росту численности популяции. Отсюда возник подход к оценке механизмов, поддерживающих численность популяции, называемый регуляционизмом.

Регуляционизм — представление о том, что каждая популяция обладает равновесным уровнем плотности (численности) и существуют механизмы, направленные на поддержание этой плотности. Наблюдения и эксперименты позволили считать, что динамика численности любой популяции есть автоматически регулируемый процесс, а действие факторов, контролирующих популяцию, определяется плотностью самой популяции.

Принципиально иной подход к оценке механизмов, поддерживающих численность популяции, — это **стохастизм**, при котором придается случайно действующим факторам среды, например, погодным, основное значение. Стохастизм отрицает существование равновесного уровня, отклонение от которого автоматически возвращает популяцию к исходному уровню плотности (численности). С позиции стохастизма равновесный уровень численности есть результат ее усреднения за длительный срок.

Концепция саморегуляции. Сторонники и регуляционизма, и стохастизма, несмотря на различия, сходятся в том, что главная роль в ограничении роста численности популяции принадлежит факторам внешней среды. Однако регуляционисты считают, что факторы среды приводят в действие автоматически регулируемую плотность популяции, стохастисты отводят случайным факторам ведущую роль в определении численности популяции.

В начале 60-х годов нашего столетия была предложена **концепция саморегуляции популяций**, согласно которой в процессе роста популяции изменяется не только и не столько качество среды, в которой существует эта популяция, сколько качество самих составляющих ее особей. Следовательно, суть концепции саморегуляции состоит в том, что любая популяция способна регулировать свою численность так, чтобы не подрывать возобновляемые ресурсы местообитания, и так, чтобы не потребовалось вмешательства каких-либо внешних факторов, например хищников или неблагоприятной среды.

Основанием для выдвижения этой концепции послужили наблюдения за колониями мышей, содержащихся в лаборатории. В этих условиях при достаточном снабжении пищей возрастание плотности популяции приводило к увеличению у мышей надпочечников — органов эндокринной системы. Гормональные сдвиги, происходящие в организме под влиянием нервного перевозбуждения при перенаселении, ведут к повышению агрессивности животных, изменению репродуктивного потенциала (позднее половое созревание, снижение

продуктивности, иногда полное прекращение размножения), снижению устойчивости к заболеваниям. Эти изменения обычно ведут к резкому снижению жизнеспособности особей и их массовой гибели.

Если в лабораторных условиях результатом стрессового состояния, вызванного перенаселенностью, является возрастание смертности, то в природных условиях — миграция в новые местообитания, где больше риск гибели от разнообразных причин.

8.1.3 Человек и биосфера

Давление человека на биосферу началось задолго до наступления этапа промышленной эволюции, ибо целые цивилизации погибли еще до нашей эры. Среди невозвратно погибших цивилизаций — Средиземноморская, цивилизация Майя, цивилизация острова Пасхи и др. Катастрофические экологические явления в прошлом были в основном связаны не с загрязнением природной среды, как сейчас, а с ее трансформациями. Главная из них — деградация почв, эрозия, засоление и т.д.

Вследствие антропогенной нагрузки на биосферу сегодня возникли новые экологические проблемы, которых не было в предыдущем XIX столетии [22, 27, 41]:

- началось потепление климата нашей планеты. В результате «парникового эффекта» температура поверхности Земли за последние 100 лет возросла на 0,5—0,6°C. Источниками CO₂, ответственными за большую часть парникового эффекта, являются процессы сжигания угля, нефти и газа и нарушение деятельности сообществ почвенных микроорганизмов тундры, потребляющих до 40% выбрасываемого в атмосферу CO₂;
- значительно ускорился процесс подъема уровня Мирового океана. За последние 100 лет уровень моря поднялся на 10—12 см и сейчас этот процесс десятикратно ускорился. Это грозит затоплением обширных территорий, лежащих ниже уровня моря (Голландия, область Венеции, Санкт-Петербург, Бангладеш и др.);
- произошло истощение озонового слоя атмосферы Земли (озоносферы), задерживающего губительное для всего живого ультрафиолетовое излучение. Считается, что главный вклад в разрушение озоносферы вносят хлор-фтор-углероды (т. е. фреоны). Они используются в качестве хладагентов и в баллончиках с аэрозолями. В 1996 г. была принята международная декларация, запрещающая использование наиболее опасных хлор-фтор-углеродов. При соблюдении условий декларации для полного восстановления озонового слоя потребуется не менее 100 лет и с начала XXI в. можно ожидать постепенный рост толщины «экрана» озоносферы;
- происходит интенсивное опустынивание и обезлесение планеты Земля. В Азии и Африке процесс опустынивания идет со скоростью 6 млн га в год. Главной причиной опустынивания является неоправданный рост поголовья скота, вытравливающего растительный покров. В России это происходит в Калмыкии и Нижнем Поволжье. Интенсивно вырубаются леса в Бразилии и России. Сведение лесов приводит к снижению продукции кислорода, сопровождающей процесс фотосинтеза;
- интенсивно загрязняется Мировой океан. Загрязнение сопровождается разработку морских месторождений нефти и является результатом промышленных и коммунальных стоков в океан. Мировой океан в результате

фотосинтетической деятельности одноклеточных зеленых водорослей дает 2/3 продукции кислорода, насыщающего атмосферу. Наибольшую опасность для жизни Океана как живого сообщества представляет нефтяное загрязнение. Сейчас в Океан ежегодно выливается 10 млн т нефти, углеводороды которой разрушаются микроорганизмами, превращающими нефть в углекислый газ и воду. Но защитные силы Океана не безграничны. Модельные расчеты показали, что одновременное попадание в Океан 25 млн т нефти уничтожит это уникальное живое сообщество, т. е. буквально перекроет кислород биосфере.

Поступление кислорода в атмосферу Земли в результате фотосинтетической деятельности ежегодно составляет 240—300 млрд т. Организмы биосферы расходуют на дыхание 90% этого количества, оставшиеся 10% — 24—30 млрд т расходуются промышленностью. Но к началу XXI в. промышленность при нынешних темпах ее развития может потреблять уже 57—60 млрд т кислорода. Если не ограничить и не изменить технологию сжигания горючих ископаемых, то через 100 лет содержание кислорода в атмосфере снизится с 21 до 8%.

Химические и радиационные загрязнения природы, уменьшение толщины озонового слоя подавляют прежде всего иммунную систему живых организмов, в том числе и человека, вызывая иммуннодефицитное состояние организма. При заболевании СПИДом особый вирус поражает иммунную систему человека. В результате организм теряет защиту и может погибнуть от самого простого заболевания. В отличие от вируса СПИДа, обладающего огромной разрушительной силой, загрязнения действуют медленно, но столь же губительно.

В результате безудержной техногенной агрессии средняя продолжительность жизни в России находится в конце четвертого десятка стран мира, по выживаемости детей в возрасте до 1 года (по детской смертности) — в конце пятого десятка стран (на уровне африканских стран), отставая от Индии, Бразилии и Южной Кореи. Сегодня смертность в России превышает рождаемость в 1,7 раза. По прогнозам демографов, к 2000 г. на двух ушедших из жизни российских граждан придется только один новорожденный. В России сложилась беспрецедентная ситуация со смертностью мужчин в трудоспособном возрасте от несчастных случаев, отравлений и травм. Для стран Европы, США и Японии доля умерших от этих причин составляет 5—5,5%, а в России 22—25%. В России у 40% мужчин средняя продолжительность жизни составляет 58 лет. Столь драматическая ситуация, уже приведшая к депопуляции, когда смертность существенно возрастает, а рождаемость падает, свойственна исключительно нашей стране. Это является результатом резкого ухудшения экологической обстановки, разрушения ранее существовавших в стране систем общей профилактики заболеваний и пренебрежения к правилам и нормам безопасности жизнедеятельности.

Одним из главных факторов, приведших к ухудшению природной среды России, стало необоснованное развитие отраслей минерально-сырьевого комплекса — добывающей промышленности. Численность населения России составляет менее 3% общемировой, но до последнего времени Россия производила свыше 20% мирового объема продукции горнодобывающей промышленности, и большая часть этого сырья экспортировалась. В этом отношении Россия мало отличается от стран Третьего мира, которые являются сырьевыми придатками промышленно развитых стран. Структура российской добывающей промышленности такова, что на производство ее конечной продукции расходуется менее 7% сырьевой массы,

извлекаемой из недр Земли. Здесь и терриконы вблизи угольных шахт, насыпанные прямо на плодородный чернозем, и неполное извлечение полезных ископаемых из недр, и сжигание попутного газа в факелах, и т.д. Так, например, для поднятия нефти из скважин во всем мире применяется газ, а в России из-за отсутствия соответствующего компрессорного оборудования в скважину закачивается вода. В результате из скважин берут только 30% нефти, вода смешивается с нефтью и т.д. К тому же именно в добывающей промышленности наблюдается самый высокий уровень травматизма среди работающих.

В структуре экспорта России кроме сырой нефти, газа и неразделанного на пиломатериалы леса имеется металл и минеральные удобрения. На мировом рынке у России покупают и черные, и цветные металлы. Однако металлургия — одно из самых экологически грязных производств. Поэтому покупатели нашей металлургической продукции предпочитают иметь грязные производства в России, а не у себя дома. То же самое относится к промышленности минеральных удобрений. Чтобы минимизировать, а затем и вовсе уйти от последствий интенсивного загрязнения среды обитания, необходимо активно внедрять чистые технологии, что позволит значительно увеличить продолжительность жизни; развивать наукоемкие технологии, широкомасштабно используя компьютеризацию; совершенствовать постоянно действующее эффективное природоохранное законодательство.

Мировой опыт показывает, что для стабилизации экологической ситуации в стране нужно затратить не менее 3% валового национального продукта, а для улучшения экологической ситуации — необходимо уже 5%. Такие расходы несут Германия, Англия и Швеция. Самые большие затраты на природоохранные мероприятия у США — 7%. По данным 1989 г., затраты СССР на эти цели составляли 1,5%, а в России, по данным Комитета по экологии Государственной Думы, выделяется на эти цели не более 0,5%.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение экосистемы.
2. Как соотносятся время существования биосферы и вида *Homo sapiens*?
3. Как вы понимаете гипотезу Геи?
4. Сформулируйте принцип эмерджентности.
5. В результате каких процессов биосфера накопила горючие ископаемые — основу промышленной революции?
6. Расскажите о биомной и энергетической классификации экосистем.
7. Сформулируйте правило Одума, закон удельной продуктивности и принцип экологического дублирования.
8. Перечислите абиотические факторы наземной среды.
9. Сформулируйте законы минимума и толерантности.
10. Опишите круговороты азота, углерода и воды.
11. Дайте определение популяции и ее свойств.
12. Что такое *r*- и *K*-стратегии отбора?
13. Изложите концепции регуляционизма, стохастизма и саморегуляции.
14. В чем заключаются глобальные экологические проблемы XX в.?
15. Что нужно для стабилизации экологической ситуации в России?

8.2 Техногенное загрязнение среды.

8.2.1 Основные виды загрязнений природной среды.

Чтобы обеспечить свое существование, человечество должно иметь пищу, воду, кров, одежду и т.д. Все это с неизбежностью предполагает образование различного рода отходов, которые поступают в окружающую среду. Во избежание ненужного, а порой и непоправимого ущерба, наносимого природной среде, такое воздействие на нее должно тщательно планироваться. Здесь следует сочетать удовлетворение потребностей человека за счет природы с активной защитой природной среды от последствий человеческой деятельности. Как правило, названные цели не исключают друг друга, хотя в некоторых случаях приходится принимать компромиссные решения. Например, количество отходов, приходящихся на типичный американский город с населением 1 млн человек, поразительно (см. рис. 4.1). Ежедневно в городскую канализацию в среднем сбрасывается каждым жителем 0,6 т воды; образуется 150 т сажи, зольной пыли и других загрязнителей воздуха и 2000 т твердых отходов.

Теоретически в условиях города возможно избежать загрязнения окружающей среды: получать чистую воду из сточных вод, а на иле сточных вод выращивать сельскохозяйственную продукцию. Даже CO_2 и H_2O , выделяемые при дыхании, можно было бы превратить с помощью растений и водорослей в углеводы и кислород. Однако согласно законам термодинамики такое изолированное существование веществ не может продолжаться бесконечно долго.

ВОДА 625 000 т/сутки	Город с населением в 1 млн человек	СТОЧНЫЕ ВОДЫ 500 000 т/сутки
ПИЩА		ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ
2000 т/сутки		2000 т/сутки
УГОЛЬ 4000 т/сутки		ЧАСТИЦЫ
НЕФТЬ		150 т/сутки
2800 т/сутки		ДИОКСИД СЕРЫ
ПРИРОДНЫЙ ГАЗ		150 т/сутки
2700 т/сутки		ОКСИД АЗОТА
ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ 100 т/сутки		150 т/сутки
		УГЛЕВОДОРОДЫ
		1000 т/сутки
		ОКСИД УГЛЕРОДА
		450 т/сутки

Рис. 4.1. Основные входные (вода, пища, топливо) и выходные (сточные воды, твердые отходы, загрязнители воздуха) потоки города.

Любая деятельность человека оказывает воздействие на суммарные ресурсы Земли. Казалось бы, в результате такой деятельности ресурсы Земли должны иссякнуть. Однако не следует забывать, что Земля постоянно получает приток новой энергии, источником которой является Солнце.

Загрязнения окружающей среды (ОС) можно классифицировать (рис. 4.2) на физические (шум, вибрации, различные виды излучений) и химические (различные вещества: в воздухе — это токсичные газы и пары, в воде и почве — ионы тяжелых металлов).



Рис. 4.2. Антропогенные загрязнений ОС

8.2.2. Загрязнение атмосферы.

Характеристика атмосферы и виды загрязнений. Огромное число вредных веществ находится в воздухе, которым мы дышим. Это и твердые частицы, например частицы сажи, асбеста, свинца, и взвешенные жидкие капельки углеводородов и серной кислоты, и газы, такие, как оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы. Все загрязнения, находящиеся в воздухе, оказывают биологическое воздействие на организм человека: затрудняется дыхание, осложняется и может принять опасный характер течение сердечно-сосудистых заболеваний. Под действием одних содержащихся в воздухе загрязнителей (например, диоксида серы и углерода) подвергаются коррозии различные строительные материалы, в том числе известняк и металлы. Может измениться облик местности, поскольку растения также чувствительны к загрязнению воздуха.

Сегодня существуют три основных источника загрязнения атмосферы — это промышленность, бытовые котельные, транспорт. Теплоэлектростанции вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ. Metallургические предприятия (особенно цветной металлургии) загрязняют воздух оксидами азота, сероводородом, хлором, фтором, аммиаком, соединениями фосфора, частицами и

соединениями ртути и мышьяка. А уж про химические предприятия и говорить нечего.

Атмосферные загрязнители бывают первичными и вторичными. Так, поступающий в атмосферу сернистый газ окисляется до серного ангидрида, который взаимодействует с парами воды и образует капельки серной кислоты. При взаимодействии серного ангидрида с аммиаком образуются кристаллы сульфата аммония.

Подобным образом в результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы образуются другие вторичные признаки.

К атмосферным загрязнителям относятся углеводороды — насыщенные и ненасыщенные, включающие от 1 до 13 атомов углерода. Они подвергаются различным превращениям, окислению, полимеризации, взаимодействуя с другими атмосферными загрязнителями после возбуждения солнечной радиацией. В результате этих реакций образуются перекисные соединения, свободные радикалы, соединения углеводородов с оксидами азота и серы, часто в виде аэрозольных частиц. При некоторых погодных условиях могут образовываться особо большие скопления вредных газообразных и аэрозольных примесей в приземном слое воздуха. Обычно это происходит в тех случаях, когда в слое воздуха непосредственно над источниками газопылевой эмиссии существует инверсия — расположение слоя более холодного воздуха под тёплым, что препятствует воздушным массам и задерживает перенос примесей вверх. В результате вредные выбросы сосредотачиваются подслоем инверсии, содержание их у земли резко возрастает, что образует фотохимический туман (смог). **Смог** (от английского smoke - дым и fog - туман) является наиболее опасным результатом загрязнения, нарушает нормальное состояние воздуха многих городов. Смоги возникают при определённых условиях: во — первых, при большом количестве пыли и газов, что выбрасываются в воздух города; во — вторых, при длительном существовании антициклональных условий погоды, при которых загрязнения скапливаются в приземном слое атмосферы.

Смоги бывают нескольких типов. Наиболее изученный и известный *влажный смог*. Он обычен для стран с морским климатом, где часты туманы и высокая относительная влажность воздуха. Это способствует смешиванию загрязнений, их взаимодействию в химических реакциях. При антициклонах над городами и промышленными центрами ядовитые газы и пыль могут скапливаться в 100-200 — метровом слое воздуха. Тогда и возникает ядовитый густой грязно-жёлтый туман — влажный смог. От него отличается происхождением и особенностями фотохимический смог, или, как его называют, *смог лосанджелесского типа*. Воздух в Лос- Анджелесе (США) сухой, и поэтому смог здесь образует не туман, а синеватую дымку. Для его возникновения необходим солнечный свет, который вызывает сложное фотохимическое превращение смеси углеводородов и оксидов азота, которые попали в воздух в результате автомобильных выбросов на вещества более токсичные, чем исходные атмосферные загрязнения. Одним из таких веществ является озон. Он выделяется в результате распада диоксида азота под влиянием олефинов из не полностью сгоревшего автомобильного топлива. В высоких концентрациях озон опасен для здоровья человека. Фотохимический туман резко снижает видимость, сопровождается неприятным запахом, у людей возникает

воспаление глаз, слизистых оболочек носа и горла, обостряются заболевания лёгких. Фотохимический туман повреждает растения, вызывает коррозию металлов, растрескивание синтетических изделий и т.д.

Продолжительность смогов от одного до нескольких дней, но интенсивность загрязнения настолько высокая, что может вызвать тяжёлые последствия, которые нередко сопровождаются жертвами. Так, во время одного из самых значительных смогов 5-7 декабря 1952 года в Лондоне, когда концентрация сернистого газа резко возросла, достигнув $2-4 \text{ мг/м}^3$, количество умерших увеличилось на 4 тыс. Человек в сравнении со средним количеством смертельных случаев.

Третий вид смогов – *ледяной смог*, или *смог аляскинского типа*. Он возникает в Арктике и Субарктике при низких температурах. В этом случае выбросы даже небольшого количества загрязнений из топок приводят к возникновению густого тумана, состоящего из мельчайших кристалликов льда и серной кислоты.

По своему физиологическому воздействию на организм человека смоги крайне опасны для дыхательной и кровеносной системы и часто бывают причиной преждевременной смерти городских жителей с ослабленным здоровьем.

Печальные рекорды смога. Ежегодно в мире 3 млн человек погибают от загрязнения атмосферы. Из 20 умерших один является жертвой смога. По данным Всемирной организации здравоохранения, от смога погибает втрое больше людей, чем в дорожных авариях. В 8 крупнейших городах мира каждый год смог уносит жизни 3500 человек. В Европе жертвами загрязнения атмосферы становятся по меньшей мере 100 тыс. человек. В 5% случаев причиной летального исхода становятся яды, содержащиеся в воздухе.

Во Франции, Швейцарии и Австрии ежегодно от загрязненного воздуха умирают 40 тыс. человек, в США — 70 тыс. Еще столько же людей умирают от рака легких и простаты (не в последнюю очередь связанных с загрязнением воздуха и воды), в то время как в дорожно-транспортных происшествиях гибнут 30 тыс. человек.

Особую опасность, по мнению экологов, представляет «легкая пыль» — частицы диаметром менее 10 мкм (0,01 мм). Она поступает в легочные пузырьки, вызывая раздражение, и способствует проникновению в организм таких токсичных и канцерогенных веществ, как бензол. Когда человек вдыхает мелкую пыль и озон в концентрациях, обычных для больших городов, артерии сжимаются, и сокращается приток крови к сердцу, что отрицательно сказывается на всех внутренних тканях.

Загрязнения атмосферы имеют и тяжелые экономические последствия. Лишь в провинции Онтарио (Канада) лечение в госпиталях, визиты к врачу и невыходы на работу из-за воздействия смога обходятся в 1 млрд долл. в год. А в Китае эти расходы составляют 5% от ВВП.

Таблица 4.1 и рис. 4.3 позволят вспомнить нормальный состав и строение атмосферы Земли, которая подразделяется на слои в соответствии с их температурой. На рис. 4.3 высота слоев указана приблизительно, поскольку она меняется в зависимости от точки отсчета.

Таблица 4.1 Компоненты чистого сухого воздуха

Компонент	Содержание по объёму, %
Азот (N_2)	78,08
Кислород (O_2)	20,94
Аргон (Ar)	0,93
Диоксид углерода (CO_2)	0,03

Озон (O ₃)	Менее 0,00005
Присутствуют также небольшие количества гелия, метана, криптона и водорода	Менее 0,002 неона

К основным загрязнителям атмосферы, которых по данным ЮНЕП (программа ООН по окружающей среде), ежегодно выделяется до 25 млрд т, относятся:

- диоксид серы и частицы пыли - 200 млн т/год;
- оксиды азота (N_xO_y) — 60 млн т/год;
- оксиды углерода (CO и CO₂) — 8000 млн т/год;
- углеводороды (C_xH_y) - 80 млн т/год.

Оксид серы IV SO₂. При растворении в воде образует кислотные дожди: $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 = \text{H}_2\text{SO}_3$. Выделяется в атмосферу в результате работы теплоэлектростанций (ТЭС) при сжигании бурого угля и мазута, а также серосодержащих нефтепродуктов и при получении металлов из серосодержащих руд — олово, цинк, медь, никель и т.д.

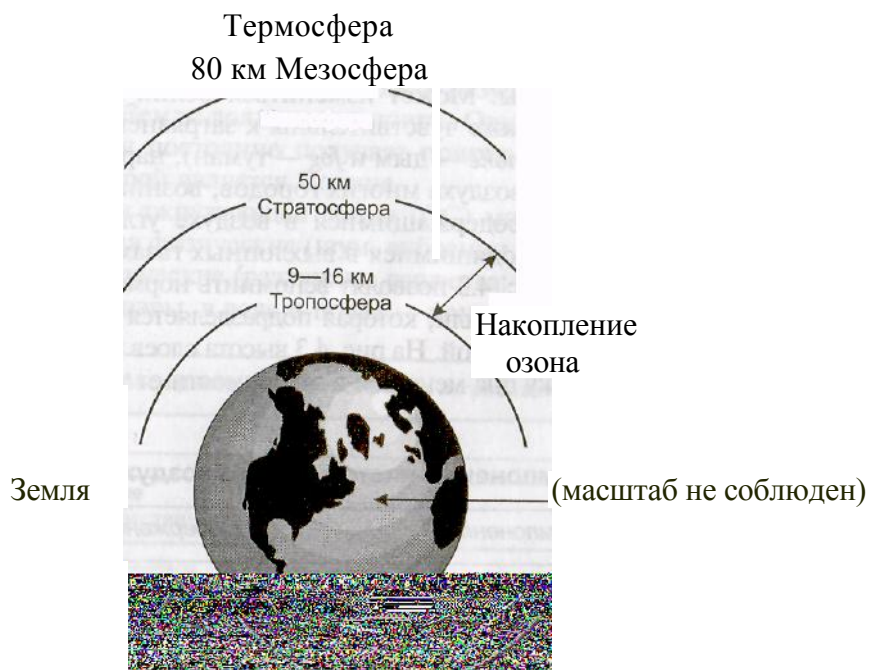


Рис. 4.3 *Строение атмосферы*

При сжигании угля или нефти содержащаяся в них сера окисляется, при этом образуются два соединения — диоксид серы и триоксид серы. В процессе первоначального горения топлива до триоксида серы окисляется менее 3% серы. Кислотные дожди губят растения, закисляют почву, увеличивают кислотность озер. В Норвегии, например, в 80-е годы из-за кислотных дождей погибло много рыбы. В этом, однако, была и большая доля вины российских предприятий (в основном комбината «Североникедь», расположенного на Кольском полуострове). Большую озабоченность вызывает в России огромный трансграничный перенос серы с Запада, составляющий примерно 2 млн т оксидов серы, — 10 млн т сульфатов в год, так как перемещение воздушных масс с Запада в нашу страну в связи с розой ветров в 7—10 раз превышает перемещение воздушных масс из России в Европу. Это в основном страны Восточной Европы и Украина, энергетика которых базируется на бурых углях.

Россия входит в Конвенцию по SO_2 и участвует во всех прессах, способствующих снижению выбросов окислов серы в атмосферу. В основном это строительство заводов по производству серной кислоты по схеме: диоксид серы — триоксид серы — серная кислота. Используя оксиды серы как вторичное сырье, человечество для производства такого необходимого ему во многих отраслях промышленности продукта, как серная кислота, перестанет извлекать из недр ограниченные запасы серы.

Подсчитано, что в 80-е годы человечеству необходимо было получать около 25 млн т серной кислоты в год (например, для получения синтетических моющих средств и других продуктов); выброс оксидов серы в тот же период составил 15,6 млн т в год — больше, чем необходимо для производства указанного выше количества серной кислоты.

Даже при среднем содержании оксидов серы в воздухе порядка 100 мкг на кубометр, что нередко имеет место в городах, растения приобретают желтоватый оттенок. Отмечено, что заболевания дыхательных путей, например бронхиты, учащаются при повышении уровня оксидов серы в воздухе.

Для улавливания двуокиси серы из отходящих дымовых газов разработаны различные методы. Весьма привлекательными здесь оказались скрубберные установки, дающие отходы в виде продуктов, имеющих спрос на рынке: один из таких скрубберов производит серу высокой чистоты, другой — разбавленную серную кислоту. Последнюю невыгодно перевозить на большие расстояния, но высокочистая сера, которая находит применение при производстве лекарственных препаратов, промышленных реагентов, удобрений в развитых странах, привлекает и потребителей из-за рубежа. В России удалось решить данную проблему на большей части европейской территории. В азиатской части, где трудно решить вопросы с транспортировкой серной кислоты, огромные массы SO_2 например, комбината «Норильский никель», которые выбрасывают высокие (до 100 м) трубы, достигают Канады через Северный полюс. В разных регионах России названная проблема требует срочного решения. Так, в Москве, на единственном нефтеперерабатывающем заводе в Капотне, с 1997 г. запрещено использовать серосодержащие нефтепродукты.

Оксиды азота (N_xO_y). В природе оксиды азота образуются при лесных пожарах. Высокие концентрации оксидов азота в городах и окрестностях промышленных предприятий связаны с деятельностью человека. В значительном количестве оксиды азота выделяют ТЭС и двигатели внутреннего сгорания. Выделяются оксиды азота и при травлении металлов азотной кислотой. Производство взрывчатых веществ и азотной кислоты — еще два источника выбросов оксидов азота в атмосферу.

Загрязняют атмосферу:

N_2O — оксид азота I (веселящий газ), обладает наркотическими свойствами, используется при хирургических операциях;

NO — оксид азота II, действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание;

NO_2 , N_2O_4 — оксиды азота V ($\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$), при взаимодействии с водой образуют азотную кислоту $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{HNO}_3$. Вызывают поражение дыхательных путей и отек легких.

Оксиды азота принимают участие в образовании фотохимического смога. К фотохимическим процессам относятся процессы образования пероксиацетилнитратов (ПАН). При концентрациях ПАН 0,1—0,5 мг/м³ они могут вызывать раздражение слизистой оболочки глаз у людей и животных, а также гибель растений, что характерно для южных солнечных городов.

Уровни фотохимического загрязнения воздуха тесно связаны с режимом движения автотранспорта. В период высокой интенсивности движения утром и вечером отмечается пик выбросов в атмосферу оксидов азота и углеводородов. Именно эти соединения, вступая в реакции друг с другом, обуславливают фотохимическое загрязнение воздуха.

Большое количество заболеваний верхних дыхательных путей наблюдается у населения, подвергавшегося воздействию высоких уровней оксидов азота, по сравнению с группой людей, которые находились в условиях меньшей концентрации N_xO_y , в условиях, когда концентрации других загрязнителей были такими же.

Люди с хроническими заболеваниями дыхательных путей (эмфизема легких, астма), а также страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, более чувствительны к прямым воздействиям оксидов азота.

Оксид углерода II (CO). Концентрация оксида углерода II в городском воздухе больше, чем любого другого загрязнителя. Однако поскольку этот газ не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, наши органы чувств не в состоянии обнаружить его. Самый крупный источник оксида углерода в городах — автотранспорт. В большинстве городов свыше 90% CO попадает в воздух вследствие неполного сгорания углерода в моторном топливе о реакции: $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$. Полное сгорание дает в качестве конечного продукта диоксид углерода: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$.

Другой источник оксида углерода — табачный дым, с которым сталкиваются не только курильщики, но и их ближайшее окружение. Доказано, что курильщик поглощает вдвое больше оксида углерода по сравнению с некурящим.

Оксид углерода вдыхается вместе с воздухом или табачным дымом и поступает в кровь, где конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина. Оксид углерода соединяется с молекулами гемоглобина прочнее, чем кислород. Чем больше оксида углерода содержится в воздухе, тем больше гемоглобина связывается с ним и тем меньше кислорода достигает клеток. По этой причине оксид углерода при повышенных концентрациях представляет собой смертельно опасный яд.

Типичный автомобильный двигатель середины 60-х годов выбрасывал с выхлопными газами в среднем 73 г оксида углерода на каждые 1,5 км пробега. К 1981 г. выброс оксида углерода новыми автомобилями достиг уровня всего 3,4 г на 1,5 км (данные США).

Для достижения установленного стандарта выхлопные газы смешиваются с воздухом в присутствии катализатора. Дальнейшее окисление оставшегося оксида углерода происходит в каталитическом преобразователе (Pt/Pd — платина-

палладий). Именно такая система в настоящее время повсеместно выбрана для уменьшения выбросов СО в атмосферу. В Москве, например, по решению мэрии не оформляют покупку автомобилей иностранных марок до 1985 г. выпуска, т.е. без установленных каталитических дожигателей выхлопных газов. В США годовые выбросы оксида углерода постепенно уменьшались начиная с 1976 г., по мере того как новые модели автомобилей с каталитическими преобразователями выхлопных газов сменяли старые, менее эффективные модели; общий выброс СО автотранспортом США сократился с 64,3 млн т в 1976 г. до 47,7 млн т в 1983 г., т.е. на 25%. Одна из причин столь небольшого снижения связана с общей длиной пробега автомобилей, которая ежегодно возрастает из-за постоянного роста числа автомобилей на дорогах и улицах. Эффективность каталитических преобразователей со временем снижается и необходимо регулярно осуществлять повторные проверки выхлопных газов автомобилей на содержание СО. Борьба за качество воздуха во всех странах продолжается, поскольку пробег автомобилей непрерывно растет. Этот неограниченный рост можно было бы сократить за счет создания новых систем общественного транспорта, привлекательных для населения и способных широко развиваться, или перехода на электромобили.

Оксид углерода IV (СО₂). Влияние углекислого газа (СО₂) связано с его способностью поглощать инфракрасное излучение (ИК) в диапазоне длин волн от 700 до 1400 нм. Земля, как известно, получает практически всю свою энергию от Солнца в лучах видимого участка спектра (от 400 до 700 нм), а отражает в виде длинноволнового ИК- излучения.

Техногенная деятельность привела к тому, что содержание СО₂ в атмосфере возросло с 0,027 в 1850 г. до 0,033% в настоящее время. Человечество сожгло в XX в. ископаемых видов топлива столько, сколько за весь период своего существования до XX в. Поглощая ИК- излучение, СО₂ действует как парниковая пленка.

Подсчитано, что если среднегодовая температура возрастет на 1°C, то в результате таяния ледников уровень Мирового океана поднимется на 1,5 м. К счастью, накопление углекислого газа в атмосфере идет в 2—3 раза медленнее, чем это подсчитано теоретически.

Углекислый газ выводится из атмосферы в результате его поглощения в процессе фотосинтеза растений, а также связывания его в океанских водах по реакции: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+$.

Для интегральной оценки состояния воздушного бассейна применяют индекс суммарного загрязнения атмосферы (I_m):

$$I_m = \sum_{i=1}^m (q_i \times A_i)^{C_i}, \quad ()$$

где q_i - средняя за год концентрация в воздухе i -го вещества;

A_i - коэффициент опасности i -го вещества, обратный ПДК этого вещества: $A_i = 1/\text{ПДК}_i$

C_i - коэффициент, зависящий от класса опасности вещества: C_i равно 1,5; 1,3; 1,0; и 0,85 соответственно для 1, 2, 3 и 4 классов опасности (краткие сведения о ПДК и классах опасности основных загрязнителей воздуха даны в прил. 6).

I_m является упрощенным показателем и рассчитывается обычно для $m = 5$ — наиболее значимых концентраций веществ определяющих суммарное загрязнение воздуха. В эту пятерку чаще других попадают такие вещества, как бензпирен,

формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, сероуглерод, пыль. Индекс I_m изменяется от долей единицы до 15—20, т.е. чрезвычайно опасных уровней загрязнения.

Пыль. Основные выбросы пыли в атмосферу происходят в результате пыльных бурь, эрозии почв, извержения вулканов, морских брызг. Около 15—20% общего количества пыли и аэрозолей в атмосфере — дело рук человека: производство стройматериалов, дробление пород в горнодобывающей промышленности, производство цемента, строительство. Например, во Франции приблизительно 3% общего объема производимого цемента выбрасывается в атмосферу (около 100 т в год). Пыль, осевшая в промышленных городах, содержит 20% оксидов железа (Fe_2O_3), 15% оксида кремния (SiO_2) и 5% сажи (С). Промышленная пыль включает также оксиды различных металлов и неметаллов, многие из которых токсичны (оксиды марганца, свинца, молибдена, ванадия, сурьмы, теллура).

Американский эколог О. Бартон так охарактеризовал проблему, связанную с запыленностью атмосферы: «Одно из двух: либо люди сделают так, что в воздухе станет меньше дыма, либо дым сделает так, что на Земле станет меньше людей». Пыль и аэрозоли не только затрудняют дыхание, но и приводят к климатическим изменениям, поскольку отражают солнечное излучение и затрудняют отвод тепла от Земли. Например, так называемые смоги в очень населенных южных городах (Мехико - 72 млн жителей и др.) снижают прозрачность атмосферы в 2—5 раз.

Кислород (O_2). Кислород на Земле создан самой жизнью. Рис. 4.4 иллюстрирует историю происхождения кислорода на планете Земля. Примерно 2 млрд лет назад содержание свободного кислорода в земной атмосфере начало возрастать. После того как из части атмосферного кислорода сформировался защитный озоновый слой, начали развиваться наземные растения и животные. С течением времени содержание кислорода в атмосфере значительно менялось, поскольку менялись уровни его образования и использования.

Рис. 4.4. *Происхождение кислорода в атмосфере*

Главным продуцентом кислорода на Земле служат зеленые водоросли поверхности океана (60%) и тропические леса суши (30%). Тропические леса Амазонки называют легкими планеты Земля. Ранее в литературе высказывались опасения по поводу

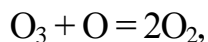
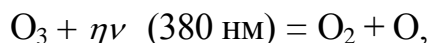
возможного уменьшения количества кислорода на Земле вследствие увеличения объема сжигаемого ископаемого топлива. Но расчеты показывают, что использование всех доступных человеку залежей угля, нефти и природного газа уменьшит содержание кислорода в воздухе не более чем на 0,15% (с 20,95 до 20,80%). Другая проблема вырубка лесов, приводящая к возникновению кислородных «паразитов» — стран, которые живут за счет чужого кислорода. Например, США за счет своих растений имеет только 45% кислорода, Швейцария — 25%.

Озон (O₃). Озон образуется в верхних слоях стратосферы и в нижних слоях мезосферы в результате протекания следующих реакций:



где: М — различные составляющие атмосферы, например кислород или азот.

Озон и атомарный кислород могут реагировать в кислородной атмосфере согласно реакциям:



Эти реакции образуют так называемый цикл Чепмена. Общее содержание озона иногда выражают как число молекул, получаемое в результате суммирования по всем широтам, долготам и высотам. На сегодняшний день это количество приблизительно равно 4×10^{37} молекул озона. Наиболее распространенной количественной оценкой состояния озона в атмосфере является толщина озонового слоя Х — это толщина слоя озона, приведенного к нормальным условиям, которая в зависимости от сезона, широты и долготы колеблется от 2,5 до 5 относительных мм. Области с пониженным на 40—50% содержанием озона в атмосфере называют «озоновыми дырами».

В 80-х годах XX в. появились сообщения о региональных снижениях содержания озона в стратосфере. Особенно заметной стала сезонно пульсирующая «озоновая дыра» над Антарктидой площадью более 10 млн км², где содержание Оз за 80-е годы уменьшилось почти на 50%. Позднее «блуждающие озоновые дыры», правда, меньшие по размеру и не с таким значительным снижением, стали наблюдаться в зимнее время и в Северном Полушарии, в зонах стойких антициклонов — над Гренландией, Северной Канадой и Якутией. Средняя скорость глобального уменьшения за период с 1980 по 1995 г. оценена в 0,5—0,7% в год.

Поскольку ослабление озонового экрана чрезвычайно опасно для всей наземной биоты и для здоровья людей, эти данные привлекли пристальное внимание ученых, а затем и экологически озабоченных кругов общества. Был высказан ряд гипотез о причинах нарушения озонового слоя. Большинство специалистов склоняется к мнению о техногенном происхождении резкого увеличения озоновых дыр. Наиболее обосновано представление, согласно которому главной причиной является попадание в верхние слои атмосферы техногенного хлора и фтора, а также других атомов и радикалов, способных чрезвычайно активно присоединять атомарный кислород, тем самым конкурируя с реакцией: $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$.

Занос активных галогенов в верхние слои атмосферы опосредован летучими хлорфторуглеродами (ХФУ) типа фреонов (смешанные фторохлориды метана и этана, например, фреон-12 — дихлордифторметан, CF₂Cl₂), которые, будучи в обычных условиях инертными и нетоксичными, под действием коротковолновых

ультрафиолетовых лучей в стратосфере распадаются. Вырвавшись «на свободу», каждый атом хлора способен разрушить или помешать образованию множества молекул озона.

Разрушительное действие хлорфторуглеродных соединений (ХФУ) на стратосферный озон было открыто в 1974 г. американскими учеными — специалистами в области химии атмосферы Ш. Роулендом и М. Молина (в 1996 г. за открытия в этой области им присуждена Нобелевская премия). С тех пор не раз предпринимались попытки ограничить выброс ХФУ в атмосферу, и тем не менее сейчас во всем мире ежегодно производится около миллиона тонн газообразных веществ, способных разрушить озоновый слой.

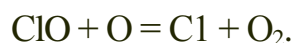
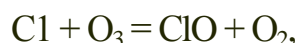
ХФУ, часто встречающиеся в быту и в промышленном производстве, — это пропелленты в аэрозольных упаковках, хладагенты (фреоны) в холодильниках и кондиционерах. Они применяются и при производстве вспененного полиуретана, и при чистке электронной техники.

Постепенно ХФУ поднимаются в верхний слой атмосферы и разрушают озоновый слой — щит атмосферы, спасающий от УФ - излучения. Время жизни двух самых опасных фреонов — Ф-11 и Ф-12 — от 70 до 100 лет. Этого вполне достаточно, чтобы в ближайшее время ощутить на себе последствия сегодняшней экологической неграмотности. Если сохранятся современные темпы выброса ХФУ в атмосферу, то в ближайшие 70 лет количество стратосферного озона уменьшится на 90%. При этом весьма вероятно, что:

- резко сократится количество планктона в океане;
- рак кожи примет эпидемический характер;
- исчезнут многие виды животных, например ракообразные;
- УФ- излучение неблагоприятно скажется на сельскохозяйственных культурах.

Все это нарушает равновесие во многих экосистемах Земли, из-за фотохимического смога ухудшится общее состояние атмосферы, усилится «парниковый эффект».

ХФУ — высокостабильные соединения и поскольку они не поглощают солнечное излучение с большой длиной волны, они не могут подвергнуться его воздействию в нижних слоях атмосферы, но, преодолев защитный слой, поднимаются вверх по атмосфере и коротковолновое излучение высвобождает из них атомы свободного хлора. Свободные атомы хлора затем вступают в реакцию с озоном:



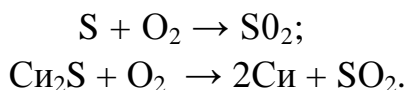
Таким образом, разложение ХФУ солнечным излучением создает каталитическую цепную реакцию, согласно которой один атом хлора способен разрушить до 100 000 молекул озона. Канцерогенным является УФ-излучение с длиной волны короче 320 нм. Ожидается, что каждый процент сокращения озонового слоя повлечет за собой увеличение числа случаев заболевания раком кожи на 5—6%.

В последние десятилетия появились и другие, чисто технические пути заноса активных разрушителей озона в стратосферу: ядерные взрывы в атмосфере, выбросы высотных сверхзвуковых самолетов, запуски ракет и космических кораблей многократного использования.

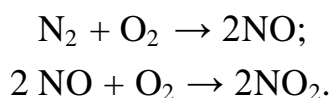
Не исключено, однако, что часть наблюдаемого ослабления озонового экрана Земли связана не с техногенными выбросами, а с вековыми колебаниями аэрохимических свойств атмосферы и независимыми изменениями климата. Одним

из таких факторов может быть выделение водорода в районах повышенной вулканической активности.

Техногенные окислы серы и азота в атмосфере. Кислотные осадки. По ряду показателей, в первую очередь по массе и распространённости вредных эффектов, атмосферным загрязнителем номер один считают диоксид серы. Он образуется при окислении серы, содержащейся в топливе или в составе сульфидных руд:

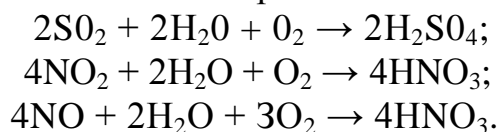


Очистка отходящих газов от этого вещества может быть достаточно глубокой. В связи с увеличением мощности высокотемпературных процессов, переводом многих ТЭС на газ и ростом парка автомобилей растут выбросы окислов азота, образующихся при окислении атмосферного азота:



От окислов азота несколько труднее избавиться, чем от SO_2 .

Постоянное поступление в атмосферу больших количеств SO_2 и окислов азота, а также (изредка — в результате аварийных выбросов) хлористого водорода приводит к заметному снижению pH атмосферных осадков. Это происходит из-за вторичных реакций в атмосфере, приводящих к образованию сильных кислот — серной и азотной. В этих реакциях участвуют кислород и пары воды, а также частицы техногенной пыли в качестве катализаторов:



Здесь показаны суммарные реакции. Масштабы первого из этих процессов примерно на порядок больше, чем второго и третьего. В атмосфере оказывается и ряд промежуточных продуктов указанных реакций, в том числе сернистая и азотистая кислоты. Растворение кислот в атмосферной влаге приводит к образованию кислотного тумана и к выпадению *кислотных дождей*. Кислотность (pH) осадков в ряде случаев снижается на 2—2,5 единицы, т.е. вместо нормальных 5,6—5,7 до 3,2—3,7. В 1974 г. в Шотландии был зарегистрирован дождь с pH 2,7.

Следует напомнить, что pH — это отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов, и, следовательно, вода с pH 2,7 в тысячу раз «кислее» воды с pH 5,7. В промышленных районах и в зонах атмосферного заноса окислов серы и азота pH дождевой воды колеблется от 3 до 5. Кислотные осадки особенно опасны в районах с кислыми почвами и низкой буферностью природных вод. В Америке и Евразии это обширные территории севернее 55° с. ш. Техногенная кислота, помимо прямого негативного действия на растения, животных и микрофлору увеличивает подвижность и вымывание почвенных катионов, вытесняет из карбонатов и органики почвы углекислый газ, закисляет воду рек и озер. Это приводит к неблагоприятным цепным изменениям в водных экосистемах. Природные комплексы Южной Канады и Северной Европы уже давно ощущают действие кислых осадков.

На больших пространствах наблюдается деградация хвойных лесов, беднеет фауна водоемов. В 1970-х годах в реках и озерах Шотландии и Скандинавии начали гибнуть

лосось

и

форель.

Сходные явления происходят и в России, особенно на северо-западе, на Урале и в районе Норильска, где громадные площади тайги и лесотундры стали почти безжизненными из-за сернистых выбросов Норильского комбината. Наибольшие плотности непосредственно приурочены к промышленным регионам. За последние 10—15 лет выпадение кислотных осадков в районах их обычных проявлений в Западной Европе заметно уменьшилось в связи с мерами по охране воздушного бассейна.

Парниковый эффект и изменения климата. Техногенное загрязнение атмосферы в определённой степени связано с изменением климата. Речь идет не только о вполне очевидной зависимости мезоклимата промышленных центров и их окрестностей от теплового, пылевого и химического загрязнения воздуха, но и о глобальном климате.

С конца XIX в. по настоящее время наблюдается тенденция повышения средней глобальной температуры атмосферы, за последние 50 лет она повысилась приблизительно на $0,6^{\circ}\text{C}$. Это отнюдь не мало, если учесть, что при этом валовое увеличение внутренней энергии (теплосодержания) атмосферы очень велико — порядка 3000 ЭДж. Оно не связано с увеличением солнечной постоянной и зависит от других климатообразующих факторов, в частности, свойств самой атмосферы.

Глобальное потепление XX в. относится к спонтанным вековым колебаниям средней температуры и не может быть всецело приписано антропогенному влиянию, хотя несомненно, что это влияние заметно возрастает. Косвенным свидетельством этого явились, во-первых, впервые зарегистрированные случаи рассогласования между сезонностью теплого течения в восточной части Тихого океана (Эль-Ниньо) и годичным потеплением. Во-вторых, тот факт, что последнее десятилетие XX в. оказалось самым теплым не только в столетии, но и во всем втором тысячелетии.

Ведущим фактором глобального потепления считают уменьшение спектральной прозрачности атмосферы для длинноволнового обратного излучения от поверхности Земли, т.е. усиление *парникового эффекта*. Парниковый эффект создается наличием в атмосфере паров воды и ряда газов — CO_2 , CO , CH_4 , NO_x , ХФУ и др., названных *парниковыми газами*. По многочисленным данным, обобщенным в последнее время Международной группой экспертов по проблеме изменения климата (МГЭИК), существует довольно высокая положительная корреляция между концентрацией парниковых газов и отклонениями глобальной температуры атмосферы. Техногенная эмиссия парниковых газов в настоящее время уже заметно превышает их выделение болотами и действующими вулканами. Лесные пожары как источник парниковых газов тоже должны быть отнесены к антропогенным воздействиям.

По данным анализа пузырьков воздуха, законсервированных в ледяных кернах из скважин в Гренландии и Антарктиде, колебания концентрации CO_2 в атмосфере в течение последнего миллиона лет укладывались в диапазон от 0,018 до 0,03%. Они были связаны с чередованием ледниковых периодов и межледниковый и тесно коррелировали с колебаниями средней глобальной температуры. Современное увеличение концентрации CO_2 намного больше всех прошлых естественных колебаний и по величине, и особенно по скорости. Оно связано не только с прямым техногенным выбросом, но с антропогенным нарушением биотической регуляции природного круговорота углерода.

Тенденции глобального потепления придается очень большое, может быть, даже преувеличенное значение. Дело в том, что повышение температуры в действительности

намного меньше, чем можно было бы ожидать на основании концентрации парниковых газов. Не исключено, что противоположное им действие оказывает загрязнение атмосферы твердыми частицами, дымами, уменьшающее падающую радиацию. По оценкам экспертов Всемирной метеорологической службы, при существующем уровне выбросов парниковых газов средняя глобальная температура в следующем столетии будет повышаться со скоростью $0,25^{\circ}\text{C}$ за 10 лет. Ее рост к концу XXI в. по разным сценариям (в зависимости от принятия тех или иных мер) может составить от $1,5$ до 4°C . В северных и средних широтах потепление скажется сильнее, чем на экваторе. Казалось бы, такое повышение температуры не должно вызывать особого беспокойства. Более того, возможное потепление в странах с холодным климатом, как, например, Россия, представляется чуть ли не желанным. На самом деле последствия изменения климата могут иметь катастрофический характер. Глобальное потепление вызовет существенное перераспределение осадков на планете. Уровень Мирового океана за счет таяния льдов может повыситься к 2050 г. На 30-40 см, а к концу столетия от 60 до 100 см. Это создаст угрозу затопления значительных прибрежных территорий.

Для территории России общая тенденция изменения климата характеризуется слабым потеплением, среднегодовая температура воздуха с 1891 по 1999 г. повысилась на $0,66^{\circ}\text{C}$. За период инструментальных наблюдений самыми тёплыми были последние 15 лет, а максимально тёплым оказался 1998 г. В последние три десятилетия заметна также тенденция к уменьшению осадков. Одним из тревожных для России последствий изменения климата может стать деструкция мёрзлых грунтов. Повышение температуры в зоне вечной мерзлоты на 2-3 градуса приведёт к изменению несущих свойств грунтов, что поставит под угрозу различные сооружения и коммуникации. Кроме того, содержащиеся в вечной мерзлоте запасы CO_2 и метана из оттаявших грунтов начнут поступать в атмосферу, усугубляя парниковый эффект.

Наряду с подобными прогнозами существуют и определенные сомнения во всецело техногенной обусловленности климатических изменений. Авторы книги «Экологические проблемы» (1997) пишут:

Климатическая система настолько сложна, что модельные расчеты изменений климата под воздействием сжигания ископаемого топлива и антропогенного выброса парниковых газов остаются не более чем, возможными сценариями или предположениями, вероятность реализации которых не превышает 60%, поскольку большая достоверность не достигается при использовании имеющихся моделей.

Это мнение основано, в частности, на том, что изменение глобальной температуры в промышленную эпоху все же не выходит за пределы диапазона естественных вековых колебаний температуры в прошлом, тогда как эмиссия парниковых газов намного превзошла естественные изменения.

Все же связь между эмиссией парниковых газов и климатом таит опасность нарушения глобальных регуляторных механизмов. В частности, об этом можно судить по вмешательству техногенеза в круговорот углерода. Непосредственная техногенная эмиссия CO_2 в атмосферу составляет 22—24 Гт/год. К этому количеству добавляется еще по меньшей мере 4 Гт CO_2 , выделяющегося в результате изъятия фитомассы и эрозии почвы. Кроме этого, судя по массе сильных кислот, образующихся из техногенных оксидов серы и азота и выпадающих на землю, из карбонатов и органики почвы вытесняется еще около 1 Гт CO_2 . Таким образом, в результате непосредственного и косвенного вмешательства в природный обмен углерода общее количество CO_2 , ежегодно выбрасываемого в

атмосферу, достигает 27—29 Гт, что соответствует 7—8 Гт Углерода (С) и на 7—8% увеличивает его планетарный обмен.

Казалось бы, при очень высокой замкнутости биосферного круговорота углерода и огромной буферной емкости биосферы и океана по связыванию атмосферного избытка CO_2 это увеличение не должно приводить к нарушению равновесия. Более того, можно было бы ожидать улучшения углеродного питания растений и повышения их продуктивности. Но в действительности содержание CO_2 в атмосфере на протяжении последних десятилетий неуклонно увеличивается. Следовательно, буферные системы биосферы и океана не справляются с регулированием равновесия потоков CO_2 . Это можно объяснить снижением ассимиляционного потенциала земной флоры (в основном из-за быстрого сокращения площади лесов) и значительным загрязнением суши и поверхности океана.

Вызванное парниковым эффектом повышение температуры способствует дополнительному выделению углекислого газа из воды, почвенной влаги, тающих льдов, отступающей вечной мерзлоты, поскольку растворимость CO_2 в воде заметно снижается с повышением температуры. Техногенные кислотные осадки кроме прямого негативного действия на биоту вытесняют CO_2 из карбонатов почвы, вод и грунтов. Возник *порочный круг самоусиления парникового эффекта* (рис. 7.8).

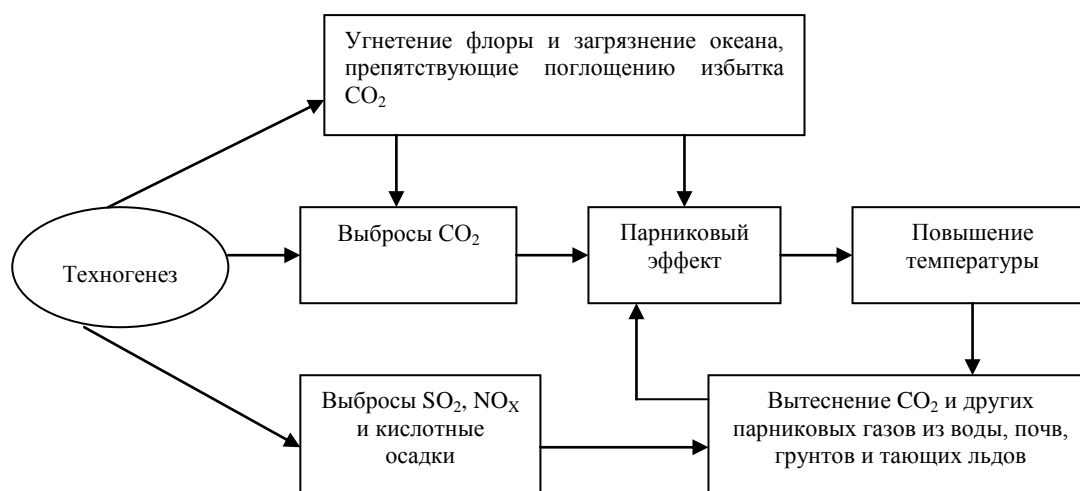


Рис. 7.8. Схема, поясняющая нарушение биотической регуляции круговорота углерода и самоускорение парникового эффекта

Возможность биосферного круговорота углерода нейтрализовать техногенное возмущение и восстановить строгую регуляцию обмена CO_2 в большой мере зависит от степени нарушения глобальной биоты. На основании анализа этой зависимости (В.Г. Горшков и др., 1998) сделан вывод, что для остановки глобальных изменений круговорота углерода необходимо вдвое сократить освоенную человеком часть суши и тем самым уменьшить возмущение биоты.

Техносфера не только вытесняет и замещает биосферу, но и нарушает средорегулирующую функцию биосферы, что еще опаснее. Эта опасность усугубляется тем, что *техносфера не может существовать без биосферы*, так как в огромной мере пользуется ее средой и ее ресурсами. Таким образом, несмотря на важность глобальных изменений климата, привлекающую всеобщее внимание, главным антропогенным изменением на планете следует признать угнетение экосферы и нарушение биотической регуляции окружающей среды.

8.2.3. Загрязнение гидросферы.

Характеристика гидроресурсов и сточных вод. Гидросферой называют водную оболочку Земли. Это совокупность океанов, морей, озер, прудов, болот и подземных вод. Гидросфера — самая тонкая оболочка нашей планеты, она составляет лишь 10^{-3} % общей массы планеты.

Роль воды во всех жизненных процессах общепризнанна. Без воды человек может жить не более 8 суток, за год он потребляет около 1 т воды. Растения содержат 90% воды. Сельское хозяйство является основным потребителем пресной воды. Вода идет на мелиорацию, обслуживание животноводческих комплексов. Так, необходимо воды для выращивания

1 т пшеницы — 1500 т

1 т риса — 7000 т

1 т хлопка - 10 000 т

Вода необходима практически всем отраслям промышленности. Так, требуется воды на производство

1 т чугуна - 50—150 т

1 т пластмасс — 500—1000 т

1 т цемента - 4500 т

1 т бумаги - 100 000 т

На электростанциях мощностью 300 тыс. кВт расход воды составляет 300 млн т/год.

Указанные производства требуют только пресную воду. Расчеты показывают, что количество пресной воды составляет всего 2,5% всей воды на планете; 85% — морская вода, содержащая до 35 г/л солей. Запасы пресной воды распределены крайне неравномерно: 72,2% — льды; 22,4% — грунтовые воды; 0,35% — атмосфера; 5,05% — устойчивый сток рек и вода озер. На долю воды, которую мы можем использовать, приходится всего 10^{-2} % всей пресной воды на Земле.

Хозяйственная деятельность человека привела к заметному сокращению количества воды на суше: мелеют водоемы, исчезают малые реки, высыхают колодцы, снижается уровень грунтовых вод. Сокращение уровня грунтовых вод уменьшает урожайность окрестных хозяйств.

Проблема Каспия — хищническое истребление ценнейших пород осетровых рыб при том, что разведение молоди осетровых, т.е. восстановление их популяции, ведётся только рыбохозяйствами России и в небольшом объёме — Азербайджаном.

Проблема Азовского моря — увеличение концентрации солей, За послевоенные годы его засоленность увеличилась с 9 до 15,6 ррт. Организмы, питающие рыбу, погибают. Результат — снижение возможности рыболовства на Азовском море.

Проблема Байкала — воду этого ценнейшего озера используют для получения целлюлозы по финской технологии, т.е. используют воду минимальной минерализации, содержащую меньше 100 мг/л солей. Обычно в пресной воде содержание солей составляет 300—450 мг/л, в питьевой — 380 мг/л. После строительства целлюлозно-бумажного комбината в городе Байкальске Байкал стал загрязняться (60-е годы). В озере Байкал находится несколько сот эндаминореликтов — редких видов биоты, которых нет в других водоемах. С запозданием разработаны уникальные очистные сооружения, стоимость которых составила 30% стоимости основных фондов производства. Однако принимаемые меры недостаточны для защиты Байкала.

Основной причиной современной деградации природных вод Земли является антропогенное загрязнение. Главными его источниками служат:

- сточные воды промышленных предприятий;
- сточные воды коммунального хозяйства городов и других населенных пунктов;
- стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов;
- атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов и водосборных бассейнов.

Кроме этого, неорганизованный сток воды осадков (ливневые стоки, талые воды) загрязняет водоемы существенной частью техногенных терраполлютантов.

Антропогенное загрязнение гидросферы в настоящее время приобрело глобальный характер и существенно уменьшило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на планете. Общий объем промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых стоков достигает 1300 км³ (по некоторым оценкам до 1800 км³), для разбавления которых требуется примерно 8,5 тыс. км³ воды, т.е. 20% полного и 60% устойчивого стока рек мира. Причем по отдельным водным бассейнам антропогенная нагрузка гораздо выше средних глобальных значений.

Общая масса загрязнителей гидросферы огромна — около 15 млрд т в год (табл.).

Таблица **Ориентировочные количества массовых загрязнителей
океана и континентальных вод планеты**

№ п/п	Группы веществ	Млн т/год
1.	Затонувшие суда, плавающий и погруженный мусор	1200
2.	Взвешенные вещества техногенного происхождения	1400
3.	Растворенные неорганические вещества В том числе: минеральные удобрения соли тяжелых металлов	4000 80 3
4.	Синтетические органические вещества В том числе: моющие средства, СПАВ фенолы и другие циклические углеводороды пестициды	2500 15 5 2
5.	Биогенная органика	1200
6.	Нефтепродукты	12
7.	Аэрогенные выпадения техногенной природы	1800

Загрязнения, поступающие в водную среду классифицируют по-разному, в зависимости от подходов, критериев и задач. Так, обычно выделяют *химические, физические и биологические загрязнения*.

Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных, химических свойств воды за счёт увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щёлочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно-активные вещества, пестициды).

Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора. Большинство из них попадает в воду в результате человеческой деятельности. Тяжёлые металлы поглощаются фитопланктоном, а затем передаются по пищевой цепи более высокоорганизованным организмам.

Кроме перечисленных веществ к опасным загрязителям водной среды можно отнести неорганические кислоты и основания, обуславливающие широкий диапазон рН промышленных стоков (1,0 – 11,0) и способных изменять рН водной среды до значений 5,0 или выше 8,0, тогда как рыба в пресной и морской воде может существовать только в интервале рН 5,0—8,5.

Среди основных источников загрязнения гидросферы минеральными веществами и биогенными элементами следует упомянуть предприятия пищевой промышленности и сельское хозяйство. С орошаемых земель ежегодно вымывается около 6 млн. т солей.

Отходы, содержащие ртуть, свинец, медь, локализованы в отдельных районах у берегов, однако некоторая их часть выносится далеко за пределы территориальных вод. Загрязнение ртутью значительно снижает первичную продукцию морских экосистем, подавляя развитие фитопланктона. Отходы, содержащие ртуть, обычно скапливаются в донных отложениях заливов или эстуариях рек. Дальнейшая её миграция сопровождается накоплением метиловой ртути и её включением в трофические цепи водных организмов. Так, печальную известность приобрела болезнь Минамата, впервые обнаруженная японскими учёными у людей, употреблявших в пищу рыбу, выловленную в заливе Минамата, в который бесконтрольно сбрасывали промышленные стоки с техногенной ртутью.

Среди вносимых в океан с суши растворимых веществ большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Вынос в океан органического вещества оценивается в 300—380 млн. т/год.

Одним из основных санитарных требований, предъявляемых к качеству воды, является содержание в ней необходимого количества кислорода. Вредное действие оказывают все загрязнения, которые так или иначе содействуют снижению содержания кислорода в воде. Поверхностно-активные вещества — жиры, масла, смазочные материалы — образуют на поверхности воды плёнку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом.

Значительный объём органических веществ, большинство из которых не свойственны природным водам, сбрасывается в реки вместе с промышленными и бытовыми стоками.

В связи с быстрыми темпами урбанизации и несколько замедленным строительством очистных сооружений или их неудовлетворительной эксплуатацией водные бассейны и почва загрязняются бытовыми отходами. Особенно ощутимо загрязнение в водоёмах с замедленным течением или непроточных (водохранилища, озёра).

Такая же проблема характерна и для Мирового океана.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространёнными загрязняющими его веществами. К началу 80-х годов в океан ежегодно поступало около 6 млн. т нефти, что составляло 0,23% мировой добычи.

Нефть состоит преимущественно из насыщенных алифатических и гидроароматических углеводородов. Основные компоненты нефти — углеводороды (до 98%) — подразделяются на 4 класса:

а) Парафины (алкены) (до 90% от общего состава) — устойчивые вещества, молекулы которых выражены прямой и разветвлённой 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% от общего состава) — насыщенные циклические соединения ряда бензола, содержащие в кольце на 6 атомов углерода меньше, чем циклопарафины. В нефти присутствуют летучие соединения с молекулой в виде одинарного кольца (бензол, толуол, ксилол), затем бициклические (нафталин), полуциклические (пирен).

г) Олефины (алкены) (до 10% от общего состава) — насыщенные нециклические соединения с одним или двумя атомами водорода у каждого атома углерода в молекуле, имеющей прямую или разветвлённую цепь.

Наибольшие потери нефти связаны с её транспортировкой из районов добычи. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод — всё это обуславливает присутствие постоянных полей загрязнения на трассах морских путей.

Пестициды составляют группу искусственно созданных веществ, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений.

Установлено, что пестициды, уничтожая вредителей, наносят вред многим полезным организмам и подрывают здоровье биоценозов. В сельском хозяйстве давно уже стоит проблема перехода от химических (загрязняющих среду) к биологическим (экологически чистым) методам борьбы с вредителями. В настоящее время более 5 млн. т пестицидов поступает на мировой рынок. Около 1,5 млн. т этих веществ уже вошло в состав наземных и морских экосистем золовым и водным путём.

В водной среде часто встречаются полихлорбифенилы (ПХБ), насчитывающие 210 гомологов и изомеров. За последние 40 лет использовано более 1,2 млн. т полихлорбифенилов в производстве пластмасс, красителей, трансформаторов, конденсаторов.

Полихлорбифенилы попадают в окружающую среду в результате сбросов промышленных сточных вод и сжигания твёрдых отходов на свалках. Последний источник поставляет ПБХ в атмосферу, откуда они с атмосферными осадками

выпадают во всех районах земного шара. Так, в пробах снега, взятых в Антарктиде, содержание ПБХ составило 0,03—1,2 кг/л.

В сельском хозяйстве в составе пестицидов применяются синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Присутствие СПАВ в сточных водах промышленности связано с использованием их в таких процессах, как флотационное обогащение руд, разделение продуктов химических технологий, получение полимеров, улучшение условий бурения нефтяных и газовых скважин, борьба с коррозией оборудования.

Тяжёлые металлы (ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк) относятся к числу распространённых и весьма токсичных загрязняющих веществ. Они широко применяются в различных промышленных производствах. Для морских биоценозов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. Ртуть переносится в океан с материковым стоком и через атмосферу. При выветривании осадочных и изверженных пород ежегодно выделяется 3,5 тыс. т ртути. В составе атмосферной пыли содержится около 12 тыс. т ртути, причём значительная часть — антропогенного происхождения. Около половины годового промышленного производства этого металла (910 тыс. т/год) различными путями попадает в океан. При этом некоторые бактерии переводят хлориды в высокотоксичную метилртуть.

Свинец — типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. Наконец, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека.

Это выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий, с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Миграционный поток свинца с континента в океан идёт не только с речными стоками, но и через атмосферу. С континентальной пылью океан получает 20—30 т свинца в год.

Для определения опасности нарушений поверхностных природных водоемов важен еще и объем безвозвратного водопотребления. В основе оценки опасности всех видов нарушений лежит общий принцип, основанный на определении объемов загрязненных стоков (или изъятых вод) и размеров превышений их нормативных уровней. Опасность i -го нарушения, например химического, рассчитывается по уравнению:

$$D_i = V_i \times \frac{W_i}{N_i}, \quad ()$$

где: D_i — величина техногенной опасности для нормального состояния водоема, выраженная в тыс. м³ чистой воды, необходимой для устранения опасности — разбавления вредных стоков;

V_i — объем загрязненного стока, тыс. м³;

W_i — величина нарушения — концентрация максимально опасного загрязнителя в стоке, мг/л;

N_i — нормативное значение нарушения — ПДК максимально опасного загрязнителя в водоеме рыбохозяйственного назначения, мг/л.

Аналогично рассчитываются значения опасности других видов нарушений. Для суммирования нарушений им придаются весовые коэффициенты K_i . (Данные о значениях K_i и N_i приведены в прил. .)

8.2.4. Загрязнение литосферы.

Твёрдые и опасные отходы: количественные характеристики. Общая площадь суши Земли составляет 149,1 млн км², из них для обитания людей пригодны лишь 133 млн км². Поверхность земли испытывает самую значительную по массе и очень опасную антропогенную нагрузку. Если в атмосферу выбрасывается менее 1 млрд т вредных веществ (без CO₂), а в гидросферу — около 15 млрд т загрязнителей, то на землю попадает ежегодно примерно 85— 90 млрд т антропогенных отходов. По некоторым оценкам, их общий объем к концу 1990-х годов превысил 1500 км³.

Каждой тонне мусора на стадии потребления соответствует 10 т отходов на стадии производства и приблизительно 100 т — при получении сырья. На каждого жителя Земли приходится в среднем за год 0,12 т отходов потребления, 1,2 т всех продуктов производства, т.е. «отложенных» отходов и около 14 т отходов переработки сырья.

Существуют различные оценки *опасности отходов*, загрязняющих землю. По разным критериям опасности только химического и бактериологического загрязнения почвы и грунтов ежегодно в мире образуется от 1 до 1,5 млрд т вредных производственных и 400—450 млн т вредных твердых бытовых отходов. Наиболее опасны те токсичные терраполлютанты, которые и геохимически, и биохимически достаточно подвижны и могут попасть в питьевую воду или в растения, служащие пищей для человека и сельскохозяйственных животных. Это в первую очередь соединения тяжелых металлов, некоторые производные нефтепродуктов — полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и соединения типа диоксинов, а также разнообразные синтетические яды — биоциды. Кроме них, в связи с определенной вероятностью технических аварий, террористических актов и вооруженных конфликтов, чрезвычайно высокую опасность представляют боевые отравляющие вещества (ОВ) и радионуклиды.

В качестве показателя степени загрязнения почв применяется *коэффициент концентрации загрязнения* почвы (ККЗ), вычисляемый по формуле:

$$\text{ККЗ}_i = x_i / \text{ПДК}_i,$$

или, если ПДК не установлена,

$$\text{ККЗ}_i = x_i / x_{\phi}, \quad ()$$

где: ККЗ_{*i*} — коэффициент концентрации загрязнения для *i*-го вещества;

x_i — содержание *i*-го загрязняющего вещества;

x_{ϕ} — фоновое содержание этого вещества.

Основными источниками антропогенного загрязнения земли являются:

- твердые и жидкие отходы добывающей, перерабатывающей и химической промышленности, теплоэнергетики и транспорта;
- отходы потребления, в первую очередь твердые бытовые отходы;
- сельскохозяйственные отходы и применяемые в агротехнике ядохимикаты;
- атмосферные выпадения токсичных веществ;
- аварийные выбросы и сбросы загрязняющих веществ.

Отходы производства и потребления. Масса отходов непосредственно связана с объемами потребления сырья и производства продукции. Поэтому главными поставщиками отходов и загрязнителей земли являются развитые промышленные страны. Но это не означает, что все отходы образуются и

накапливаются именно на их территориях. В США, странах ЕЭС и Японии существует отчетливая тенденция вытеснения наиболее «грязных» сырьедобывающих производств и многоотходных технологий в другие, преимущественно в развивающиеся страны. К тому же осуществляемый развитыми странами масштабный экспорт потребительских товаров способствует распространению бытового мусора. Этот пресс испытывает и Россия. Более того, под предлогом внешнеэкономических проектов по вторичному использованию сырья предпринимаются попытки импорта в страну зарубежных опасных отходов. В период с 1987 по 1993 г. поступили 96 предложений об экспорте 34 млн т опасных отходов из Западной Европы. Большая часть этих предложений была отвергнута, тем не менее 4000 т транспортированы и размещены в России. Они содержат радиоактивные отходы, использованные катализаторы, соединения ртути, медный шлак, химикаты, пластик и др. В связи с этим возникает резонный вопрос — не превратится ли Россия в мировую свалку токсичных отходов? Требуется серьезная правовая база, которая бы регламентировала всю деятельность обращения с отходами. В целом ситуация с опасными отходами в России может быть отнесена к числу наиболее сложных и запущенных экологических проблем по всем позициям: экологической безопасности, законодательству, контролю, инженерно-экологическому обеспечению.

В РФ ежегодно образуется около 7 млрд т отходов производства и потребления. На территории страны в отвалах, свалках, полигонах, хранилищах накоплено порядка 80 млрд т твердых отходов, в том числе более 1,7 млрд т токсичных промышленных отходов. Их количество ежегодно возрастает примерно на 120 млн т. Отсутствие соответствующих технологий переработки, необходимых мощностей и специального оборудования приводит к тому, что в качестве вторичных ресурсов используется только 22%, а полностью обезвреживается лишь 3,5% промотходов. В связи с недостаточным количеством полигонов, хранилищ практикуется вывоз промотходов в места неорганизованного складирования (несанкционированные свалки), в том числе и на свалки бытового мусора.

Одна из серьезных экологических проблем — твердые бытовые отходы (ТБО). В городах и крупных поселках РФ каждый год образуется 140 млн м³ ТБО, т.е. почти по кубометру на каждого жителя. Из них промышленным методом (на мусоросжигательных заводах) перерабатывается только до 5% ТБО, остальное идет в захоронения. Причем более 70% отходов вывозится на несанкционированные свалки, занимающие порядка 250 тыс. га земли. Следует также иметь в виду, что жидкие бытовые отходы дают на станциях очистки значительную массу осадков, шламов и ила. По всей стране вокруг очистных сооружений накапливается ежегодно около 200 млн т этих опасных отходов.

Считается, что население и промышленность США дают отходов больше, чем любая другая страна мира. Каждый американец производит в среднем более 1,5 кг бытового мусора в день, а в целом по стране это составляет 150 млн т/год. Исследования показали, что городские ТБО имеют примерно следующий состав в процентах (Б. Небел, 1993):

Бумага	41	Древесина	5
Пищевые отходы	21	Резина и кожа	3
Стекло	12	Текстиль	2
Железо и его сплавы	10	Алюминий	0,7
Пластмассы	5	Другие металлы	0,3

В России ТБО имеют сходный состав, отличающийся лишь несколько меньшими количествами бумаги и железа и большим количеством пищевых отходов.

Избавиться от отходов можно несколькими известными способами:

- закопать (потребуется новые территории и значительные расходы на земляные работы, изоляцию и последующую рекультивацию);
- затопить (сохраняется опасность загрязнения гидросферы);
- сжечь (загрязняются атмосфера и гидросфера);
- утилизировать.

Последний вариант предпочтителен, но он реален лишь для относительно небольшой части отходов и содержит немало технических, экономических и организационных трудностей. Пока в мировой практике не найдены простые и эффективные решения этого вопроса. В развитых странах мира (США, Германия) сейчас утилизируется всего лишь 10% ТБО, а в России и того меньше.

Тяжёлые металлы. Живое вещество почти целиком состоит из самых лёгких химических элементов, в основном неметаллов. Содержание лёгких металлов – Са, Na, К и Mg - в сумме, как правило, не превышает 1%. Все прочие элементы могут находиться в составе организмов только в микро- и ультрамикроколичествах. Некоторые из них — железо, марганец, медь, цинк, кобальт — входят в состав сложных биомолекул или необходимых витаминов. Но их избыток, как и присутствие других металлов, даже в микроколичествах, вредно для организма. Все тяжёлые металлы (ТМ) в той или иной степени ядовиты. К ним относят обычно элементы с атомной массой более 40 и плотностью более $4,5 \text{ г/см}^3$, хотя в число токсичных металлов входит и легкий бериллий.

По токсичности, присутствию в современной окружающей среде и вероятности попадания в живые организмы может быть выделена *наиболее опасная группа ТМ*: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, медь, цинк, хром, никель. Несколько менее опасны таллий, висмут, олово, ванадий, сурьма, марганец, кобальт, молибден и селен. Все эти металлы за исключением указанной выше небольшой группы «биофильных» ТМ по крайней мере по отношению к высшим животным и человеку токсичны. Они попадают в организм с пищей, водой, при вдыхании загрязненного воздуха и, в зависимости от химической формы их соединений с той или иной скоростью, иногда довольно быстро выводятся из организма. Но незначительная их часть задерживается в органах и тканях, вступая в соединение с биогенными элементами и радикалами. Так как эти соединения не участвуют в нормальном обмене веществ и для большинства из них характерны длительные периоды полувыведения (от месяцев до десятков лет), происходит постепенное накопление ТМ, ведущее к различным поражениям и тяжелым хроническим заболеваниям.

Ориентировочные величины современного мирового производства важнейших ТМ таковы (в пересчете на элемент в тыс. т в год; Б. Скиннер, 1989):

Марганец	9400	Олово	238
Хром	8800	Ванадий	33
Медь	7800	Кобальт	30
Цинк	6160	Мышьяк	28
Свинец	3450	Кадмий	17
Никель	520	Ртуть	7

По приблизительной оценке к концу XX в. в виде изделий и отходов в мире накоплено (в млн т): Cu — 300, Zn — 200, Cr — 70, Pb - 20, Ni - 3,5, Cd - 0,6, Hg - 0,5. Природа никогда не знала такого груза ТМ на поверхности земли, в биосфере.

ТМ попадают в среду с эмиссиями предприятий энергетики, промышленности и транспорта в виде аэрозолей, пыли и копоти, в составе растворов и суспензий промстоков, с твердыми промотходами, а также с минеральными красителями, бытовой техникой и другими товарами.

Предельно допустимые суточные дозы (ПДД_с) различных ТМ, поступающих в организм человека с водой или пищей, колеблются в широких пределах от 0,1 мкг (Hg) до 5 мг (Zn) (см. прил.). Сопоставление ПДД_с с массой ТМ, находящихся в окружающей среде, и простой расчет позволяют заключить, что эти вещества заключают в себе потенциал многократного отравления всего человечества.

Пестициды. Существенным фактором загрязнения среды является химизация сельского хозяйства. Даже минеральные удобрения при неправильном их применении способны наносить экологический ущерб при сомнительном экономическом эффекте. Высокие дозы азотных удобрений являются одной из причин накопления в растениях нитратов. Сами по себе они не очень токсичны. Но при употреблении растительных продуктов в пищу содержащиеся в них нитраты под действием микрофлоры кишечника восстанавливаются в нитриты, которые во много раз токсичнее.

В 40-х годах нашего столетия для уничтожения вредных (с точки зрения человека) организмов начали широко применять синтетические органические соединения — *пестициды*. В зависимости от объекта назначения их подразделяют на *инсектициды* (убивают насекомых), *гербициды* (уничтожают сорняки), *Фунгициды* (средства против грибковых заболеваний) и др. Ни один из этих химикатов не обладает абсолютной избирательностью и представляет угрозу для других групп организмов, в том числе для людей. Поэтому все они — *биоциды*, т.е. вещества угрожающие различным формам живого. Даже сравнительно мало токсичные пестициды не подвергаются ферментативному разложению. Никакие организмы не располагают соответствующими механизмами детоксикации. Почти все пестициды являются *ксенобиотиками*.

В 1938 г. был рекомендован к применению сильный инсектицид — дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ). Казалось, что люди получили «чудо оружие», вещество чрезвычайно токсичное для насекомых и относительно безвредное для человека. ДДТ обладал широким спектром действия, был стоек в окружающей среде, а производство его было совсем недорогим.

Снижение численности вредителей благодаря применению ДДТ во многих случаях привело к резкому росту урожая. Кроме того, ДДТ оказался эффективным средством борьбы с насекомыми — переносчиками инфекционных заболеваний (сыпного тифа, малярии и др.). Достоинства ДДТ казались столь выдающимися, что его создатель — швейцарский химик П. Мюллер получил за свое открытие Нобелевскую премию. Неудивительно, что это вещество возглавило нескончаемый перечень пестицидов, мировая коллекция которых выросла до 6000 наименований, а их производство достигло 1,2 млн т в год.

Однако вскоре стало очевидным, что применение пестицидов вызывает целый ряд проблем:

- Приспособляемость и развитие устойчивости вредителей к применяемым препаратам.

- Восстановление и вторичные вспышки численности вредителей, повышение их агрессивности.
- Рост затрат на применение в возрастающих дозах все новых и более дорогих пестицидов.
- Отрицательное воздействие на природную среду и здоровье человека.

В начале 1970-х годов применение ДДТ в большинстве развитых стран было запрещено. На смену ему пришли менее токсичные препараты, быстрее разрушающиеся в окружающей среде. Спустя более полувека с начала применения пестицидов следует признать, что беспрецедентная химическая война с вредителями сельского хозяйства практически полностью проиграна. Несмотря на многомиллиардные затраты на производство и применение пестицидов, потери урожая от вредителей не уменьшились. Насекомые приспосабливаются к ядам гораздо быстрее, чем разрабатываются новые препараты. Устойчивость некоторых генетических модификаций вредителей в сотни раз выше, чем у исходных форм. Уже не существует эффективных средств против таких вредителей, как колорадский жук, совка, капустная моль. В итоге люди не сумели надежно защитить растения, не смогли полностью уничтожить ни одного вида вредоносных организмов, зато существенно увеличили загрязнение почв и биосферы в целом.

Ставшая уже классической история ДДТ наглядно иллюстрирует угрозу химизации сельского хозяйства. Пестициды постепенно накапливаются в почве и воде, а затем по пищевым цепям переходят в растения, в животных и организм человека. Хотя ДДТ уже много лет снят с производства и повсеместно запрещен к применению, в природной среде циркулируют около миллиона тонн этого ядовитого вещества. Его обнаруживают в воде и воздухе, в организмах животных и человека даже в тех районах земного шара, где никогда не проводились химические обработки растений. Применение ДДТ и его аналогов имело множество серьезных экологических последствий. В результате загрязнения почвы и заражения биосферы гибнут целые популяции полезных насекомых, рыб, птиц и других животных. По данным ВОЗ, отравление пестицидами каждый год поражает в мире до двух миллионов человек и уносит до 40 тыс. человеческих жизней.

Новая стратегия защиты сельскохозяйственных культур должна, по-видимому, исходить не из идеи уничтожения негодных нам форм жизни, а из идеи контролируемого сосуществования с ними и сдерживания численности агрессивных видов, что предполагает сохранение биоразнообразия и все более широкое применение биологических способов борьбы с вредителями.

Использование пестицидов в СССР начиная с 1960-х годов росло очень быстрыми темпами. Ежегодное применение пестицидов в сельском хозяйстве в течение 1980—1990 гг. находилось примерно на одном уровне (около 150 тыс. т), а к 1993 г. уменьшилось до 43,7 тыс. т. Значительно сократились и площади посевов, обрабатываемых пестицидами. Тем не менее данные ежегодно проводимых выборочных исследований свидетельствуют, что загрязнение почв остаточными количествами пестицидов сохраняется довольно высоким. К регионам с наибольшим загрязнением относятся Северный Кавказ, Приморский край и Центрально-Черноземные области. Основная часть территории России характеризуется как средне- и слабозагрязненная. Полученные данные не позволяют сделать достоверных выводов о фактических размерах и динамике загрязнения пестицидами, поскольку обследования проводились на площади, составляющей менее 0,01% сельскохозяйственных угодий.

Особо опасные токсиканты. С производством и применением пестицидов связано появление в окружающей среде ещё одной группы крайне ядовитых веществ — *диоксинов*. Они образовались в процессе производства как примеси к некоторым гербицидам. Один из диоксинов — 2, 3, 7, 8 — тетрахлорбензопарадиоксин (ТХДД) — занимает пятое место в ряду самых сильных из известных ядов. Предполагается, что максимальная недействующая доза этого вещества для человека не превышает 10^{-6} мкг/кг. Диоксины очень стойки: период полувыведения у человека — больше года. Известны случаи заболеваний и гибели людей, связанные с диоксинами. Применение американской армией во Вьетнаме дефолианта, содержащего ТХДД, вызвало заболевания более 2 млн жителей в долине Меконга. Диоксины могут образовываться при сжигании угля, мусора, в двигателях внутреннего сгорания.

Ежегодно в мире производится около 500 млн т опасных отходов. Ими загрязняются значительные земельные площади и водоемы. Общая площадь земель России, загрязненных токсичными веществами промышленного происхождения, оценивается величиной порядка 70 млн га. По данным аэрокосмической съемки, ареалы распространения техногенных выбросов вокруг промышленных комплексов охватывают площадь 18 млн га, что составляет более 1% земельного фонда России. При средней нагрузке в $0,2$ т/км² локальные выбросы в зонах повышенного техногенного воздействия достигают 10 т/км² (Уральский, Центральный и Центрально-Черноземный районы).

Опасные отходы называют «бомбой замедленного действия» в силу их кумулятивного воздействия на окружающую среду. При их складировании происходят многочисленные вторичные химические процессы, и в среду поступают не только известные химикам токсиканты, но и совершенно новые, не предсказуемые по своему воздействию на человека и экосистемы вещества. Установлено, например, что в шламах азотного производства при некоторых условиях образуется целый набор нитрозаминов — сильнейших мутагенов и канцерогенов. В промышленных зонах вблизи больших городов скопления отходов вместе с аэрогенными выпадениями образуют значительные техногенные геохимические аномалии многих металлов, которыми загрязняются не только почвы, грунты, но и растительность и подземные воды.

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами в местах их добычи, переработки и транспортировки превышает фоновое в десятки раз. Наиболее опасные формы нефтяного загрязнения связаны с многочисленными прорывами нефтепроводов. Только в Республике Коми в 1994 г. произошло более 2900 аварийных утечек. В результате крупной аварии на нефтепроводе Харьяга — Усинск на рельеф местности вытекло, по экспертным оценкам, 79 тыс. т нефти, а площадь загрязнения составила 69 га. Из-за нефтяных загрязнений в почве накапливаются стойкие ПАУ, среди которых есть сильные канцерогены.

Виновником чрезвычайно опасных загрязнений на территории России является *военно-промышленный комплекс* (ВПК). Производство и испытания оружия, многочисленные склады вооружений, в том числе химического оружия, и связанные с ними аварии, взрывы, утечки, случаи неправильного обращения позволили говорить о «необъявленной химической войне в России» (Л.А. Федоров, 1995). Некоторые элементы ракетных топлив и боевые отравляющие вещества (ОВ) являются супертоксикантами.

Еще до войны 1941—45 гг. были налажены разработка и производство ОВ; в предвоенные и военные годы существовало не менее 28 складов ОВ, которые во

многих местах страны оставили стойкие «пятна» иприта. После войны, несмотря на полное отсутствие стратегической необходимости, производство ОВ значительно расширилось. По состоянию на 1994 г. существовали 12 мощных предприятий по производству ОВ и 7 крупных арсеналов хранения, на которых были многочисленные случаи нарушений техники безопасности, утечек, массового отравления, заболеваний и гибели людей, загрязнения земли и водоемов, образования химических пустошей. Большое количество устаревших ОВ первого поколения (иприт, люизит и др.) уничтожалось методом открытого сжигания или сливом в водоемы. До сих пор на огромных складах в снарядах, бомбах, боеголовках ракет лежат десятки тысяч тонн ОВ второго поколения, преимущественно нервно-паралитического действия (зарин, зоман, V-газ и др.), также давно превысившие сроки безопасного хранения. Ни одна из этих баз никогда не проходила экологической экспертизы, не имела и не имеет сейчас экологического паспорта. Ни одна из них не имеет санитарно-защитной зоны. Все базы расположены в непосредственной близости (0,5—1,5 км) от жилых поселков. Весь этот комплекс обладает колоссальным потенциалом отсроченной катастрофы.

Все развитые страны имеют планы по созданию чистых (так называемых безотходных) технологий. Например, программа по экологии правительства Нидерландов до 2000 г. предусматривала уменьшить количество отходов, поступающих на сжигание, с 60 до 35%, на захоронение — с 55 до 10%.

В 1987 г. Конгресс США принял поправку к закону по опасным и твердым отходам, запрещающую захоронение отходов без их предварительной обработки по самым современным технологиям.

В России в 1991 г. была разработана программа, в которой предусматривался в целях комплексной переработки природных ресурсов и сырья переход на безотходные и малоотходные производства. При этом обеспечивались независимость экологической экспертизы создание кадастра вторичных ресурсов для учета вторичного сырья. Однако этот процесс в связи с коренной перестройкой самой системы хозяйствования сильно затягивается, что усугубляет положение с охраной литосферы на территории России и стран СНГ.

Контрольные вопросы.

1. Какие основные вещества являются загрязнителями окружающей среды в современном городе?
2. Как можно классифицировать антропогенные загрязнения окружающей среды? Приведите примеры.
3. Какие токсичные выбросы являются приоритетными загрязнителями атмосферы?
4. Что такое «кислотные дожди»?
5. Какие токсичные вещества содержат выхлопные газы автомобилей?
6. Что такое смог? Какие способы удаления частиц пыли из воздуха вы знаете?
7. Что такое «парниковый эффект»?
8. Какие изменения гидросферы связаны с хозяйственной деятельностью человека?
9. Как можно классифицировать твердые отходы?
10. Какие вопросы следует решить человечеству для сохранения биосферы Земли? Приведите примеры успешного решения этих проблем.

8.3. Мониторинг окружающей среды.

8.3.1. Понятие экологического мониторинга и его задачи.

Всесторонний анализ окружающей среды предусматривает оценку ее экологического состояния и влияние на нее естественных и антропогенных воздействий. Характер этих воздействий весьма специфичен. Лимитирующим показателем уровня естественных и антропогенных воздействий является *предельно-допустимая экологическая нагрузка (ПДЭН)*, которая во многих странах установлена в связи с тем, что нормальное функционирование и устойчивость экосистем и биосферы возможны при непревышении определенных предельных нагрузок на них.

Состояние биосферы, непрерывно меняющееся под влиянием естественных факторов, обычно возвращается в первоначальное. Например, изменения температуры и давления, влажности воздуха и почвы происходят в пределах некоторых постоянных средних значений. Как правило, крупные экосистемы под влиянием природных процессов изменяются чрезвычайно медленно. Существующие в мире экологические службы (гидрометеорологическая, сейсмическая, ионосферная и др.) проводят контроль за изменением этих процессов.

Изменение состояния биосферы под влиянием антропогенных факторов происходит в более короткие временные сроки. Поэтому с целью измерения, оценки и прогноза антропогенных изменений абиотической составляющей биосферы (в первую очередь загрязнений) и ответной реакции биоты на эти изменения, а также последующих изменений в экосистемах в результате антропогенных воздействий создана ***информационная система экологического мониторинга***.

Экологический мониторинг является комплексным мониторингом биосферы. Он включает в себя контроль изменений состояния окружающей среды под влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

Основные задачи экологического мониторинга антропогенных воздействий:

- наблюдение за источниками антропогенного воздействия;
- наблюдение за факторами антропогенного воздействия;
- наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия;
- оценка физического состояния природной среды;
- прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.

Термин «мониторинг» образован от лат. «монитор» — «наблюдающий», «предостерегающий». Существует несколько современных формулировок определения мониторинга. Некоторые исследователи под мониторингом понимают систему повторных наблюдений за состоянием объектов окружающей среды в пространстве и во времени в соответствии с заранее подготовленной программой. Более конкретная формулировка определения мониторинга предложена академиком РАН Ю.А. Израэлем в 1974 г., в соответствии с которой

под **мониторингом состояния природной среды**, и в первую очередь загрязнений и эффектов, вызываемых ими в биосфере, подразумевают комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных элементов под влиянием антропогенных воздействий.

Программа ЮНЕСКО от 1974 г. определяет мониторинг как систему регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающую информацию о прошлом и настоящем состояниях окружающей среды, позволяющую прогнозировать на будущее изменение ее параметров, имеющих особенное значение для человечества.

8.3.2. Классификация мониторинга.

Мониторинг включает в себя следующие основные практические направления:

- наблюдение за состоянием окружающей среды и факторами, воздействующими на нее;
- оценку фактического состояния окружающей среды и уровня ее загрязнения;
- прогноз состояния окружающей среды в результате возможных загрязнений и оценку этого состояния.

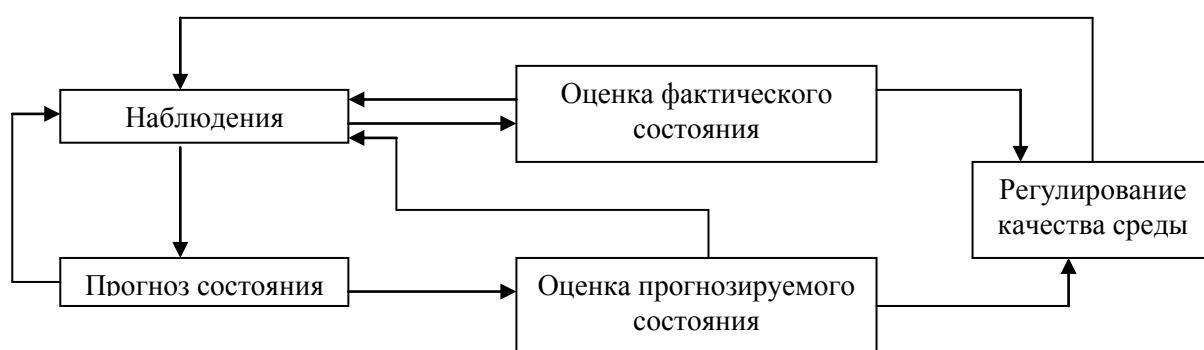


Рис. 2.1. Схема мониторинга

Объектами мониторинга являются атмосфера (мониторинг приземного слоя атмосферы и верхней атмосферы); атмосферные осадки (мониторинг атмосферных осадков); поверхностные воды суши, океаны и моря, подземные воды (мониторинг гидросферы); криосфера (мониторинг составляющих климатической системы).

По объектам наблюдения различают: атмосферный, воздушный, водный, почвенный, климатический мониторинг, мониторинг растительности, животного мира, здоровья населения и т.д.

Существует классификация систем мониторинга по факторам, источникам и масштабам воздействия (рис. 2.2 и табл. 2.2).

Мониторинг факторов воздействия — мониторинг различных химических загрязнителей (ингредиентный мониторинг) и разнообразных природных и физических факторов воздействия (электромагнитное излучение, солнечная радиация, шумовые вибрации).

Мониторинг источников загрязнений — мониторинг точечных стационарных источников (заводские трубы), точечных подвижных (транспорт), пространственных (города, поля с внесенными химическими веществами) источников.

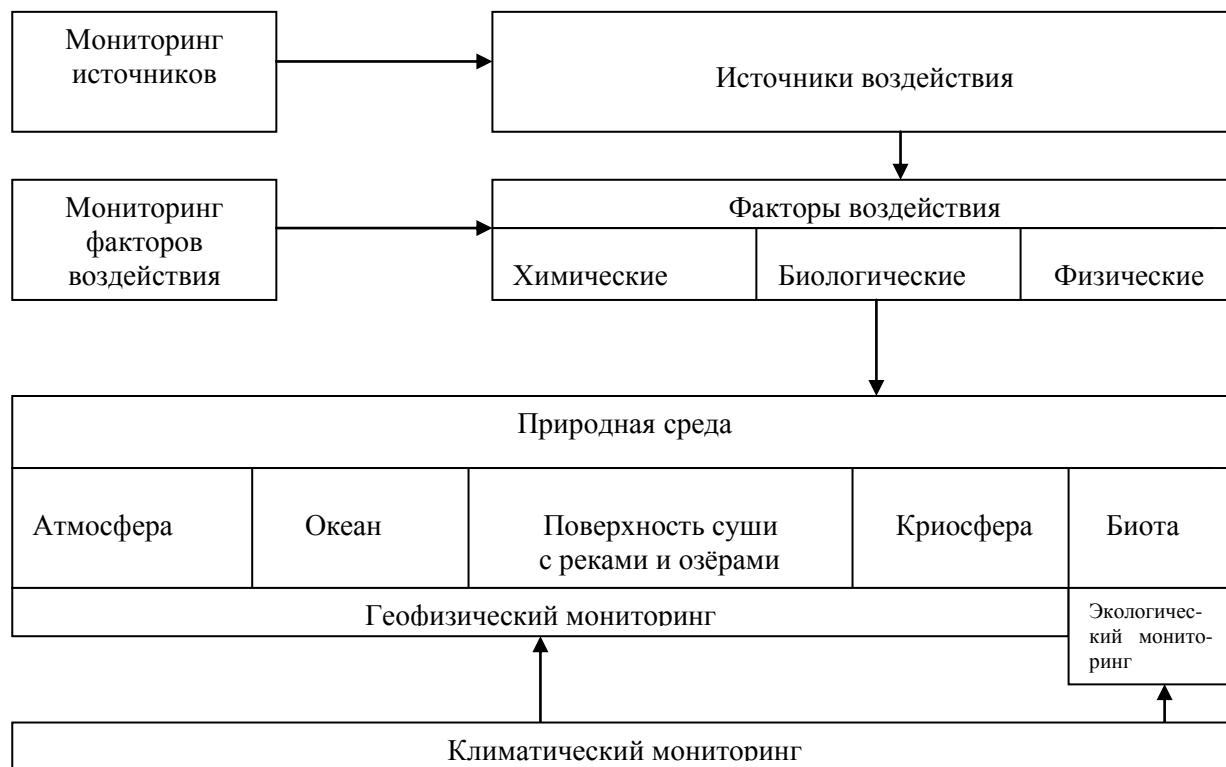


Рис. 2.2. Блок-схема системы мониторинга

По масштабам воздействия мониторинг бывает пространственным и временным.

По характеру обобщения информации различают следующие системы мониторинга:

- *глобальный* — слежение за общемировыми процессами и явлениями в биосфере Земли, включая все ее экологические компоненты, и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях;
- *базовый (фоновый)* — слежение за общебиосферными, в основном природными, явлениями без наложения на них региональных антропогенных влияний;
- *национальный* — мониторинг в масштабах страны;
- *региональный* — слежение за процессами и явлениями в пределах какого-то региона, где эти процессы и явления могут отличаться и по природному характеру, и по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы;
- *локальный* — мониторинг воздействия конкретного антропогенного источника;
- *импактный* — мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах.

Классификация систем мониторинга может основываться и на методах наблюдения (мониторинг по физико-химическим и биологическим показателям, дистанционный мониторинг).

Химический мониторинг — это система наблюдений за химическим составом (природного и антропогенного происхождения) атмосферы, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почв, донных отложений, растительности, животных и контроль за динамикой распространения химических загрязняющих веществ. Глобальной задачей химического мониторинга является определение фактического уровня загрязнения окружающей среды приоритетными высокотоксичными ингредиентами, представленными в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Классификация приоритетных загрязняющих веществ и контроль за их содержанием в различных средах

Класс приоритетности	Загрязняющие вещества	Среда	Тип программы измерений
I	Диоксид серы и взвешенные частицы Радионуклиды (Sr-90, Cs-197)	Воздух Пища	И, Р, Б, Г И, Р
II	Озон ДДТ и другие хлорорганические соединения Кадмий и его соединения	Воздух Биота, человек Пища, человек, вода	И, Б (в стратосфере) И, Р И
III	Нитраты, нитриты Оксиды азота	Питьевая вода, пища Воздух	И И
IV	Ртуть и её соединения Свинец Диоксид углерода	Пища, воздух Воздух, пища Воздух	И, Р И Б
V	Оксид углерода Нефтеуглероды	Воздух Морская вода	И Р, Б
VI	Фтористые соединения	Питьевая вода	И
VII	Асбест Мышьяк	Воздух Питьевая вода	И И
VIII	Микротооксины Микробиологическое заражение Реактивные углеводороды	Пища Пища Воздух	И, Р И, Р И

Примечание: И – импактный, Р – региональный, Б – базовый, Г – глобальный.

Физический мониторинг — система наблюдений за влиянием физических процессов и явлений на окружающую среду (наводнения, вулканизм, землетрясения, цунами, засухи, эрозия почв и т.д.).

Биологический мониторинг — мониторинг, осуществляемый с помощью биоиндикаторов (т. е. таких организмов, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде).

Экобиохимический мониторинг — мониторинг, базирующийся на оценке двух составляющих окружающей среды (химической и биологической).

Дистанционный мониторинг — в основном, авиационный, космический мониторинг с применением летательных аппаратов, оснащенных радиометрической аппаратурой, способной осуществлять активное зондирование изучаемых объектов и регистрацию опытных данных.

В зависимости от принципа классификации имеются различные системы мониторинга (табл. 2.2).

Наиболее универсальным является комплексный экологический мониторинг окружающей среды.

Комплексный экологический мониторинг окружающей среды — это организация системы наблюдений за состоянием объектов окружающей природной среды для оценки их

фактического уровня загрязнения и предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных для здоровья людей и других живых организмов. Различают мониторинг локальный, региональный и фоновый.

При проведении комплексного экологического мониторинга окружающей среды: а) проводится постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.), а также оценка состояния и функциональной целостности экосистем; б) создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Таблица 2.1. Классификация систем (подсистем) мониторинга.

Принцип классификации	Существующие или разрабатываемые системы (подсистемы) мониторинга
Универсальные системы	Глобальный мониторинг (базовый, региональный, импактный уровни), включая фоновый и палеомониторинг Национальный мониторинг (например, Общегосударственная служба наблюдения и контроля за уровнем загрязнения внешней среды) Международный мониторинг (например, мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ)
Реакция основных составляющих биосферы	Геофизический мониторинг Биологический мониторинг, включая генетический Экологический мониторинг (включающий вышеназванные)
Различные среды	Мониторинг антропогенных изменений (включая загрязнения и реакцию на него) в атмосфере, гидросфере, почве, криосфере и биоте
Факторы и источники воздействия	Мониторинг источников загрязнения Ингредиентный мониторинг (например, отдельных загрязняющих веществ, радиоактивных излучений, шумов и т.д.)
Острота и глобальность проблемы	Мониторинг океана Мониторинг озоносферы
Методы наблюдения	Мониторинг по физическим, химическим и биологическим показателям Спутниковый мониторинг (дистанционные методы)
Системный подход	Медико-биологический (состояния здоровья) мониторинг Экологический мониторинг Климатический мониторинг Вариант: биоэкологический, геоэкологический, биосферный мониторинг

Система комплексного экологического мониторинга предусматривает:

- выделение объекта наблюдения;

- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление для объекта наблюдения информационной модели;
- планирование измерений;
- оценку состояния объекта наблюдения и идентификацию его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для использования форме и доведение ее до потребителя.

Основные цели комплексного экологического мониторинга состоят в том, чтобы на основании полученной информации:

- 1) оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем и среды обитания человека (т. е. провести оценку соблюдения экологических нормативов);
- 2) выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются (т. е. провести диагностику состояния экосистем и среды обитания);
- 3) создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб, т. е. обеспечить заблаговременное предупреждение негативных ситуаций.

В Российской Федерации функционирует несколько ведомственных систем мониторинга, например, служба наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета, служба мониторинга водных ресурсов Роскомвода, служба агрохимических наблюдений и мониторинга загрязнений сельскохозяйственных земель Роскомзема и др.

8.3.3. Критерии оценки качества окружающей среды

Государственная экологическая экспертиза представляет собой систему государственных природоохранных мероприятий, направленных на проверку соответствия проектов, планов и деятельности в области народного хозяйства и природных ресурсов требованиям защиты окружающей среды от вредных воздействий.

Токсикологическая характеристика технологических процессов требует обоснования рекомендаций такого изменения производства, которое обеспечило бы уменьшение количества вредных полупродуктов или побочных соединений или исключило бы их, и разработки медико-технических требований к планированию производственных помещений, аппаратуре, санитарно-техническому оборудованию, в том числе очистному или рассеивающему, и в случае необходимости — к индивидуальным средствам защиты. В основе этого лежит установление **предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в различных средах.**

В воздушной среде:

- ПДК_{р.з.} — предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³; при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа она не должна вызывать в состоянии здоровья настоящего и последующего поколений

заболеваний или отклонений, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих;

- ПДК_{М.Р.} — *предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, мг/м³*; при вдыхании в течение 20 мин она не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека;

- ПДК_{С.С.} — *предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе населенных мест, мг/м³*; эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном вдыхании.

В водной среде:

- ПДК_{В.} — *предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, мг/л*; она не должна оказывать прямого или косвенного влияния на органы человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования;

- ПДК_{В.Р.} — *предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/л.*

- Интегральные показатели для воды:

БПК — *биологическая потребность в кислороде* — количество кислорода, использованного в биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации) за определенное время инкубации пробы (2, 5, 20, 120 суток), мг О₂/л воды (БПК_П — за 20 суток, БПК₅ — за 5 суток);

- ХПК — *химическая потребность в кислороде*, определенная бихроматным методом, т.е. количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мг О₂/л воды.

По отношению БПК_П /ХПК судят об эффективности биохимического окисления веществ.

В почве:

- ПДК_П — *предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг.* Эта концентрация не должна вызывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека а также на самоочищающую способность почвы;

- ПДК_{пр} (ДОК) — *предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания, мг/кг.*

Если величина ПДК в различных средах не установлена, действует временный гигиенический норматив ВДК (ОБУВ) — временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) вещества. Временный норматив устанавливается на определенный срок (2—3 года).

Различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм. Например, существует эффект суммации для диоксида азота и формальдегида, фенола и ацетона, этанола и целой группы органических веществ. Для токсичных веществ безопасная концентрация определяется соотношением $C/ПДК \leq 1$, где C — фактическая концентрация вещества в среде.

Допустим, что в воздухе концентрация фенола $C_{\text{ф}} = 0,345$ мг/л, ацетона $C_{\text{ац}} = 0,009$ мг/л, а ПДК_ф = 0,35 мг/л, ПДК_{ац} = 0,01 мг/л.

Таким образом, для каждого из веществ указанное соотношение меньше 1:

$$C_1/\text{ПДК}_1 < 1; \quad C_2/\text{ПДК}_2 < 1.$$

Но поскольку вредные вещества, содержащиеся в воздушной среде, обладают эффектом суммации, то общее загрязнение, например, фенолом и ацетоном может превысить предельно допустимые нормы, если ПДК_1 и ПДК_2 будут иметь следующие значения:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} = 0,986 + 0,9 = 0,986 + 0,9 = 1,886 > 1.$$

Таким образом, сумма отношений концентраций к ПДК веществ, обладающих эффектом суммации, не должна превышать единицы.

Для более полной оценки качества среды сравнительно недавно стали использовать другой критерий — ПДЭН — *предельно допустимую экологическую нагрузку*: для воды — это ПДС — предельно допустимый сброс, г/с; для воздуха — ПДВ — предельно допустимый выброс, г/с. Эти величины характеризуют нагрузку, оказываемую предприятием на окружающую среду в единицу времени, и должны обязательно входить в экологический паспорт (или другой подобный документ) предприятия.

Недостатком изложенных выше критериев оценки качества среды является разрозненность природоохранных функций различных министерств и ведомств, а также очень различающиеся значения ПДК в разных странах.

Контрольные вопросы.

1. Какие основные задачи решают системы мониторинга окружающей среды?
2. Что означает термин «мониторинг»? Приведите формулировку определения мониторинга, данную программой ЮНЕП в 1974 г.
3. Какие типы классификации экологического мониторинга вы знаете?
4. Какие два основных критерия оценки качества окружающей среды вы знаете? В чем их различие?
5. Какие основные виды ПДК (предельно допустимой концентрации) для воздушной среды вы знаете? Укажите единицы измерения.
6. Приведите два различных вида ПДК для водной среды. В чем их различие? Каковы единицы измерения?
7. Какие существуют интегральные показатели качества воды? Каковы их единицы измерения?
8. Что такое эффект суммации? Приведите примеры.
9. Что означают аббревиатуры ВДК, ОБУВ, ПДЭН? В каких случаях эти показатели применяются для оценки качества среды? Каковы их единицы измерения?

Глава 9. Влияние техногенных факторов среды обитания на здоровье населения.

В последние десятилетия наблюдается все возрастающий интерес к различным аспектам охраны окружающей среды от истощения, загрязнения и деградации. Основной причиной чрезвычайной актуальности этой проблемы является интенсивное изменение окружающей среды под влиянием антропогенной (связанной с человеком) деятельности: быстрого развития промышленности, энергетики и транспорта, химизации сельского хозяйства и быта, урбанизации, роста городов, что приводит к увеличению промышленных, сельскохозяйственных, транспортных, бытовых и других отходов, интенсивно загрязняющих окружающую среду. Это оказывает как прямое, так и опосредованное влияние на здоровье и заболеваемость населения, условия его труда, быта и отдыха.

подавляющая часть антропогенных воздействий носит целенаправленный характер, то есть осуществляется человеком сознательно, во имя достижения конкретных целей. Анализ экологических последствий антропогенной деятельности позволяет разделить их на положительные и отрицательные. К положительным относятся воспроизводство природных ресурсов, рекультивация земель на месте разработок полезных ископаемых, лесонасаждения, восстановление нарушенных биогеоценозов и другие мероприятия. Наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является физическое, химическое, биологическое и другие виды загрязнений.

Таким образом, антропогенное воздействие оказывает существенное влияние на функционирование системы «человек — природа» и предполагает рассмотрение мер по обеспечению экологической безопасности. Экологическая безопасность — состояние защищенности биосферы, жизненно важных интересов личности, общества, государства от реальных и потенциальных угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на окружающую среду. Экологическая безопасность реализуется на глобальном, региональном и локальном уровнях. Субъектами экологической безопасности являются личность, общество, государство, биосфера. Объектами экологической безопасности выступают жизненно важные интересы субъектов безопасности: права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда как материальная основа государства и общественного развития. В системе управления экологической безопасностью должен присутствовать анализ экономики, финансов, ресурсов, правовых вопросов, административных мер, образования и культуры.

Экологическая безопасность может быть количественно оценена степенью экологического риска и достигаться совокупностью мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду. *Экологический риск* — это вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние. Экологический риск характеризуется вероятностью возникновения неблагоприятного события, величиной возможного ущерба, неопределенностью момента возникновения, интенсивности и последствий возможного события. Экологический риск может быть количественно оценен произведением вероятности негативного воздействия источника опасности и величины ущерба в результате этого воздействия.

Примерная последовательность оценки экологического риска заключается в следующих действиях: первичной идентификации опасности; описании источников опасности и связанного с ними ущерба; оценки риска в условиях нормальной работы, вероятностных аварий и возможных сценариев развития аварии; статистической оценки и вероятностного анализа риска. Экологический риск может

быть вынужденным (ситуации, в которых отдельный человек мало что может сделать, чтобы уменьшить степень риска) и добровольным (ситуации, которые могут контролироваться каждым отдельным человеком).

9.1. Окружающая среда и здоровье человека

На человека повседневно воздействует сложный комплекс многих факторов окружающей среды, причем одни из них оказывают влияние постоянно, другие - периодически и практически никогда не действует ни один из них изолированно. Поэтому важно оценивать весь комплекс факторов с целью решения практических задач по профилактике заболеваний населения, по оздоровлению окружающей среды. Факторы окружающей среды обычно делят на химические, биологические и физические.

9.1.1. Химические факторы

Химические факторы среды могут быть природного и антропогенного происхождения. Значительную роль в химическом загрязнении среды играет транспорт: сухопутный, водный, воздушный, использующий в качестве источника энергии нефтепродукты. Количество химических веществ очень велико. Так, уже сегодня в банке данных Chemical Abstract Services (США) имеются сведения о почти 8 млн. различных химических соединений, причем несколько десятков тысяч из этого количества находят широкое применение в многообразных сферах жизни и постоянно используются людьми (табл. 11.1). К наиболее опасным химическим загрязнителям относят тяжелые металлы, пестициды, канцерогенные и радиоактивные вещества, оксид углерода II, оксид углерода IV, оксид серы IV, оксиды азота, фураны и др. **В зависимости от степени токсического воздействия, химические вещества подразделяют на три класса опасности:**

- 1) мышьяк, ртуть, кадмий, селен, свинец, цинк, фтор, бензапирен;
- 2) бор, кобальт, никель, медь, сурьма, хром;
- 3) вольфрам, марганец, стронций, ванадий.

Таблица 11.1. Классификация и количество химических соединений, находящихся в постоянном использовании у людей

Класс соединения	Количество соединений
Разные соединения различного употребления	50 000
Активные ингредиенты в пестицидах	1500
Активные ингредиенты в лекарствах	4000
Наполнители лекарств	2000
Пищевые добавки	2500
Препараты, поддерживающие тонус жизни	3000
Всего	63 000

Промышленные предприятия загрязняют воздух оксидами серы, азота, взвешенными пылевыми частицами, многими органическими соединениями, асбестом, солями тяжелых металлов, включая свинец, кадмий, ртуть, бериллий, и

другими веществами, представляющими собой исходное сырье, промежуточные или конечные продукты производства, промышленные отходы.

В результате аварий на ХОО тысячи людей оказываются пораженными АХОВ. Самая крупная авария XX в. произошла в 1984 г. в Бхопале (Индия). В результате утечки метилизоцианата на заводе американской транснациональной компании «Юнион Карбайд» 3 тыс. человек погибли и 200 тыс. получили отравления различной степени тяжести.

Основными причинами загрязнения водоемов химическими веществами является сброс в них неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, содержащих множество разнообразных химических соединений; значительное количество удобрений и пестицидов может поступать в источники воды с поверхностным стоком с сельскохозяйственных полей; ливневые воды с городских территорий содержат большое количество взвешенных веществ, нефтепродукты и другие загрязнители. Загрязнение почвы может происходить в результате внесения в нее удобрений, пестицидов, орошения полей сточными водами, содержащими различные химические соединения, устройства свалок промышленных и бытовых отходов.

В продукты питания химические вещества могут попадать в результате обработки полей минеральными удобрениями, пестицидами, при транспортировке, использовании химических добавок с целью улучшения внешнего вида, товарных и других свойств продуктов. Известны случаи загрязнения продуктов питания соединениями металлов и других элементов — свинца, мышьяка, ртути, кадмия, олова, марганца, а также нефтепродуктами, пестицидами, нитросоединениями.

Однако условия для образования наиболее высоких концентраций химических веществ чаще всего создаются в производственной среде, где эти вещества непосредственно применяются или получаются в процессе производства. По характеру токсического действия химические соединения делят на вещества с преимущественным общетоксическим действием, и на обладающие способностью к специфическим эффектам — канцерогенному, мутагенному, аллергенному, тератогенному, эмбриотоксическому и др. Вещества второй группы являются более опасными, чем вещества только общетоксического действия, в силу того, что они способны вызывать более тяжелые поражения организма или воздействовать на потомство.

9.1.2. Биологические факторы

Биологические опасные факторы — это совокупность биологических компонентов, воздействие которых на человека или окружающую среду связано с их способностью в естественных или искусственных условиях оказывать неблагоприятное влияние на здоровье людей. Они могут быть как природного, так и антропогенного происхождения, встречаться во всех средах — в воде, воздухе, почве, продуктах питания, на производстве, в быту. Биологические загрязнители окружающей среды весьма многочисленны и разнообразны. Основными компонентами биологического фактора являются: макроорганизмы (животные, птицы, рыбы); микроорганизмы (патогенные, условно-патогенные и др.); продукты микробиологического синтеза (ферменты, антибиотики, токсины, аминокислоты, белково-витаминные концентраты и т. д.).

По данным Всемирной организации здравоохранения, через пищу и воду человек может заражаться возбудителями многих инфекций, в том числе сальмонеллами, холерными вибрионами, стафилококками, стрептококками, риккетсиями, микробактериями туберкулеза, вирусами и т. д. По воздуху распространяется более 20% всех инфекционных болезней человека, в том числе грипп, корь, коклюш, натуральная и ветряная оспа, краснуха, цереброспинальный менингит, пневмония, дифтерия, скарлатина, ангина и другие.

Другая группа биологических факторов загрязнения окружающей среды возникла в связи с развитием промышленности микробиологического синтеза — производством кормовых и пищевых добавок, дрожжей, аминокислот, антибиотиков, повлекло за собой появление качественно нового вида загрязнения микроорганизмами — *продуцентами* (ферменты, витамины, аминокислоты, белки) и продуктами их жизнедеятельности.

В районах размещения биопредприятий загрязняются атмосферный воздух, вода водоемов, почва, растительность. В середине 70-х гг. в Киришах (200 км от Санкт-Петербурга) на базе нефтеперерабатывающего производства было создано еще одно предприятие — Киришский биохимический завод (КБХЗ), который должен был производить белково-витаминный концентрат (БВК), изготавливаемый из парафинов нефти. Почти сразу с началом производства БВК в Киришах увеличилось число аллергических и хронических заболеваний. У БВК есть и другие опасные свойства: он влияет на иммунную систему, вызывает иммунодефицит и этим подобен СПИДу. Более того, БВК воздействует на генетический код человека: последствия его воздействия могут проявиться и через поколение. Среди биологических факторов следует назвать большую группу опасных для человека *паразитов*, которые вызывают ряд опасных заболеваний — гельминтозов.

Приведенные примеры увеличения заболеваемости населения, связанного с биологическим загрязнением окружающей среды, показывают его большую санитарно-гигиеническую значимость, сохраняющуюся, несмотря на успехи медицины в лечении ряда инфекционных заболеваний.

9.1.3. Физические факторы

Физические факторы окружающей среды, действующие на человека, весьма разнообразны и довольно многочисленны. По происхождению они могут быть природными и антропогенными. Среди них могут быть факторы благоприятные, необходимые для здоровья человека, и вредные, что зависит как от вида, так и интенсивности их воздействия.

К природным факторам среды относятся температура, влажность, движение воздуха, солнечная радиация, включающая видимую и невидимую части спектра, атмосферное давление, гравитация, магнитное поле Земли, атмосферное электричество, космическое излучение и др. Антропогенными физическими факторами являются радиационное, тепловое, световое, электромагнитное, шумовое и другие загрязнения.

Загрязнение среды шумом возникает в результате недопустимого превышения естественного уровня звуковых колебаний. Человек способен воспринимать звуковые частоты в диапазоне 16-20 000 Гц. Единица измерения громкости звука, равная ОД логарифма отношения данной силы звука к пороговой (воспринимаемой ухом человека) его интенсивности, называется *децибелом* [дБ]. Диапазон слышимых звуков для человека составляет от 0 до 170 дБ. Звуки очень большой силы, уровень которых превышает 130 дБ, вызывают болевое ощущение и повреждения в слуховом аппарате. Основные источники шума в городах — промышленные предприятия и

транспорт. Например, на автомобильных Дорогах крупных городов России уровень шума от транспорта в дневное время достигает 90-100 дБ. В табл. 11.2 представлены уровни различных звуков.

В России примерно 30% городского населения подвержены существенному, превышающему нормативы, воздействию уровня шума, который повышает утомляемость человека, негативно воздействует на нервную систему, вызывает бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда.

Таблица 11.2. Уровни различных звуков в зависимости от источника шума

Источник шума	Уровень шума, дБ
Шепот	40
Читальный зал	60
Речь средней громкости	70
Салон автомобиля	90
Грузовик	100
Оркестр	110
Молния	130
Взлет самолета	140
Старт космической ракеты	150
Выстрел из винтовки	160
Выстрел из орудия	170

Электромагнитные — космическое, рентгеновское и γ -излучения, а также корпускулярные — α -, β -, протонное и нейтронное излучения — являются ионизирующими. Неионизирующими электромагнитными излучениями являются излучение систем радиосвязи и радиовещания, микроволновое излучение, используемое в радарных установках, телевидении и промышленности, инфракрасное излучение нагревательных приборов, видимый свет некоторых лазеров, ультрафиолетовое излучение и др.

9.2. Влияние неблагоприятных факторов среды обитания на здоровье населения

Изменения среды обитания человека в результате загрязнения окружающей среды влекут за собой рост экологически обусловленной заболеваемости. Среди загрязнителей окружающей среды особое место занимают тяжелые металлы — свинец, ртуть, цинк, никель и др.

Свинец и его соединения относятся к классу высоко опасных веществ, способных причинить ощутимый вред здоровью человека. Свинец влияет на нервную систему, что приводит к снижению интеллекта, а также вызывает изменение физической активности, координации, слуха. Свинец воздействует также на сердечно-сосудистую систему, приводя к заболеваниям сердца. Существуют доказательства того, что воздействие свинца нарушает женскую и мужскую репродуктивную

систему, а это приводит к росту числа выкидышей и врожденных заболеваний. Расчет риска показывает, что при современном уровне загрязнения окружающей среды и продуктов питания у 44% детей в городах России могут возникать проблемы с обучением и в поведении, обусловленные воздействием свинца, около 9% детей нуждаются в лечении и примерно 0,01% детей — в неотложном медицинском вмешательстве.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха свинцом в России является автотранспорт. Основной вклад в свинцовое загрязнение окружающей среды стационарными источниками вносят предприятия цветной металлургии (600 т/год, или около 87% регистрируемых свинцовых выбросов всех отраслей промышленности).

Другим высокотоксичным металлом является ртуть. Ее среднее содержание в атмосфере обычно ниже 50 нг/м^3 , в земной коре — около $0,08 \text{ мг/кг}$. Выбросы ртути в окружающую среду в результате деятельности человека весьма значительны. Общая (природная и антропогенная) эмиссия ртути в атмосферу составляет свыше 6000 т ежегодно, причем менее половины — 2500 т — составляют поступления из естественных источников. Ртуть обладает широким спектром токсического воздействия на теплокровных. Она способна нарушать биосинтез белков, причем очевидно, что любые дозы ртути, которые кажутся безопасными для взрослого организма, могут повреждать мозг плода.

Структура заболеваемости в определенной местности зависит от качественного состава выбросов и вида промышленности. Так, при воздействии выбросов предприятий цветной металлургии отмечается более высокий уровень заболеваний сердечно-сосудистой системы, а на развитие легочной патологии в большей степени влияют выбросы предприятий черной металлургии и энергетики. В районах размещения предприятий химической и нефтехимической промышленности широко распространены аллергические заболевания и т. д.

Врожденные пороки у детей, живущих в крупных индустриальных центрах с развитой химической, нефтехимической и машиностроительной промышленностью, встречаются значительно чаще, чем у детей из сельской местности. Так, на 10 тыс. детей, родившихся в таких городах, они отмечаются у 108-150 новорожденных, в то время как в сельской местности этот показатель составляет 20-50.

Достоверно доказано, что продолжительность течения респираторных заболеваний у детей, проживающих в загрязненных районах, в 2-2,5 раза длительнее, чем у живущих в «чистых» районах. В городах и регионах с неблагоприятной экологической обстановкой у детей наблюдаются функциональные отклонения в системе иммунитета, кроветворения и внутриклеточных ферментов, выявляются нарушения компенсаторно-адаптационных механизмов к условиям внешней среды.

Влияние загрязнения атмосферы на состояние здоровья детей отмечено во всех возрастных группах. Наибольшее влияние оно оказывает на увеличение заболеваемости детей болезнями органов дыхания в возрастных группах 1-2 года и 3-6 лет. В городах, входящих в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы, младенческая смертность достоверно выше, чем в остальных городах. Анализ взаимосвязи младенческой смертности с конкретными загрязняющими веществами показал, что концентрация диоксида азота более 60 мкг/м^3 приводит

к повышению относительного риска младенческой смертности на 128% по сравнению с городами, где уровень этого вещества ниже 20 мкг/м³.

В течение ряда лет в рамках международной программы ЕСМЕР изучалось состояние здоровья взрослых и детей, проживающих на территории Брянской области с различным уровнем содержания радионуклидов в окружающей среде: пос. Мирный (приблизительно 30 Ки/км²) и г. Клинцы (5-10 Ки/км²). Более высокий уровень психоэмоционального стресса был установлен в поселке с наиболее высоким уровнем радиоактивного загрязнения — Мирном.

Кроме того, выявлены следующие **различия состояния здоровья населения этих районов:**

- более высокие средние значения систолического (верхняя граница) артериального давления (САД) и массы тела в Мирном по сравнению с Красным Рогом (индекс Кетле = 30,0 - 19,2 против 9,4). Аналогично, распространенность систолической артериальной гипертензии (140 мм. рт. ст.) в Мирном выше, чем в Красном Роге (40,8% против 28,7%);
- более низкие средние значения общего холестерина, липопротеидов высокой плотности в сыворотке крови жителей Мирного по сравнению с жителями Клинцов и Красного Рога.

Фактором риска заболеваемости населения страны является также загрязнение питьевой воды химическими соединениями. По данным Госсанэпиднадзора России, в целом по РФ в 1996 г. 20% проб воды коммунальных и 23,6% ведомственных водопроводов не отвечали гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям. Удельный вес нестандартных по санитарно-химическим показателям проб из источников централизованного водоснабжения составил 29,0%, в том числе с превышением содержания тяжелых металлов — 9,2%. Наличие в источниках централизованного водоснабжения солей тяжелых металлов и хлорорганических соединений при недостаточной «барьерной» способности водоочистных сооружений создает серьезную опасность для здоровья населения.

Регионы и области России, характеризующиеся стойким ухудшением качества воды в водных объектах — источниках централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, имеют тенденцию к повышению заболеваемости населения кишечными инфекциями бактериальной и вирусной природы.

9.3. Охрана окружающей среды

До 60-х гг. XX в. под охраной природы чаще всего понималась защита животного и растительного мира от истребления. Соответственно, и формами этой защиты было, главным образом создание особо охраняемых территорий, принятие юридических актов, ограничивающих промысел отдельных животных, и т. п. Причем промышленное загрязнение не было столь многообразным и массированным, как теперь, практически не было искусственно созданных соединений, не способных к естественному разложению, и природа с ним справлялась самостоятельно. Так, в реках с ненарушенным *биоценозом* (биоценотическое загрязнение заключается в воздействии на состав и структуру популяции живых организмов) и нормальной скоростью течения, не замедляемой гидротехническими сооружениями, под влиянием процессов перемешивания, окисления, осаждения, поглощения и разложения *редуцентами* (возвращающий, восстанавливающий организмы), дезинфекции солнечным излучением

и др. загрязненная вода полностью восстанавливала свои свойства на протяжении 30 км от источников загрязнения.

В настоящее время не происходит самоочищения даже таких полноводных и протяженных рек, как Обь, Енисей, Лена и Амур. Что же говорить о многострадальной Волге, естественная скорость течения которой в несколько раз снижена гидротехническими сооружениями, или реке Томь (Западная Сибирь), всю воду которой промышленные предприятия успевают забрать для своих нужд и спустить обратно загрязненной как минимум 3-4 раза, прежде чем она достигнет устья.

Соответственно, наполнилось новым содержанием и понятие охраны природы. Основные усилия теперь направлены на снижение уровня ее материального и энергетического загрязнения. Однако и первоначальное направление, в частности, организация и совершенствование работы заповедников, не теряет своей актуальности.

В настоящее время под *охраной окружающей природной среды* понимают систему международных, государственных и общественных мер, направленных на обеспечение гармоничного взаимодействия общества и природы на основе сохранения и воспроизводства природных богатств, рационального использования природных ресурсов, улучшения качества окружающей человека среды.

Охрана окружающей природной среды складывается:

- из правовой охраны, формирующей научные экологические принципы в виде юридических законов, обязательных для исполнения;
- материального стимулирования природоохранной деятельности, призванного сделать ее экономически выгодной для предприятий;
- инженерной охраны, разрабатывающей природоохранную и ресурсосберегающую технологию и технику.

В соответствии с законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» (1991 г.) **охране подлежат следующие объекты:**

- естественные экологические системы, озоновый слой атмосферы;
- земля, ее недра, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, лесная и иная растительность, животный мир, микроорганизмы, генетический фонд, природные ландшафты.

Основными принципами охраны окружающей природной среды являются следующие:

- приоритет обеспечения благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха населения;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества;
- учет законов природы и возможностей самовосстановления и самоочищения ее ресурсов;
- недопущение необратимых последствий для природной среды и здоровья человека;
- платность природопользования;

- право населения и общественных организаций на своевременную и достоверную информацию о состоянии окружающей среды и отрицательном воздействии на нее и на здоровье людей различных производственных объектов;
- неотвратимость ответственности за нарушение требований природоохранительного законодательства;
- гласность в работе экологических организаций и тесная связь их с общественными объединениями и населением при решении природоохранных задач;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды.

9.3.1. Природоохранная деятельность предприятий

Существует два основных направления природоохранной деятельности предприятий.

Первое — очистка вредных выбросов. Этот путь в «чистом виде» малоэффективен, так как с его помощью далеко не всегда удастся полностью прекратить поступление вредных веществ в атмосферу. К тому же сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды ведет к усилению загрязнения другого. Например, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды.

Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает проблемы полностью. В процессе функционирования этих установок вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме но, как правило, с повышенной концентрацией вредных веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже не безопасно для окружающей среды.

Второе направление — устранение самих причин загрязнения, что требует разработки малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для атмосферы веществ.

Однако надо помнить, что никакие очистные сооружения и безотходные технологии не смогут восстановить устойчивость биосферы, если будут превышены допустимые (пороговые) значения сокращения естественных, не преобразованных человеком природных систем, в чем проявляется действие *закона незаменимости биосферы*. Таким порогом может оказаться использование более 1% энергетики биосферы и глубокое преобразование более 10% природных территорий (правило одного и десяти процентов).

9.3.2. Экологическое право

Экологическое право — это отрасль права, представляющая собой систему правовых норм, регулирующих общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения, оздоровления и улучшения окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений. В связи с резким обострением экологических проблем роль экологического права растет, а его предметом являются общественные отношения в сфере охраны, оздоровления и улучшения окружающей

природной среды, предупреждения и устранения вредных последствий воздействия на нее хозяйственной и иной деятельности.

Источником экологического права являются следующие правовые документы: Конституция Российской Федерации, законы и кодексы в области охраны природы, указы и распоряжения Президента по вопросам экологии и природопользования, правительственные природоохранные акты; нормативные акты министерств и ведомств; нормативные решения органов местного самоуправления.

Природоохранительное законодательство — это система законов и других юридических актов (постановлений, указов, инструкций), которая регулирует правоохранные отношения в целях сохранения и воспроизводства природных богатств, рационализации природопользования, сохранение здоровья населения.

В нашей стране требование охраны и использования природных богатств включено в Конституцию. Существует около двух сотен юридических документов, касающихся природопользования. Одним из важнейших является комплексный закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды», принятый в 1991 г. В нем отражены следующие положения: право граждан на здоровую и благоприятную окружающую среду; нормирование качества окружающей природной среды; экономический механизм охраны окружающей природной среды; государственная экологическая экспертиза; чрезвычайные экологические ситуации; особо охраняемые природные территории и объекты; экологический контроль; ответственность за экологические правонарушения; международное сотрудничество.

Регулирование отношений в области использования природных ресурсов предусматривается Земельным кодексом РСФСР (1991 г.), Водным кодексом РФ (1995 г.), Лесным законодательством (1977 г.), законами Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха» (1982 г.), «О радиационной безопасности населения» (1995 г.), «О недрах» (1992 г.), «О животном мире» (1995 г.), «Об отходах производства и потребления» (1998 г.) и др.

Каждый гражданин обязан принимать участие в охране окружающей природной среды, повышать уровень своих знаний о природе, экологическую культуру, соблюдать требования природоохранного законодательства. Ответственность за экологические правонарушения служит средством обеспечения выполнения требований законодательства по охране окружающей среды и использованию природных ресурсов. В соответствии с российским законодательством в области охраны окружающей среды, должностные лица и граждане за экологические правонарушения несут дисциплинарную, административную, уголовную, гражданско-правовую, материальную ответственность, а предприятия — административную и гражданско-правовую.

В случае наиболее тяжелых нарушений, например при поджоге леса, виновный может быть подвергнут *уголовному* наказанию в виде лишения свободы, наложения крупных денежных штрафов, конфискации имущества. Однако чаще применяется административная ответственность в виде наложения штрафов как на отдельных лиц, так и на предприятия в целом.

Выплата штрафа не освобождает от материальной гражданско-правовой ответственности, то есть от необходимости возмещения причиненного загрязнением или нерациональным использованием природных ресурсов вреда окружающей среде, здоровью и имуществу граждан, народному хозяйству.

9.3.3. Экономический механизм охраны окружающей природной среды

В Российской Федерации создан *экономический механизм охраны окружающей природной среды (ООПС)*, ориентированный на рыночную экономику. Его главная особенность — ориентация на плановое централизованное финансирование из государственного бюджета, на экономические методы регулирования. Экономический механизм ООПС включает в себя целый ряд инструментов воздействия на материальные интересы предприятий и отдельных работников, например, установление лимитов использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

Существует довольно большое количество предприятий, которые с экологической точки зрения лучше всего было бы закрыть или перепрофилировать, то есть перевести на выпуск другой продукции. Например, целлюлозно-бумажный комбинат можно перепрофилировать в мебельную фабрику. Однако с экономической точки зрения, а иногда и с социальной (то есть исходя из интересов местного населения), это не всегда реально. В этом случае его деятельность в области природопользования регулируется не ГОСТами, а индивидуальными нормативами.

В начале 90-х гг. была введена платность природопользования, включая плату практически за все природные ресурсы, за загрязнение окружающей природной среды, размещение в ней отходов производства, а также за другие виды воздействия. При этом плата за сверхлимитное использование и загрязнение в несколько раз превышает плату за использование и загрязнение в пределах установленных предприятию нормативов (лимитов).

Одним из важнейших методов экономического управления является планирование и финансирование природоохранных мероприятий. Источниками финансирования могут быть бюджетные средства, собственные средства предприятий, банковские кредиты и различные экологические фонды. Важнейшим из экономических методов управления является правильное применение материального стимулирования.

К мерам материального стимулирования относятся:

- установление налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий и нетрадиционных видов энергии, принятии других эффективных мер по охране окружающей природной среды;
- освобождение от налогообложения экологических фондов;
- применение поощрительных цен и надбавок на экологически чистую продукцию.

К мерам материального наказания относятся:

- введение специального добавочного налогообложения экологически вредной продукции и продукции, выпускаемой с применением экологически опасных технологий;
- штрафы за экологические правонарушения.

9.4. Глобальные экологические проблемы современности

Приступая к изучению экологических проблем, необходимо рассмотреть глобальные проблемы человечества. Ранжирование глобальных проблем менялось с течением времени. Так, модель Д. Медоуза (1972 г.) была первым отчетом Римскому клубу — международной неправительственной организации, образованной в 1968 г. В одной из своих работ (Кинг А., Шнайдер Б. Первая глобальная революция. -М., 1991) исследователи отмечают четыре наиболее актуальные проблемы: демографическую, экологическую, продовольственную, энергетическую, — а также выделяют три узла глобальных проблем, требующих немедленного решения: конверсия военной экономики, проблемы энергетики и потепления климата, проблемы мирового развития.

Попытку классификации глобальных проблем сделал Ю. Гладкий, выделив три основные группы: 1) проблемы политического и социально-экономического характера (предотвращение ядерной войны, нормальное функционирование мирового хозяйства, преодоление отсталости слаборазвитыми странами); 2) проблемы природно-экономического характера (экологическая, энергетическая, продовольственная, сырьевая, Мирового океана); 3) проблемы социального характера (демографическая, межнациональных отношений, кризиса культуры и нравственности, урбанизации, охраны здоровья).

В рамках общепринятой классификации, разработанной в начале 80-х гг. XX в., выделяют **три основные группы глобальных проблем:**

1. Проблемы, связанные с главными социальными вопросами (предотвращение мировой ядерной катастрофы, преодоление разрыва в уровнях социально-экономического развития между развитыми и развивающимися странами и др.).
2. Проблемы, касающиеся отношений человека и окружающей среды (энергосырьевая, экологическая, продовольственная, освоение космического пространства и др.).
3. Проблемы отношений человека и общества (использование достижений научно-технического прогресса, ликвидация опасных болезней, улучшение системы здравоохранения, ликвидация неграмотности и др.).

К числу главных задач современной глобальной экологии как междисциплинарной, комплексной науки относятся изучение антропогенных изменений в среде обитания и обоснование методов сохранения и улучшения этой среды в интересах человека. В связи с этим важнейшее значение приобретают прогнозирование изменений экологической ситуации в будущем и на этой основе разработка мероприятий, направленных на сохранение и улучшение окружающей среды, предотвращение нежелательных изменений биосферы.

Среди современных глобальных экологических проблем выделяют парниковый эффект, разрушение озонового слоя Земли, кислотные осадки, выхлопы автотранспорта, загрязнение гидросферы, разрушение почвы и восстановление ее плодородия, изменение климата, опустынивание, сохранение и охрану биологических ресурсов, применение пестицидов и агрохимикатов в сельском хозяйстве, уничтожение и деградацию лесов и растительности, проблему удаления бытовых, промышленных и токсичных отходов, дефицит чистой питьевой воды, ее очистку и др.

9.4.1. Парниковый эффект

Атмосфера почти целиком пропускает излучение Солнца к Земле, но из-за наличия в атмосфере парниковых газов (к ним относятся диоксид углерода, метан, фреон, оксиды азота и др.) существенно задерживается обратное тепловое излучение земной поверхности. Парниковые газы образуют как бы стеклянную крышу парника над планетой, и большая часть излучаемого Землей тепла возвращается назад. Тепловая энергия накапливается в приповерхностных слоях атмосферы тем интенсивнее, чем больше в них концентрация парниковых газов — в этом суть парникового эффекта.

Усиление парникового эффекта приводит к увеличению количества осадков, изменению направлений ветров, океанских течений, сокращению размеров ледников, повышению температуры на поверхности Земли и потеплению климата. Многие тысячелетия средняя температура на планете держалась на уровне $+15^{\circ}\text{C}$. За последние 100 лет температура у поверхности Земли выросла на $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ и может достигнуть $+18^{\circ}\text{C}$. Уже сейчас потепление ускорило таяние ледников и процесс опустынивания. При сохранении существующих темпов потепления может возникнуть угроза затопления низменностей в таких странах, как Япония, Южная Корея, Австралия, Нидерланды и др.

Диоксид углерода поступает в атмосферу в результате сжигания углеродсодержащих видов топлива (нефть, газ, каменный уголь) в промышленности, на теплоэлектростанциях, в автомобильных двигателях. За последние 200 лет концентрация CO_2 в воздухе изменилась с 275 до 350 частиц на 1 млн. частиц воздуха, то есть на 25%, а с 1958 г. по 2001 г. концентрация CO_2 возросла с 350 до 368 частиц. Если человечество не примет меры, чтобы сократить выброс газов, то к середине века средняя глобальная температура приземной атмосферы повысится на $1,5-4,5^{\circ}\text{C}$.

Доли некоторых государств в выбросе диоксида углерода таковы: США — 22%, Россия и Китай — по 11%, Германия и Япония — по 5%. Анализ динамики климатических данных в России показал, что в 80-х и начале 90-х гг. XX в. среднегодовые температуры в северной половине Восточно-Европейской равнины возросли из-за частой повторяемости теплых зим. Причем, отмечена сопряженность ареалов максимальной изменчивости климатических характеристик с географическим распределением загрязнений атмосферы.

Изменение климата влияет на сельское, лесное и водное хозяйство. Это связано с перераспределением осадков и увеличением числа и интенсивности засух. Например, в зоне вечной мерзлоты в результате потепления и таяния льдов станет разрушаться хозяйственная инфраструктура, будет нанесен ущерб добывающей промышленности, транспортным, энергетическим системам, коммунальному хозяйству. Однако повышение температуры на $1-2^{\circ}\text{C}$ в целом будет благоприятным для сельского хозяйства европейской части нашей страны, так как позволит выращивать теплолюбивые сельскохозяйственные культуры на обширных территориях.

В декабре 1997 г. в Киото была проведена международная конференция по глобальному изменению климата на планете, в которой приняли участие представители из 159 стран. Был принят заключительный протокол, который предусматривал общее сокращение на 5,2% выбросов в атмосферу парниковых газов. К 2008-2012 гг. страны Европейского союза должны сократить выбросы парниковых газов (от уровня

1990 г.) на 8%, США — на 7%, Япония, Канада — на 6%. Россия и Украина к 2012 г. могут сохранить выбросы на уровне 1990 г. из-за уменьшения промышленного производства в последние годы.

9.4.2. Кислотные осадки

Кислотными называют любые атмосферные осадки — дожди, туманы, снег, — кислотность которых выше нормальной. Проблема кислотных осадков возникла в начале 70-х гг. XX в. Наиболее остро она проявилась в странах Скандинавского полуострова, где в озерах стали исчезать рыба, микроорганизмы, причем вода внешне оставалась чистой. Кислотные свойства среды определяются ионами водорода. Чем больше концентрация водородных ионов в растворе, тем выше его кислотность. Для выражения концентрации ионов водорода используют единицы водородного показателя, или pH. Шкала pH: от 0 (крайне высокая кислотность) через 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне сильная щелочность).

Кислотные дожди содержат растворы серной, азотной и других кислот, в которые превращается влага воздуха, поглощая сернистый газ, в больших количествах вырабатываемого при сжигании топлива транспортом, электростанциями, на металлургических производствах и т. п.

Кислотные дожди угнетают растительность, снижают прирост леса и урожайность сельскохозяйственных культур. Кислота увеличивает подвижность в почвах алюминия, что приводит к угнетению листвы и хвои, хрупкости ветвей. Особенно сильно повреждаются хвойные деревья, потому что хвоя сменяется реже и накапливает больше вредных веществ, чем листья, за один и тот же период. Большой вред кислотные осадки наносят водоемам. Происходит зачисление озер, ведущее к гибели икры, мальков, планктона, многих видов водорослей и рыб. Озера становятся практически безжизненными.

Мировое сообщество предпринимает определенные шаги по борьбе с кислотными дождями. В 1985г. в Хельсинки 20 государств Европы и Канада подписали Протокол о 30-процентном снижении выбросов серы. Принятые в странах Большой семерки в 1970-1990 гг. меры позволили при росте ВВП на 60% практически не увеличить выбросы химических соединений, способствующих образованию кислотных осадков.

9.4.3. Озоновый экран Земли

Наибольшая концентрация озона в атмосфере наблюдается на высоте 20-25 км. Общая масса озона меньше одной миллионной доли массы всей атмосферы. Однако озоновый слой не только оберегает все живое на планете от прямого разрушения под действием ультрафиолетового излучения, но и предотвращает опасные мутации живых организмов. Свыше 99% ультрафиолета поглощается слоем озона в стратосфере на высоте около 25 км. Уменьшение озонового слоя на 1% влечет за собой увеличение ультрафиолетового излучения на 1,5%. Тепловой режим атмосферы, ее динамика в значительной степени определяются способностью озона поглощать ультрафиолет. С ростом интенсивности ультрафиолетовой радиации ученые связывают увеличение заболеваний глаз и онкологических заболеваний у людей, ослабление иммунной системы, возникновение мутаций (ультрафиолет разрушает молекулы ДНК, а это уже генетические изменения).

Основными факторами, разрушающими озоновый экран Земли, являются: полеты реактивных самолетов в высоких слоях атмосферы, испытания ядерного и

термоядерного оружия, уничтожение лесов, массовое применение фреонов в технике, парфюмерной, химической продукции, в быту. Фреоны летучи и поднимаются в стратосферу. Там они разлагаются, высвобождая атомарный хлор, который разрушает озон. Это приводит к образованию озоновых дыр. Впервые озоновую дыру над Антарктидой обнаружил исследователь британской арктической службы Джозеф Чарльз Фарман в 1979 г., а мир узнал о ней в 1985 г.

Утоньшение озонового слоя ведет к увеличению нагрева Земли, усилению циркуляции воздушных масс в атмосфере, наступлению пустынь. В связи с неблагоприятным состоянием озонового слоя мировое сообщество принимает меры по его защите. В 1987 г. правительства 56 стран, в том числе и СССР, подписали Монреальский протокол, по которому обязались в ближайшее десятилетие вдвое сократить производство фторуглеродов и других веществ, разрушающих озоновый слой. В 1997 г. постановлением правительства РФ создана Межведомственная комиссия по охране озонового слоя, отвечающая за реализацию принятой программы.

В промышленности уже принимаются довольно эффективные меры для выполнения правительственной программы. Так, производители холодильной техники приступили к замене фреонов озонобезопасными веществами. Российские физики предложили уничтожать сам источник разрушения озона, организовывать глобальную очистку атмосферы от фреонов, воздействуя на нее микроволновым разрядом. В Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН разработан метод всепогодного и круглосуточного мониторинга озоносферы, основанный на использовании миллиметровых волн ее теплового излучения.

9.4.4. Проблема отходов

В настоящее время при использовании современной техники и технологий не более 10% сырья из недр и с поверхности планеты превращается в готовую продукцию, а 90% идет в отходы, загрязняющие биосферу. Ежегодно в России образуется около 7 млрд. т отходов, из которых вторично используется лишь 2 млрд. т, или 28,6%. Отходы загрязняют атмосферный воздух, почву, растительность, подземные и поверхностные воды. Они подразделяются на бытовые и промышленные и могут существовать в твердом, жидком, газообразном состояниях. Особую тревогу вызывает накопление токсичных отходов, в том числе содержащих канцерогенные вещества. Сложившаяся ситуация представляет реальную угрозу здоровью людей.

Первоначально решение проблемы отходов рассматривалось преимущественно в их уничтожении — закапывании или сжигании, но с увеличением загрязнения окружающей среды на первый план вышли экологически более приемлемые меры устранения отходов — их сортировка и повторное использование, то есть рециклинг. Реализация рециклинга с минимальными затратами — важная техническая задача, которая требует изменения всей техники и технологии. Рециклинг приведет к сокращению разработки полезных ископаемых и загромождению земной поверхности отвалами и отходами.

Минимизация отходов в различных отраслях промышленности может быть достигнута следующими способами: усовершенствованием технологических процессов в направлении сокращения количества образующихся отходов; рециклизацией отходов, предпочтительно в процессе их образования;

переработкой отходов в полезные побочные продукты; изменением свойств отходов, снижением их объема и токсичности для облегчения последующего удаления и переработки.

Помимо твердых бытовых, промышленных отходов, макулатуры, отходов пластмасс, цветных металлов, стеклотары, строительных отходов, люминесцентных ламп, отходов агропромышленного производства и др., в промышленном производстве образуется много токсичных отходов, представляющих особую опасность. Так, в России накоплено более 1,1 млрд. т токсичных, экологически опасных отходов. Между тем, в стране нет ни одного предприятия (полигона) по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов, полностью отвечающего предъявляемым требованиям.

Перспективным способом утилизации опасных отходов представляется термический метод. Он позволяет из некоторых видов отходов получать серебросодержащую золу, содержащую благородные и редкие металлы. Методы высокотемпературной обработки позволяют восстанавливать активированные угли, известь, соду и другие ценные продукты.

Наиболее дешевым способом избавления от отходов является их экспорт в развивающиеся страны. Например, переработка химических отходов в Европе стоит от 160 до 200 долларов за тонну, а экспорт в Африку 1 т отходов обходится от 2,5 до 40 долларов. Многие зарубежные фирмы размещают на территории России экологически опасные предприятия и загрязняют ее различными, в том числе опасными, отходами. Например, в 1995 г. в Россию из Австралии под видом кобальтосодержащего вторичного сырья вывезено 200 т токсичных отходов. Необходимо отметить, что государственный комитет по охране окружающей среды запрещает ввоз на территорию России, а также транзит экологически опасных грузов, осуществляемый с нарушением экологических норм и правил.

9.4.5. Уничтожение лесов

Лес — это совокупность земли, древесной, кустарниковой и травяной растительности, животных, микроорганизмов и других элементов окружающей среды, биологически взаимосвязанных и влияющих друг на друга в своем развитии. Суммарная мировая биомасса лесов оценивается примерно в 2000 млрд. т. Лесами на планете занято около 3,6 млрд. га (24-27% земель). Преобладают два лесных пояса: северный (хвойные леса) и южный (влажные тропические леса). Доля северных лесов (в основном это Россия, Канада и США) составляет 14-15%, тропических — 55-60%. Влажные тропические леса вырубаются в 10 раз быстрее, чем происходит их естественное восстановление (со скоростью 11 млн. га в год). Катастрофическое сокращение лесов в странах Юго-Восточной Азии и Западной Африки может привести к их полному уничтожению уже к 2021 году. Общая вырубка лесов в мире составляет примерно 17-25 млн. га в год, и только на 20% этих площадей производится их восстановление.

Размещение лесов в России неравномерно, большая часть покрытой лесами площади находится в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Здесь сосредоточены основные массивы сосны обыкновенной, ели, пихты, лиственницы, кедра сибирского. Россия обладает почти 25% мировых запасов древесины и 50% ценных хвойных пород мира. В лесах России произрастает около 100 видов диких

плодовых, ягодных и орехоплодных растений, имеющих большую ценность как лекарственное и техническое сырье.

Сведение лесов грозит глобальными изменениями в природе. Деревья имеют огромное значение для круговорота кислорода и углерода в атмосфере Земли, что особенно важно в связи с возможностью климатических изменений из-за повышения содержания в атмосфере углекислого газа. Леса влияют на водный режим территорий, регулируют баланс воды, поглощают и преобразовывают часть атмосферных химических загрязнений, имеют рекреационное значение. Нормальное состояние природной среды сохраняется в том случае, если покрытая лесами территория составляет не менее 30% поверхности суши. 20% лесов составляют резервы для самовосстановления природы.

Необходимо отметить, что в некоторых странах Западной и Центральной Европы за последнее время площадь лесов несколько возросла, но увеличилась площадь лесов, пораженных кислотными дождями, страдающих от запыленности атмосферы, — таких лесов 38%. В России угнетенное состояние испытывают 600 тыс. га леса.

9.4.6. Антропогенное воздействие на гидросферу

Одной из проблем, стоящих перед населением Земли, является обеспечение пресной водой, пригодной для питья, орошения, водоснабжения, коммунального хозяйства. В настоящее время человечество использует 3,8 тыс. км³ воды ежегодно. Каждый житель Земли в среднем потребляет 650 м³ воды в год (1780 л). Для удовлетворения физиологических потребностей достаточно 2,5-3 л в день, то есть около 1 м³ в год. Большое количество воды требуется сельскому хозяйству (69%); 23% воды потребляет промышленность; 6% расходуется в быту. С учетом потребностей в воде промышленности и сельского хозяйства расходы воды в нашей стране составляют от 125 до 350 л в сутки на человека.

Среди основных путей загрязнения гидросферы необходимо выделить следующие: загрязнение нефтью и нефтепродуктами; сточными водами, минеральными и органическими удобрениями, коммунально-бытовыми стоками; загрязнение ионами тяжелых металлов; кислотными дождями; радиоактивное загрязнение; тепловое, механическое, бактериальное и биологическое загрязнения. Большие опасения вызывает использование глубоководных впадин для складирования радиоактивных и токсичных отходов. По оценкам специалистов, в океане скопилось более 20 млн. т таких веществ. Большая часть радиоактивных отходов, захороненных в океане, произведена в Великобритании, Швейцарии, США, России.

Загрязнение Мирового океана вызывает оскудение его биологических ресурсов, угрожает подавлением поверхностной биоты (совокупности растений и животных) океана, играющей большую роль в стабилизации глобальной экологической системы планеты. Уничтожение биоты в верхнем слое океана может привести к повышению концентрации углекислого газа в атмосфере почти втрое.

Для уменьшения загрязнения гидросферы желательны вторичное использование воды в замкнутых ресурсосберегающих, безотходных процессах в промышленности, капельное орошение в сельском хозяйстве, экономное использование воды в производстве и быту, очистка воды. Методы очистки воды классифицируются на механические, химические, физико-химические и биологические. Очистка воды от твердых частиц предполагает процеживание, отстаивание, механическое разделение, фильтрование; от маслопродуктов — отстаивание, механическое разделение,

флотацию, фильтрование; от растворимых примесей — экстракцию, сорбцию, нейтрализацию, электрокоагуляцию, ионообмен, озонирование, обезвоживание; от органических примесей — применение искусственных и естественных сооружений. При очистке промышленных сточных эти процессы используются в различных сочетаниях в зависимости от типа производства, состава стоков, требований к качеству очищенной воды.

9.5. Критерии оценки качества окружающей среды

Оценка окружающей среды предполагает сравнение ее состояния с определенными нормами. В качестве критериев могут выступать показатели естественного, ненарушенного состояния природных комплексов, фоновые параметры среды. Ученые разрабатывают нормативные показатели, характеризующие меру возможного воздействия человека на природную среду. Нормативные показатели устанавливаются на основе специальных исследований или в результате экспертных оценок. Так как экономически и технологически практически невозможно исключить выбросы вредных веществ в окружающую среду, вводятся ПДК вредных веществ.

Предельно допустимая концентрация — это максимальное количество вредного вещества в единице объема (воздуха, воды или жидкостей) или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства. Для установления ПДК используют расчетные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ. Существующие нормы ПДК представляют собой компромисс между допустимым и реально существующим уровнем загрязнения окружающей среды. В зависимости от объекта загрязнения различают ПДК в воздушной, водной среде, почве.

Для более полной оценки качества среды относительно недавно стали использовать другой критерий — ПДЭН — предельно допустимая экологическая нагрузка. Для воды — это ПДС — предельно допустимый сброс, г/с; для воздуха — ПДВ - предельно допустимый выброс, г/с. Эти величины характеризуют нагрузку, оказываемую предприятием на окружающую среду в единицу времени, и должны обязательно входить в экологический паспорт предприятия.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы окружающей среды влияют на здоровье человека? В чем проявляется их действие?
2. Какое влияние оказывают тяжелые металлы на организм человека?
3. Что вы понимаете под охраной природы? Какие принципы, направления лежат в ее основе?
4. В чем заключается экономический механизм охраны окружающей природной среды?
5. Назовите глобальные экологические проблемы современности, их особенности.
6. В чем заключается сущность парникового эффекта? Каковы его последствия?
7. Как образуются кислотные осадки? Какое влияние они оказывают на живую

природу?

8. Назовите факторы, приводящие к разрушению озонового экрана Земли. Почему опасно уменьшение толщины озонового слоя? Какие принимаются меры по его защите?
9. На какие виды подразделяются отходы производства и потребления? Какими способами можно добиться уменьшения количества отходов в промышленности?
10. Какую часть площади суши занимают леса? Каковы экологические функции леса?
11. В чем проявляется антропогенное воздействие на гидросферу?
12. Назовите методы очистки сточных вод и последствия загрязнения гидросферы.
13. Перечислите критерии оценки качества окружающей среды.

Глава 10. Безопасность трудовой деятельности.

10.1 Охрана труда как безопасность жизнедеятельности в условиях производства

Человек всегда существовал в окружении различных опасностей. На заре человеческой цивилизации эти опасности были связаны с причинами природного характера, основными из которых были зависимость человека от климатических факторов, недостаточный уровень питания, борьба с хищниками и др. С началом экономического прогресса (XVIII в.) бурно развиваются промышленность, строительство, сельское хозяйство. Теперь наряду с природными опасностями все большую угрозу стали представлять опасности, связанные с деятельностью человека, — техногенные.

Проблемы безопасности человека рассматривались еще со времен Аристотеля (384-322 гг. до н. э.). Этим вопросам посвящали свои труды Парацельс и М. В. Ломоносов. Значительный вклад в развитие теории безопасности внесли русские ученые: В. Л. Кирпичев (1845-1913), А. А. Пресс (1857-1930), В. А. Левицкий (1867-1936), А. А. Скочинский (1874-1960), С. И. Каплун (1897-1943) и др. Проблемам безопасности техносферы посвящены труды академика В. А. Легасова.

10.1.1 Дисциплина труда

Любая совместная деятельность людей нуждается в определенном согласовании. Особое значение упорядочение приобретает при объединении работников для производства. Вот почему ст. 2 КЗоТ РФ одной из основных обязанностей работника называет соблюдение трудовой дисциплины, то есть обязательных для него правил поведения в процессе труда. Важнейшей предпосылкой соблюдения работником этих правил является наиболее рациональная организация работодателем процесса труда. Поэтому, в соответствии с КЗоТ РФ (ст. 129), администрация обязана правильно организовать труд работников.

Конкретизируя обязанности применительно к сторонам трудового договора (контракта), ст. 15 КЗоТ РФ предусматривает, что работник обязуется: *а)* выполнять трудовую функцию (то есть работу по определенной специальности, должности или квалификации); *б)* подчиняться внутреннему трудовому распорядку; работодатель обязуется: *а)* выплачивать работнику заработную плату; *б)* обеспечивать условия труда, предусмотренные законодательством о труде, коллективным договором и соглашением сторон.

Таким образом, дисциплина труда как правовая категория носит двусторонний характер. Она включает и обязанности работодателя правильно организовать труд работника не только принятием обязательных для последнего правил поведения, но и (это главное!) фактическим созданием работнику нормальных условий труда. Изложенное позволяет сделать вывод, что под *дисциплиной труда* понимается обязанность работодателя создать работнику условия труда, необходимые ему для наиболее эффективного осуществления трудовой функции, и обязанность работника неуклонно соблюдать в процессе труда правила поведения, установленные в актах государства и на их основе работодателем.

10.1.2. Условия труда

С точки зрения требований международных трудовых стандартов государства должны стремиться к установлению 40-часовой рабочей недели (Конвенция № 47 и Рекомендация Международной организации труда (МОТ) № 116).

Часы, проработанные сверх продолжительности рабочего времени, акты МОТ рассматривают как сверхурочные, которые допускаются лишь в определенных случаях и пределах и которые должны оплачиваться дополнительно (не менее чем на 25% выше, чем за работу нормальной продолжительности). Компетентные государственные органы в каждой стране должны устанавливать предельное число сверхурочных работ, которое может быть проработано в течение определенного периода времени, за исключением случаев непреодолимой силы.

С недавнего времени объектом международно-правового регулирования труда стало неполное рабочее время. Согласно Конвенции № 175 (1994 г.), государства обязаны установить равную защиту и равную охрану труда лиц, занятых неполное и полное рабочее время. Национальное законодательство должно исключить снижение базисной заработной платы (тарифных ставок) работников только из-за того, что они заняты неполное рабочее время. Денежное вознаграждение не полностью занятых должно определяться пропорционально рабочему времени или выработке. Государства должны обеспечить добровольность перехода с полного рабочего времени на неполное и наоборот.

В отношении времени отдыха установлены международные стандарты продолжительности еженедельного отдыха, оплачиваемых отпусков для отдыха, оплачиваемых учебных отпусков. Основным актом МОТ о ежегодных оплачиваемых отпусках является Конвенция № 135, согласно которой продолжительность отпуска должна составлять не менее трех недель за каждый год работы. Минимальный период работы, дающий право на отпуск, составляет 6 месяцев. Воскресенье и праздничные дни, а также время болезни в отпуск не включаются. За время отпуска должны выплачиваться отпускные, равные, по крайней мере, средней заработной плате. Деление отпуска на части разрешается, но при этом продолжительность каждой части не может быть менее 2 недель.

Работник, проработавший минимальный период, требуемый для предоставления отпуска, и увольняющийся с работы, вправе после прекращения работы получить оплачиваемый отпуск, пропорциональный продолжительности его работы, или денежную компенсацию. Соглашение об отказе от ежегодного оплачиваемого отпуска или о неиспользовании такого отпуска с заменой денежной компенсацией признается недействительным или запрещается. Национальное законодательство может устанавливать специальные правила в отношении тех случаев, когда работающее по найму лицо занимается в период отпуска оплачиваемой деятельностью, противоречащей цели отпуска, то есть отдыху, восстановлению сил.

Акты МОТ по вопросам заработной платы посвящены преимущественно процедуре и принципам установления государственного минимума заработной платы и обеспечению ее сохранения в целях защиты материальных интересов работников. Предусмотрено, что удержания из заработной платы должны быть ограничены пределом, необходимым для обеспечения содержания трудящегося и его семьи. Сумма таких удержаний должна быть умеренной и не превышать стоимости причиненного ущерба.

Максимальные сроки выплаты заработной платы:

- для трудящихся с почасовым, поденным или понедельным исчислением заработной платы — не реже двух раз в месяц через промежутки времени, не превышающие 16 дней;
- для служащих — не реже одного раза в месяц;
- для работников-сдельщиков — не реже двух раз в месяц через промежутки времени, не превышающие 16 дней.

При каждой выплате заработной платы трудящихся необходимо информировать об общей сумме заработанного, обо всех удержаниях, о сумме заработной платы, причитающейся к выдаче.

10.2. Экономические вопросы охраны труда

Касаясь экономических вопросов охраны труда, авторы ограничиваются проблемой возмещения вреда, причиненного жизни и здоровья работника.

Порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту), определяет федеральный закон от 24 июля 1998 г. N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Действие закона распространяется на граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, если иное не предусмотрено федеральными законами или международными договорами Российской Федерации.

Обеспечение по страхованию осуществляется (ст. 8):

- 1) в виде пособия по временной нетрудоспособности;
- 2) в виде страховых выплат:
 - единовременной страховой выплаты застрахованному либо лицам, имеющим право на получение такой выплаты в случае его смерти;
 - ежемесячных страховых выплат;

3) в виде оплаты дополнительных расходов, связанных с повреждением здоровья застрахованного, на его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию, **включая** расходы;

- на дополнительную медицинскую помощь, в том числе на дополнительное питание и приобретение лекарств;
- специальный медицинский и бытовой уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- санитарно-курортное лечение, включая оплату отпуска, стоимость проезда к месту лечения и обратно застрахованного, а также сопровождающего лица (при необходимости), их проживание и питание;
- протезирование;
- обеспечение специальным транспортом, его ремонт и расходы на горючее;
- профессиональное обучение (переобучение).

Пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием выплачивается за весь период временной нетрудоспособности застрахованного до его выздоровления или установления стойкой утраты профессиональной трудоспособности в размере 100% его среднего заработка (ст. 9).

Единовременные и ежемесячные страховые выплаты (ст. 10) назначаются и выплачиваются:

- застрахованному — если результатом наступления страхового случая стала утрата им профессиональной трудоспособности;
- лицам, имеющим право на их получение, — если результатом наступления страхового случая стала смерть застрахованного.

Если грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, размер ежемесячных страховых выплат уменьшается соответственно степени вины застрахованного, но не более чем на 25%. Вред, возникающий вследствие умысла застрахованного, возмещению не подлежит (ст. 14).

Порядок назначения и выплаты обеспечения по страхованию устанавливает ст. 15 закона. Перечень документов, необходимых для назначения обеспечения по страхованию, определяется страховщиком для каждого конкретного случая.

10.3. Атмосферные условия производственной среды

Условия производственной деятельности человека во многом зависят от качества воздушной среды, в которой эта деятельность осуществляется. Воздушная среда характеризуется физическими параметрами, химическим составом, ионным составом и другими показателями.

К **физическим параметрам воздуха** относятся температура, относительная влажность, скорость движения, барометрическое давление. Первые три параметра определяют процесс терморегуляции организма (то есть поддержание температуры тела в пределах 36-37°C), которая обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме в процессе обмена веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, то есть поддерживает тепловой баланс организма человека.

Физические параметры воздуха необходимо учитывать при организации всех видов деятельности. Особое значение имеют параметры микроклимата помещений, то есть температура, относительная влажность и подвижность воздуха. Кроме того, следует иметь в виду, что скорость воздуха при определенной величине представляет серьезную опасность для сооружений, технических устройств, конструкций, так как может создавать большие ветровые нагрузки, способные производить разрушительные действия. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости ветра способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма человека и тем самым к ухудшению самочувствия. При повышении температуры возникают обратные явления. Исследователями установлено, что при температуре воздуха больше 30°C работоспособность человека начинает падать. Для человека определены максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать несколько минут без специальных средств защиты, около 116°C.

10.3.1. Химический состав воздуха

Чистый воздух имеет следующий химический состав: азот —≈78,08%; кислород —≈20,94%; аргон, неон и другие инертные газы —≈0,94%; углекислый газ —≈0,03%; прочие газы —≈0,01%. В воздухе могут содержаться также вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.

Вредным считается вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ними, так и в отдельные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Для предотвращения негативных последствий воздействия вредных химических веществ на отдельные компоненты природной среды необходимо знать их предельные уровни, при которых возможна нормальная жизнедеятельность и функционирование организма. Основной величиной экологического нормирования содержания вредных химических соединений в компонентах природной среды является предельно допустимая концентрация.

Воздух характеризуется **ионным составом**.

Ионизация воздуха — процесс превращения нейтральных атомов и молекул воздушной среды в электрически заряженные частицы (ионы). Ионы в воздухе могут образовываться вследствие естественной, технологической и искусственной ионизации.

Естественная ионизация происходит в результате воздействия на воздушную среду космических излучений и частиц, выбрасываемых радиоактивными веществами при их распаде. Естественное ценообразование происходит повсеместно и постоянно.

Технологическая ионизация происходит при воздействии на воздушную среду электромагнитного, радиоактивного, рентгеновского и ультрафиолетового излучений и других ионизирующих факторов, вызванных технологическими процессами. Образовавшиеся при этом ионы распространяются в основном в непосредственной близости от технологической установки.

Искусственная ионизация осуществляется специальными устройствами — ионизаторами. Ионизаторы обеспечивают в ограниченном объеме воздушной среды заданную концентрацию ионов определенной полярности.

10.3.2. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями. В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха — в зависимости от способности организма к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Для оценки характера одежды (теплоизоляции) и акклиматизации организма в разное время года введено понятие периода года. Различают теплый и холодный периоды года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха 10°C и выше, холодный — ниже 10°C .

При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энергозатрат организма, делятся на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Характеристику производственных помещений устанавливают по категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении.

К легким работам (категории I) с затратой энергии до 174 Вт относятся работы, выполняемые сидя или стоя, не требующие систематического физического напряжения (работа контролеров, в процессах точного приборостроения, конторские работы и др.). К работам средней тяжести (категория II) относят работы с затратой энергии 175-232 Вт (категория IIa) и 233-290 Вт (категория IIб). К тяжелым работам (категория III) с затратой энергии более 290 Вт относят работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, с переноской значительных (более 10 кг) тяжестей (в кузнечных, литейных цехах с ручными процессами и др.).

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и не постоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50% поверхности человека, 70 Вт/м^2 — при облучении 25-50% поверхности и 100 Вт/м^2 — при облучении не более 25% поверхности тела. Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретого металла, стекла, открытого пламени и др.) не должна превышать 140 Вт/м^2 , при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательно использование средств индивидуальной защиты.

В рабочей зоне производственного помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88, могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия. *Оптимальные микроклиматические условия* — это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности. *Допустимые микроклиматические условия* — это такие сочетания

параметров микроклимата, которые при длительном систематическом воздействии на человека могут вызвать напряжение реакций терморегуляции и которые не выходят за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшающие самочувствие и понижающие работоспособность. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры — обычными системами вентиляции и отопления.

10.4. Защита от шума и вибрации

10.4.1. Воздействие шума

Действие акустических шумов сопровождается определенными сдвигами в состоянии сердечно-сосудистой системы. Установлено, что выраженность ухудшения таких показателей, как острота зрения, устойчивость ясного видения, контрастная чувствительность, зависит как от интенсивности шума, так и от длительности его воздействия. Под воздействием шума вначале понижаются острота и тонкость слуха; в дальнейшем при длительном действии шума развиваются стойкие патологические изменения в органе слуха. У операторов, работающих в условиях шумовых воздействий, наблюдается нарушение сна, приводящее к снижению работоспособности.

В последние годы проблема шума выдвинулась в число наиболее актуальных. Человечеству еще никогда не приходилось переживать столь значительного увеличения интенсивности и других характеристик шума в среде своего обитания за столь незначительный срок.

Шум воздействует на организм человека непрерывно на протяжении всей его жизни. Установлено, что даже во сне человеческий организм не остается безразличным к шуму и соответствующим образом реагирует на него. Шум, безусловно, относится к неблагоприятно действующим факторам среды обитания, однако длительное существование человека в условиях полного отсутствия шума практически невозможно и совершенно неоправданно с физиолого-гигиенической точки зрения. К неблагоприятным относятся шумы, чрезмерные по интенсивности, частоте и продолжительности и, как правило, не несущие никакой полезной информации для человека. Именно эти шумы и вызывают нежелательные функциональные, а иногда и патологические изменения в организме человека.

Данные исследований свидетельствуют о том, что субъективное привыкание персонала рабочих и служащих к шуму совершенно не предотвращает неблагоприятного его действия, которое весьма многообразно в своем проявлении. Еще в 60-70-е гг. было детально изучено действие шума на слуховой анализатор. Данные того времени свидетельствуют о том, что изменения органов слуха, возникающие в результате воздействия шума и в зависимости от его спектрального состава, интенсивности и продолжительности действия, могут носить самый разнообразный характер. В одних случаях изменения носят нечеткий функциональный характер, в других может наступить полная глухота.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что неблагоприятное действие шума не ограничивается воздействием только на органы слуха. Очень часто изменения возникают вначале в других органах и системах человека. Как правило, на неблагоприятные шумовые воздействия первой реагирует центральная нервная

система, причем проявления эти могут носить самый разнообразный характер, в частности страдает рефлекторная деятельность.

При постоянном воздействии шума могут наблюдаться также различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно-сосудистой системы, причем эти изменения могут наступить раньше, чем проявятся нарушения слуха. По мнению многих исследователей, шум играет большую роль в возникновении и развитии гипертонической болезни.

Данные исследований свидетельствуют о неблагоприятном влиянии шума на органы зрения и вестибулярный аппарат. Под влиянием шума изменяется вибрационная чувствительность и происходят нежелательные функциональные изменения в вестибулярном аппарате. Следует отметить также, что шум снижает работоспособность, является причиной отрицательных эмоциональных сдвигов и существенно мешает отдыху.

10.4.2. Воздействие вибрации

Наряду с шумом выраженное негативное влияние на организм человека оказывает вибрация, длительное воздействие которой вызывает нарушение функций дыхания, способствует изменению ритма сердечной деятельности и сосудистого тонуса; отрицательно сказывается на работе зрительной, вестибулярной, двигательной систем, а также на работе органов женской половой сферы.

Вибрацией называются малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля. Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Рассматривая нарушения состояния здоровья, вызванные вибрационным воздействием, следует отметить, что частота заболеваний определяется дозой (эквивалентным уровнем) вибрации, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием ее спектра. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм *общей вибрации* страдают в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения — для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения — для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих, чья профессия связана с вибрацией, отмечаются головокружения, расстройства координации движений, симптомы укачивания, вестибулярно-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно — потемнением в глазах: Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация влияет на обменные процессы, проявляющиеся в изменении углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови. Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин,

трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия низко- и средне-частотной вибрации выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения, — *локальная вибрация*. От нее страдают главным образом люди, работающие ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушает снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение костной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформацию и уменьшение подвижности суставов. Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а колебания высоких частот — спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с источником вибрации и суммарное время воздействия вибрации за смену. Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая включена в список профессиональных заболеваний.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные климатические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышают риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. Параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием регламентируются следующими документами: ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Документы классифицируют вибрации, устанавливают методы их гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц, подвергающихся воздействию вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и вибрационные характеристики машин.

10.5. Освещение производственных помещений

10.5.1. Основные светотехнические характеристики

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, помогает сохранить высокую работоспособность. Свет представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38-0,76 мкм. Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. **К количественным показателям относятся:**

- *световой поток* — часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряемую в люменах [лм];
- *освещенность* — поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока, равномерно падающего на освещаемую поверхность, к ее площади, измеряется в люксах [лк];
- *яркость* поверхности под углом к нормали — это отношение силы света, излучаемого освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению.

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели, как фон, контраст объекта с фоном, показатель ослепленности, видимости.

Фон — это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока к падающему на нее световому потоку.

Контраст объекта с фоном — степень различения объекта и фона — характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знака, пятна, трещины или других элементов) и фона.

Показатель ослепленности — критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой.

Видимость — способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции.

10.5.2. Системы и виды производственного освещения

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющееся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно *естественное освещение* подразделяют на боковое (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее — через аэрационные и зенитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное — сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов — общее и комбинированное. Систему *общего освещения* применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цехи), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных работ (например, слесарных, токарных, контрольных) в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности

расположены вертикально (штампы, гильотинные ножницы), наряду с общим освещением применяют местное. Совокупность общего и местного освещения называют *комбинированным освещением*. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное и специальное, которое может быть охранным, дежурным, эвакуационным, бактерицидным и др.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса и является обязательным для всех производственных помещений.

Аварийное освещение устанавливают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при авариях) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т. д. Минимальная освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении должна составлять 5% от нормируемой рабочей освещенности, но не менее 2 лк.

Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения эвакуации людей из производственного помещения при авариях и отключении рабочего освещения. Оно организуется в местах, опасных для прохода людей: на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работают более 50 человек. Максимальная освещенность пола основных проходов и ступенек при эвакуационном освещении должна быть не менее 0,5 лк, открытых территорий — не менее 0,2 лк.

Охранный свет устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность в ночное время 0,5 лк.

10.5.3. Основные требования к производственному освещению

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость рабочих объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда.

При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах.

Перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность вынуждает глаз переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения и, соответственно, к снижению производительности труда.

Производственное освещение должно обеспечить отсутствие в поле зрения работающего резких теней. Наличие резких теней искажает размеры и формы объектов различения и тем самым повышает утомляемость, снижает производительность труда. Особенно вредны движущиеся тени, которые могут привести к травмам. Тени необходимо смягчать, применяя, например, светильники со светорассеивающими молочными стеклами. При естественном освещении для этой цели используются солнцезащитные устройства (жалюзи, козырьки и т. д.).

Для улучшения видимости объектов в поле зрения работающего должна отсутствовать прямая и отраженная блескость. *Блескоопь* — это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность) и тем самым ухудшающая видимость объектов. Блескость ограничивают уменьшением яркости источника света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников, правильным направлением светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности.

При организации производственного освещения следует выбирать спектральный состав светового потока. Это требование особенно существенно для обеспечения правильной цветопередачи, а в отдельных случаях — для усиления цветовых контрастов. Оптимальный спектральный состав обеспечивается естественным освещением.

Осветительные установки должны быть удобны и просты в эксплуатации, долговечны, отвечать требованиям эстетики, электробезопасности, а также не должны становиться причиной взрыва или возникновения пожара.

10.5.4. Нормирование производственного освещения

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характер зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения (например, при работе с приборами — толщиной линии градуировки шкалы, при чертежных работах — толщиной самой тонкой линии). В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности). Принято отдельно нормировать искусственное освещение в зависимости от источников применяемого света и системы освещения. Например, нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп из-за их большей светоотдачи при прочих равных условиях выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном освещении доля общего освещения должна составлять не менее 10% от нормируемой освещенности (не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания).

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель освещенности не должен превышать 20-80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10-20% в зависимости от характера выполняемой работы.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в зависимости от времени суток, года, метеорологических условий. Поэтому в качестве критерия оценки естественного освещения принята относительная величина — коэффициент естественной освещенности КЕО, не зависящий от перечисленных параметров. КЕО — это отношение освещенности в данной точке внутри помещения $E_{вн}$ к измеренному в то же время значению наружной

горизонтальной освещенности E_H создаваемой светом полностью свободного от облаков небосвода, выраженное в процентах, то есть $KEO = 100E_{BH}/E_H$.

Совмещенное освещение допускается для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I и II разрядов; для производственных помещений, строящихся в северной климатической зоне страны; для помещений, в которых по условиям технологии требуется поддерживать стабильными параметры воздушной среды. При этом общее искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами, а нормы освещенности повышаются на одну ступень.

10.5.5. Источники света и осветительные приборы

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы — газоразрядные лампы и лампы накаливания. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явления люминесценции, которое невидимое ультрафиолетовое излучение преобразует в видимый свет.

Благодаря удобству в эксплуатации, простоте в изготовлении, отсутствию дополнительных пусковых устройств, надежности работы при колебаниях напряжения и т. д. лампы накаливания находят широкое применение в промышленности. Наряду с отмеченными преимуществами лампы накаливания имеют и недостатки: у них низкая световая отдача, сравнительно малый срок службы (до 2,5 тыс. ч) в спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличает их спектральный состав от солнечного света.

В последние годы все большее распространение получают галогеновые лампы — лампы накаливания с йодным циклом. Наличие в их колбе паров йода позволяет повысить температуру накала нити, то есть световую отдачу лампы (до 40 лм/Вт).

Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накаливания, соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити и увеличивая срок службы лампы до 3 тыс. ч. Спектр излучения галогеновой лампы более близок к естественному, чем спектр лампы накаливания.

Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является большая световая отдача 40-110 лм/Вт. Они имеют значительно больший срок службы — у некоторых типов ламп он достигает 8-12 тыс. ч. Газоразрядные лампы могут иметь световой поток любого желаемого спектра. Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока. К недостаткам следует отнести также длительный период разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, облегчающих зажигание ламп.

При выборе источников света для производственных помещений необходимо руководствоваться общими рекомендациями: отдавать предпочтение газоразрядным лампам как энергетически более экономичным и обладающим большим сроком службы; для уменьшения первоначальных затрат на осветительные установки и расходов на их эксплуатацию необходимо по возможности использовать лампы наименьшей мощности, но без ухудшения качества освещения.

10.6. Производственный травматизм

Обеспечить *абсолютную безопасность* труда *невозможно*. Следовательно, всегда сохраняется некоторая вероятность проявления остаточного риска и развития нежелательных событий, которые могут нанести ущерб здоровью и жизни людей.

К нежелательным событиям относят аварии, взрывы, землетрясения, катастрофы, наводнения, несчастные случаи, пожары и другие происшествия, которые оказывают неблагоприятное воздействие на людей, а также наносят материальный ущерб. Эти события называют *экстремальными* или *материальными*. Среди *экстремальных событий* (ЭС) выделяют *чрезвычайные ситуации*, которые отличаются тяжелыми и масштабными последствиями. Характерной особенностью ЭС и ЧС является внезапность (быстрота) их возникновения. Чтобы уменьшить отрицательные последствия от ЭС и ЧС, необходима определенная предварительная подготовка сил и средств и регламентированные действия в условиях ЭС и ЧС.

Среди множества экстремальных событий наибольшее социально-экономическое значение имеют несчастные случаи на производстве, которые сопровождаются травмами различной тяжести, инвалидными и смертельными (летальными) исходами. В последние годы на предприятиях России в результате несчастных случаев ежегодно погибает от 5 до 6 тыс. человек, что существенно превышает потери людей в вооруженных конфликтах.

Согласно ССБТ (Система стандартов безопасности труда), несчастный случай на производстве определяется как воздействие на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работ. При этом результатом воздействия может быть травма или другое внезапное ухудшение здоровья. Иными словами, несчастный случай не всегда сопровождается травмой. Однако понятия «производственный травматизм» и «несчастные случаи» часто используются как синонимы.

10.6.1. Расследование и учет несчастных случаев на производстве

Расследование несчастных случаев на производстве производится в соответствии с официальным положением. Несмотря на то что эти положения часто меняются, основные требования и принципы расследования остаются неизменными.

Принципы и требования расследования несчастных случаев на производстве:

1. Принцип обязательности расследования и учета несчастных случаев на производстве независимо от организационно-правовой формы предприятия и организации.
2. Принципы временной, территориальной, производственной, правовой связи несчастного случая с деятельностью предприятия и организации.
3. Комиссионный порядок расследования несчастных случаев.
4. Участие пострадавшего в расследовании происшедшего с ним несчастного случая.
5. Регламентированный порядок действий и информирования о несчастных случаях.
6. Регламентированные сроки расследования несчастных случаев.
7. Классификация травм по тяжести согласно схеме Министерства здравоохранения РФ (легкие, тяжелые, смертельные).
8. Классификация несчастных случаев по числу одновременно пострадавших.
9. Установление причин несчастных случаев.

10. Разработка мероприятий по устранению причин несчастного случая.
11. Составление формализованных документов по результатам расследования несчастного случая.
12. Хранение и адресность документации по несчастным случаям.
13. Учет несчастных случаев и статистическая отчетность о производственном травматизме.
14. Информация о последствиях несчастных случаев и мероприятиях, выполненных в целях их предупреждения.

10.6.2. Причины несчастных случаев

Каждый несчастный случай является результатом взаимодействия нескольких причин. В этом заключается *принцип многопричинности* несчастных случаев который имеет принципиальное значение для расследования.

Всю совокупность причин, которые приводят к несчастным случаям, можно условно разделить на несколько групп: *организационные, технические, личностные* и др. В каждом несчастном случае могут быть причины, относящиеся к указанным группам. Выявление истинных причин несчастных случаев — необходимое условие повышения безопасности труда и снижения производственного травматизма.

10.6.3. Изучение причин несчастных случаев (травматизма)

Несчастный случай — сложное явление. Выяснение подлинных его причин необходимо для профилактики таких случаев в дальнейшем. Существует несколько методов изучения несчастных случаев, например статистический, топографический, монографический, экономический и др. *Статистический метод* заключается в группировке несчастных случаев по различным признакам, определении показателей и установлении зависимостей. *Топографический метод* состоит в нанесении на план территории мест, где проходили несчастные случаи в течение нескольких лет. Монографическое исследование заключается в длительном изучении отдельных несчастных случаев. Экономический способ состоит в оценке и анализе материальных последствий травматизма.

10.6.4. Страхование от несчастных случаев

В целях обеспечения социальной защиты работающих и экономической заинтересованности субъектов страхования в снижении профессионального риска, возмещении вреда и профилактики травматизма 24 июля 1998 г. принят федеральный закон № 125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Согласно этому закону, субъектами страхования являются: застрахованный (физическое лицо), страхователь (юридическое лицо), страховщик (Фонд социального страхования РФ). Закон устанавливает, что пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве должно выплачиваться в размере 100% от заработка застрахованного. В случае утраты профессиональной трудоспособности или смерти в соответствии со степенью утраты трудоспособности установлены единовременные страховые выплаты, исходя из 60 МРОТ.

Ежемесячные выплаты устанавливаются как доля среднего месячного заработка застрахованного и отчисления в соответствии со степенью утраты профессиональной трудоспособности. Если установлена вина пострадавшего, то размер ежемесячных страховых выплат может быть уменьшен, но не более чем на 25%. Эта норма не распространяется на смертельные случаи.

Страховые тарифы ежегодно устанавливаются законом РФ в зависимости от класса профессионального риска.

Страховой взнос уплачивается страхователем исходя из страхового тарифа с учетом скидки или надбавки (до $\pm 40\%$), устанавливаемых страховщиком в зависимости от уровня безопасности на предприятии по отношению к отраслевому уровню.

Средства на осуществление обязательного социального страхования формируются за счет:

1. обязательных страховых взносов страхователей;
2. взыскиваемых штрафов и пени;
3. капитализированных платежей (в случае ликвидации страхователей);
4. иных поступлений.

10.6.5 Нормативно-правовые акты, регламентирующие вопросы, связанные с несчастными случаями

Правовые вопросы расследования, учета, профилактики травматизма, страхования, возмещения вреда регламентируются следующими основными документами:

1. Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации».
2. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
3. «Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве». Утверждено постановлением Правительства РФ от 11 марта 1999 г. № 279.
4. «Сведения о травматизме на производстве, профессиональных заболеваниях и материальных затратах, связанных с ними». Форма № 7 — травматизм. Годовая. Утверждена постановлением Госкомстата РФ от 18 июня 1999 г. № 42.
5. ССБТ. ГОСТ 12.0.002-74. Термины и определения.

10.6.6. Профилактика несчастных случаев

Предупреждение или профилактика травматизма и несчастных случаев осуществляется с помощью различных методов и средств, которые были рассмотрены ранее. Изучение обстоятельств несчастных случаев и выявление их причин также дает много информации для разработки мероприятий, исключающих повторение экстремальных событий.

С точки зрения профилактики идеальным следует считать анализ всех случаев травматизма, независимо от тяжести травм и продолжительности нетрудоспособности пострадавшего. Поэтому нужно изучать все травмы — от незначительных до смертельных. Даже мелкие травмы (их еще называют микротравмами) являются своего рода индикаторами опасностей. Регистрируя,

анализируя и учитывая микротравмы, можно выявить опасности и принять защитные меры. В то же время известно, что чем меньше (легче) травмы, тем больше их количество. Значит, изучение микротравм является очень важным средством профилактики несчастных случаев.

Конкретные мероприятия по профилактике травматизма, основанные на результатах анализа, зависят от конкретных условий трудовой деятельности.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает шум на состояние здоровья человека?
2. Что такое вибрация? Какие виды вибрации вы знаете?
3. Какие изменения в организме человека вызывают различные виды вибрационной патологии?
4. В каких формах осуществляется обеспечение по страхованию в результате несчастного случая?
5. Какие виды производственного освещения вы знаете?
6. Какие источники искусственного света применяются в производственных помещениях. Дайте их характеристику.
7. Какие методические подходы к определению риска вы можете назвать?
8. Какие основные светотехнические характеристики вы можете назвать?
9. Какими документами определяются требования к нормированию производственного освещения? Назовите эти требования.
10. Какой федеральный закон определяет порядок возмещения вреда, полученного в процессе трудовой деятельности?
11. Назовите гигиенические требования к нормированию параметров микроклимата производственных помещений.
12. Назовите основные требования к производственному освещению.
13. Перечислите основные виды искусственного освещения. Для чего предназначено каждый из них?
14. Перечислите физические параметры воздуха.
15. Существует ли абсолютно безопасная деятельность?
16. Что означает термин «ионизация»? Какие виды ионизации вы знаете?