

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, Т. В. Севастюк

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по аграрно-техническим специальностям*

Минск
БГАТУ
2016

УДК 614.876(07)
ББК 68.987
М65

Рецензенты:

кафедра «Безопасность жизнедеятельности» Учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент *В. Е. Кругленья*); заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Босак*

Мисун, Л. В.

М65

Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебное пособие / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, Т. В. Севастюк. – Минск : БГАТУ, 2016. – 224 с.
ISBN 978-985-519-809-4.

Рассмотрены вопросы защиты населения и территорий Республики Беларусь от чрезвычайных ситуаций, основы радиационной безопасности человека, особенности ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами почвах.

Рекомендуется студентам учреждений высшего образования по аграрно-техническим специальностям, работникам агропромышленного комплекса, преподавателям.

УДК 614.876(07)
ББК 68.987

ISBN 978-985-519-809-4

© БГАТУ, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций является составной частью национальной безопасности, непосредственно влияющей на устойчивое развитие и международный престиж страны.

Приемлемый уровень безопасности и качества жизни населения базируется на основополагающих ценностях: признании на всех уровнях власти и управления абсолютного приоритета человеческой жизни, закреплении прав гражданина в области обеспечения безопасности и формирования правовых механизмов регулирования взаимоотношений между личностью, властью и обществом. Кроме того, предполагается полная осведомленность населения о потенциальных опасностях и систематическая подготовка его к действиям в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного, экологического и биолого-социального характера.

Принципы достаточной безопасности и приемлемого риска, дополненные социально-экономическими факторами, должны являться основой программ в области безопасности жизнедеятельности. Их реализация на современном этапе требует применения адекватных подходов, отражающих сущность социально-экономических, производственно-хозяйственных, гуманистических явлений, объединенных в единый класс систем защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, экологического и биолого-социального характера.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

1.1. Правовые, нормативно-технические и организационные основы защиты населения от чрезвычайных ситуаций

Безопасность – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Безопасность относится, прежде всего, к человеку.

Безопасность человека – такое состояние человека, когда действие внешних и внутренних факторов не приводит к смерти, ухудшению функционирования и развития организма, сознания, психики и человека в целом, и не препятствуют достижению определенных желательных для человека целей. Понятие «безопасность человека» подтверждает право человека на жизнь в условиях свободы и равенства, защиту от нищеты, «национальную ответственность» государств за соблюдение гражданских, политических, экономических, социальных и культурных прав человека.

Основными понятиями теории безопасности являются: «опасность», «угроза», «источники опасности», «объект опасности», «деструктивная сила» (или «фактор опасности»), «уровень (степень) опасности», «безопасность», «защищенность», «субъекты и объекты безопасности», «система безопасности», «факторы (силы, средства) безопасности», «уровень (степень) безопасности», «методы обеспечения безопасности» и др.

Безопасность обеспечивается стабильностью, устойчивостью, живучестью жертвы и использованием ею методов уклонения, защиты либо уничтожения источников опасности, угроз и вызовов. Под *устойчивостью* подразумевается способность нормально функционировать при возмущениях; под *стабильностью* – совокупность устойчивостей к длительно действующим возмущающим факторам, а под живучестью – способность систем сохранять функционирование в условиях целенаправленного противодействия.

Опасности – это явления, происшествия или процессы, вызывающие нежелательные последствия (пожары, аварии и т.п.) и оказывающие отрицательное воздействие на жизнедеятельность людей и функционирование экономики. Опасность является источником потенциального ущерба, либо вреда или ситуации с возможностью нанесения ущерба. *Опасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)* – состояние, при котором создалась или вероятно угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника ЧС на население, объекты экономики и окружающую природную среду в ее зоне. Опасности постоянны. Любая деятельность человека потенциально опасна.

По *характеру воздействия на человека* опасности делят на пять групп: механические, физические, химические, биологические, психофизиологические. В соответствии с *происхождением* различают шесть групп опасностей: природные, техногенные, антропогенные, экологические, социальные, биологические. По *времени* проявления негативных последствий опасности делят на импульсивные (проявляются мгновенно, например, опасность поражения электрическим током) и кумулятивные, накапливающиеся, например, при проживании в местности повышенного радиоактивного воздействия. По *локализации* опасности бывают связанными с литосферой (землетрясения, извержения вулканов), гидросферой, атмосферой (озоновые дыры) и космосом (солнечные циклы). Опасности различают также по вызываемым ими *последствиям*: утомление, заболевание, травмы, аварии, пожары, летальные исходы и т.д. По *приносимому ущербу*: социальные, технические, экологические и экономические. *Сферами проявления* опасностей могут быть: бытовая обстановка, спортивная, дорожно-транспортная, производственная, военная обстановки и др. По *структуре* опасности делятся на простые и производные (порождаемые взаимодействием простых опасностей). По *реализуемой энергии* опасности подразделяют на активные и пассивные.

Ранжируя по укрупненным позициям, опасности можно разместить в следующий ряд:

- радиационная опасность, в том числе радоновая;
- химическая опасность, в том числе ртутная;

- биологическая опасность (инфекционные заболевания, эпидемии и т.д.);
- криминальная опасность.

Борясь с опасностями, важно решить три взаимосвязанные задачи: идентифицировать опасности, т.е. распознать их вид, количественные их характеристики и координаты; организовать защиту от опасностей на основе сопоставления затрат и выгод; произвести ликвидацию возможных опасностей (исходя из концепции остаточного риска).

К опасным и вредным факторам для человека, экономики и природной среды в Республике Беларусь относятся химически опасные и взрывопожароопасные предприятия, находящиеся на ее территории, которых насчитывается более 900. В составе аварийно-химических опасных веществ (АХОВ), используемых на предприятиях, наибольший удельный вес занимают: аммиак – 50,7 %, метанол – 25,7 % и нитрил акриловой кислоты – 10 %. В Республике Беларусь имеются базы и склады взрывчатых и пожароопасных веществ Министерства обороны, проходят почти 7 тыс. км магистральных газопроводов, нефте- и продуктопроводов. Протяженность железнодорожных магистралей составляет более 5,5 тыс. км, автомагистралей – свыше 40 тыс. км. Около 40 экологически опасных предприятий сосредоточено в городе Минске.

Опасность оценивают степенью риска (R), характеризующего частоту реализации опасностей, то есть отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий (N) к их возможному числу (Q) за определенный период (t):

$$R = \frac{N(t)}{Q(t)}. \quad (1.1)$$

Рассматривают следующие количественные показатели риска: *индивидуальный риск* – частота поражения отдельного индивидуума; *коллективный риск* – ожидаемое количество смертельно травмированных в результате возможных аварий за определенный период времени; *социальный риск* – зависимость частоты событий, в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного от этого числа людей; *потенциальный терри-*

территориальный риск – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня риска. Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой происходит опасное событие, и последствия опасного события.

Средний индивидуальный риск (R_{ind}) находят из соотношения:

$$R_{ind} = \frac{F}{N_R}, \quad (1.2)$$

где F – коллективный риск.

$$F = \int_S N_{(x,y)} \cdot R_{(x,y)} ds, \quad (1.3)$$

где $N_{(x,y)}$ – количество персонала или населения на рассматриваемой территории;

$R_{(x,y)}$ – потенциальный территориальный риск;

N_R – часть лиц, подвергающаяся риску.

Показатели социального риска определяются исходя из частоты их реализации (λ , 1/год) и вероятностной зоны поражения ($P_{(x,y)}$) для каждого сценария аварии с учетом распределения субъектов $N_{(x,y)}$ на рассматриваемой территории. Количество пострадавших ($N_{п}$) при конкретном сценарии аварии рассчитывается по формуле

$$N_{п} = \int_S N_{(x,y)} \cdot P_{(x,y)} ds. \quad (1.4)$$

Рассчитав количество пострадавших для всего спектра сценариев (J), можно построить F - N -диаграмму, просуммировав все частоты сценариев аварий, для которых количество пострадавших больше наперед заданной величины.

Для определения потенциального территориального риска $R_{(x,y)}$ суммируют все вероятностные зоны поражения с учетом частоты их реализации на рассматриваемой территории в предположении бесконечно малой величины произведения $\lambda_j R_{(x,y)}$:

$$R_{(x,y)} = \sum_1^J \lambda_j \cdot P_{(x,y)} \cdot \quad (1.5)$$

Уровнем опасности (риском) можно управлять. При этом учитывают уровень «приемлемого риска». В основе его лежит осознание недостижимости абсолютной безопасности.

Управление риском включает в себя мониторинг, оценку и действия, направленные на обеспечение соответствия принятым решениям. При достаточных ресурсах нужно снижать все риски до приемлемого уровня. Опасность ограничивается состоянием, когда проявление опасности, т.е. ее реализация исключена с определенной (допустимой) вероятностью.

Для изучения проблем безопасности используют системный подход – оценку процессов, протекающих в системах, состоящих из отдельных компонентов. Системы для исследования проблем безопасности характеризуются следующими общими особенностями: множественностью компонентов, изменяющихся в исследуемом процессе и влияющих на него; объектами и субъектами безопасности (личностями и сообществами различных уровней); постоянством угроз в окружающей среде и неизменяемостью в исследуемом процессе природных, техногенных и социальных составляющих; действиями субъектов в сложившихся опасных ситуациях и ЧС (защита, меры безопасности); принципами и характером повседневной жизнедеятельности субъектов (предотвращение).

Уровень безопасности населения зависит от конкретных условий и обстоятельств, в которых протекает жизнь и деятельность человека, а также от его психофизиологических показателей, определяющих его поведение при нахождении в опасной зоне. В производственной среде надежность техники и технологии, безопасность рассматриваются как неотъемная часть государственного строительства и важнейшая функция органов исполнительной власти. Уровень национальной безопасности считается достаточным, если в общегосударственном масштабе решены задачи защиты населения, объектов экономики и национального богатства от ЧС техногенного, природ-

ного и другого характера. Например, уровни радиационной безопасности должны: обеспечивать предотвращение ранних и ограничение поздних медицинских последствий облучения; принести больше пользы, чем вреда; реализовываться таким образом, чтобы польза от снижения дозы облучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной.

Основными принципами защиты населения и объектов от ЧС являются: заблаговременность проведения мероприятий, направленных на предупреждение ЧС и максимально возможное снижение размеров материального ущерба Республики Беларусь и вреда, причиненного здоровью людей и окружающей среде в случае их возникновения; планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций; необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения и территорий от ЧС.

Обеспечение безопасности достигается тремя основными методами: первый – средствами дистанционного управления, автоматизации, роботизации, организации и др.; второй – совокупностью мероприятий, защищающих человека от шума, газа, пыли, опасности травмирования и т.п. средствами коллективной защиты; третий – приемами и средствами, направленными на адаптацию человека к соответствующей среде и повышение его защищенности (профотбор, обучение, психологическое воздействие, средства индивидуальной защиты). Защитные меры применяются для снижения риска до приемлемого уровня. После достижения приемлемого уровня риска реализация защитных мер не требуется.

Общими положениями, обеспечивающими безопасность населения и объектов от ЧС, являются: снижение вероятности возникновения и уменьшение масштабов источников ЧС; локализация, блокирование, подавление, сокращение времени существования, масштабов источников ЧС и ослабление их

действия; расселение людей, рациональное размещение потенциально опасных и жизненно важных объектов, коммуникаций и сооружений, рациональная планировка и застройка городов и других населенных пунктов, строительство устойчивых в ЧС зданий и сооружений; повышение устойчивости функционирования систем и объектов жизнеобеспечения, профилактика нарушений их работы; обучение населения правилам и приемам предупреждения и выживания в условиях ЧС; проведение защитных мероприятий в отношении населения и персонала аварийных и прочих объектов при возникновении, развитии и распространении поражающих факторов источников ЧС; осуществление аварийно-спасательных и др. неотложных работ по устранению непосредственной опасности для жизни и здоровья людей, восстановление жизнеобеспечения населения на территориях, подвергшихся воздействию ЧС; ликвидация последствий ЧС и реабилитация населения, территорий и окружающей среды после воздействия источников ЧС.

Средства обеспечения безопасности делятся на средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ). В свою очередь СКЗ и СИЗ делят на группы в зависимости от характера опасностей, конструктивного исполнения, области применения и т.д. В широком понимании *к средствам безопасности следует относить все то, что способствует защищенности человека от опасности*, а именно: воспитание, образование, укрепление здоровья, дисциплинированность, здравоохранение, государственные органы управления и т.п.

Комплексная безопасность (КБ) – это интеграция различных подсистем безопасности, позволяющая создавать единую систему управления, контроля и мониторинга опасностей. Она обеспечивается совокупностью организационных, правовых, программно-аппаратных, инженерно-технических и силовых мер, методов и средств, направленных на обеспечение безопасности предприятия. КБ включает в себя следующие составляющие безопасности: правовую, кадровую, экономическую, финансовую, информационную, инженерно-техническую, технологическую, экологическую, противопожарную, физическую и др. Системы КБ обладают минимальным количеством избыточных элементов

одинаковой функциональности и высоким уровнем синергетических эффектов.

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

ЧС классифицируют по четырем основным признакам: сфере возникновения (социальные, техногенные, биолого-социальные, природные и экологические); скорости распространения: внезапные (землетрясения, взрывы, транспортные аварии), быстро возникающие (выброс газа, пожары, гидродинамические аварии с образованием волн прорыва, аварии на железнодорожном транспорте с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ), умеренные (извержение вулканов, половодье, выброс радиоактивных веществ), медленно распространяющиеся (засухи, эпидемии, аварии на очистных сооружениях, экологические изменения); ведомственной принадлежности: в строительстве (промышленном, гражданском, транспортном), в промышленности (атомной, химической, пищевой, металлической, машиностроительной, горнодобывающей и т.д.), в коммунально-бытовой сфере (водопроводно-канализирующих системах, газовых, тепловых, электрических сетях, при эксплуатации зданий и сооружений), на транспорте (железнодорожном, автомобильном, трубопроводном, воздушном, водном), в сельском и лесном хозяйствах; масштабам последствий.

По масштабам последствий ЧС бывает: *локальной* – пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет свыше сорока, но не более одной тысячи базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения; *местной* – пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не

более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше одной тысячи, но не более пяти тысяч базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы населенного пункта, города, района; *региональной* – пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше пяти тысяч, но не более 0,5 миллиона базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой не выходит за пределы области; *республиканской (государственной)* – пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 миллиона базовых величин на день возникновения ЧС и зона которой выходит за пределы более чем двух областей; *трансграничной* – поражающие факторы ЧС выходят за пределы Республики Беларусь, либо ЧС произошла за рубежом и затронула территорию республики.

Эти классификации условны, так как одни ЧС порождают другие. На практике чаще всего возникают комбинированные ЧС, развивающиеся по катастрофическому сценарию.

Безопасность жизнедеятельности в ЧС требует определения опасностей и защиту от них. Она обеспечивается: заблаговременной подготовкой и осуществлением защитных мероприятий по всей территории республики (накоплением средств защиты человека от опасных и вредных факторов и поддержанием их в готовности для использования, подготовкой мероприятий по эвакуации населения из опасных зон (зон риска) и использованием защитных сооружений); дифференцированным подходом к определению характера, объема и сроков проведения этих мероприятий в зависимости от вида источников опасных и вредных факторов, характерных для данного региона, а также от местных условий; комплексностью проведения защитных мероприятий для создания безопасных условий во всех сферах деятельности человека в любых условиях – эффективном применении способов и средств защиты от последствий стихийных бедствий, производственных аварий, катастроф и современных

средств поражения, согласованном осуществлении их со всеми мероприятиями по обеспечению безопасности жизнедеятельности в современной техно-социальной среде.

Человек является эколого-биологической и энергетической системой, включающей системы покровных тканей (кожа, слизистая оболочка), иммунную систему обеспечения постоянства внутренней среды организма (гомеостаз), терморегуляции, регуляции частоты сердечных сокращений, кровяного давления. В случае нарушения гомеостаза происходит снижение работоспособности (тонуса, жизнедеятельности), развитие заболеваний, травматизм, смерть. Человек обладает информационно-управляющей системой для выживания в условиях неблагоприятной внешней среды и при нарушениях внутреннего функционирования. Обмен веществом и энергией человека с внешней средой подчиняется общей схеме переноса вещества и энергии.

Окружающая среда – среда обитания и деятельности человечества, весь окружающий человека мир, включая и природную, и антропогенную среды. В современную эпоху человеческая деятельность охватила практически всю географическую оболочку Земли. Ее масштабы сравнимы с действием глобальных природных процессов, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды.

Здоровье и благосостояние человека напрямую зависят от гармоничного взаимодействия основных функций экосистем, которые одновременно обеспечивают человека жизненно необходимыми ему ресурсами, поглощают загрязняющие вещества и самоочищаются. В случае нарушения этих процессов резко возрастает степень уязвимости человека в результате загрязнения водных, земельных ресурсов, атмосферного воздуха, утраты биоразнообразия и, как следствие, снижения качества и уменьшения количества продовольствия. Снижение степени уязвимости человека вследствие изменения состояния окружающей среды является одной из важнейших целей для устойчивого развития.

1.2. Философия и психология выживания человека в чрезвычайных ситуациях

Разнообразие возникающих у человека мыслей и эмоций способствует как его спасению, так и гибели. Страх, волнение, раздражение, разочарование, чувство вины, депрессия и одиночество – основные реакции на стрессовые факторы. Правильный их контроль может увеличить вероятность выживания. Поэтому необходимы тренировки, чтобы дать отпор страху и принять необходимые меры к обеспечению жизнедеятельности и безопасности. Если человек не может правильно контролировать свои эмоции, развивается бездействие. Вместо того, чтобы привести в действие свои внутренние ресурсы, человек начинает прислушиваться к своим страхам. Он потерпит психологическое поражение еще до того, как погибнет физически. В таких случаях необходимо подготовить себя к условиям выживания, то есть к активным, целесообразным действиям, направленным на сохранение жизни, здоровья и работоспособности в условиях автономного существования. *Главный постулат выживания – человек может и должен сохранить здоровье и жизнь в самых суровых условиях, если он сумеет использовать в своих интересах все, что дает окружающая среда.* Для этого необходимы определенные знания и опыт. Прежде всего, необходимо: преодолеть стрессовое состояние, вызванное аварийной ситуацией; оказать первую доврачебную помощь пострадавшим; защититься от неблагоприятного воздействия факторов окружающей природной среды; обеспечить себя водой и пищей; определить собственное местоположение; установить связь и подготовить средства сигнализации. Разрешение этих и ряда других задач зависит от изобретательности и находчивости человека, его умения эффективно использовать аварийное снаряжение, подручные средства и полученные знания.

На основе сложившихся психологических установок и чувства уверенности в своих силах (подкрепленного позитивным опытом саморегуляции) применяют саморегуляцию и самовнушение: самоприказы, самоубеждения «Я могу! Я добьюсь! Я выдержу! Я доведу дело до конца! Я преодолею состояние апатии,

напряженности, чрезмерного возбуждения!» и т.д. Реализуя опыт аутотренинга, проводимого с помощью психолога, врача, человек осуществляет мышечную релаксацию, внушает себе чувство спокойствия, укрепляет уверенность в успехе, преодолевает эмоциональную напряженность, стимулирует себя к успешному продолжению трудовой деятельности.

Эмоциональное напряжение может пойти на убыль, если внимание человека переключается от причины гнева, печали или радости на их внешние проявления – выражение лица, слезы или смех и т.д. Это говорит о том, что эмоциональное и физическое состояния человека взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга. Поэтому одинаково правомерны утверждения: «Мы смеемся, потому что нам весело» и «Нам весело, потому что мы смеемся».

Самый простой, но достаточно эффективный способ эмоциональной саморегуляции – *расслабление мимической мускулатуры*. Научившись расслаблять лицевые мышцы, а также произвольно и сознательно контролировать их состояние, можно научиться управлять и соответствующими эмоциями.

Важным резервом в стабилизации своего эмоционального состояния является *совершенствование дыхания*. Как ни странно, не все люди умеют правильно дышать. Неумение правильно дышать способствует быстрому утомлению.

Эффективной эмоциональной саморегуляции способствует также использование *приемов воображения или визуализации*. Визуализация – это создание внутренних образов в сознании человека, т.е. активизация воображения с помощью слуховых, зрительных, вкусовых, обонятельных, осязательных ощущений, а также их комбинаций. Визуализация помогает человеку активизировать его эмоциональную память, воссоздать те ощущения, которые он испытал когда-то. Воспроизведя в сознании образы внешнего мира, можно быстро отвлечься от напряженной ситуации, восстановить эмоциональное равновесие.

Первым шагом к успеху в любом начинании является *психологическая установка на успех, абсолютная уверенность в том, что цель будет достигнута*. Необходимо приучить себя к успеху, удаче, сделать ее само собой разумеющейся, привычной. «Хранить

в своей памяти негативные представления равнозначно медленному самоубийству», – отмечал Х. Линдеман, известный специалист по аутогенной тренировке. Упражнения «вдохновения» состоят в «репетировании» напряженной ситуации обязательно в условиях успеха, с использованием цветowych и пространственных представлений.

Обучение подрастающего поколения выживанию в ЧС проводят в семье, детских садах, школе, средних и высших учебных заведениях, по месту работы; *руководящего состава* – непосредственно на объектах, курсах Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС), учебно-методических сборах, курсах повышения квалификации; *работающего населения* – на объектах хозяйствования и социальной сферы, тренировках с имитацией ЧС; *неработающего населения* – по памяткам, на публичных лекциях, при помощи передач по радио и т.д.; *подразделений экстренного реагирования, личного состава формирований* гражданской обороны МЧС и *специальных формирований* министерств и ведомств (горноспасателей, водолазов, высотников и др.) – по специальным программам, во время учений и тренировок.

Особенности поведения и выживания в ЧС в условиях терроризма:

- не выражайте свое неудовольствие, воздержитесь от резких движений, крика и стонов;
- подчиняйтесь требованиям захватчиков без препирательств;
- прежде, чем что-то сделать (передвинуться, открыть портфель и т.п.), спрашивайте у террористов разрешения;
- сидите или лежите спокойно, не задавая вопросов, и не смотрите в глаза террористам;
- не впадайте в панику, оставайтесь всегда внимательным, готовым использовать малейшую возможность спастись;
- если Вы ранены, старайтесь не совершать лишних движений, примите удобное положение и сохраняйте спокойствие – любое движение усиливает потерю крови;
- совместно с другими заложниками участвуйте в наблюдении за действиями террористов;
- постарайтесь понять намерения террористов, рассматривая возможность личного сопротивления;

- при освобождении заложников группой захвата оставайтесь лежать на полу до окончания операции, подчиняйтесь приказам группы по борьбе с терроризмом;
- не покидайте помещения без приказа. При освобождении выходите как можно быстрее.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

2.1. Природные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации

В Республике Беларусь наиболее вероятными природными ЧС являются наводнения, ураганы, лесные и торфяные пожары, ливни, засухи, смерчи. Они наносят огромный материальный ущерб, вызывают различные заболевания, иногда с человеческими жертвами.

Природная ЧС – обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника природной ЧС, который может повлечь или повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью и (или) окружающей природной среде Республики Беларусь, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. *Опасные природные явления* – это *события* природного происхождения, или их *результаты*, по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности *оказывающие поражающее воздействие* на людей, объекты экономики и природную среду. Они оказывают физические, химические и биологические воздействия на окружающую среду. Эти действия наносят ущерб транспортным коммуникациям, промышленным и сельскохозяйственным предприятиям, населенным пунктам, природной среде, здоровью людей, приводя к их гибели.

Источником природных ЧС являются опасные природные явления или процессы, причиной возникновения которых могут быть: землетрясение, вулканическое извержение, оползень, обвал, сель, карст, просадка в лесных грунтах, эрозия, переработка берегов, цунами, лавина, наводнение, подтопление, затор, штормовой нагон воды, сильный ветер, смерч, пыльная буря, суховей, сильные осадки,

засуха, заморозки, туман, гроза, природный пожар.

Природные ЧС делят на опасные метеорологические процессы и явления (природный пожар, грозы, молнии, град, продолжительные дожди, ливни, засуху, гололед, туман и др.), опасные гидрологические явления и процессы (наводнения, половодья, паводки, заторы, зажоры, нагоны и др.), опасные геологические явления и процессы (землетрясения, вулканические извержения, обвалы, оползни и др.) и природные пожары (лесные, торфяные и полевые – горят созревшие хлеба).

Некоторые из них называют *стихийными бедствиями* (катастрофами). Это разрушительные природные процессы, вызывающие гибель людей в результате воздействия на них ядовитых раскаленных газов и лавы при извержениях вулканов, приливной волны при цунами и тайфунах, водно-грязевых потоков при селях и т.д., а также в результате травматизма при разрушении жилых и общественных зданий, производственных объектов и технических сооружений; уничтожение сельскохозяйственной продукции на полях и плантациях, в хранилищах и на складах; гибель сельскохозяйственных животных; разрушение коммунальной инфраструктуры, в том числе электросетей, систем связи, водопровода и канализации. Последнее обстоятельство часто приводит к массовым вспышкам инфекционных заболеваний после стихийных бедствий. 9/10 стихийных бедствий в мире относится к четырем типам: наводнения, тропические циклоны, землетрясения, засухи.

Материальный ущерб, наносимый мировой экономике стихийными бедствиями, составляет ежегодно около 30 млрд долларов США (табл. 2.1).

Биолого-социальные ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования сельскохозяйственных животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потерь сельскохозяйственных животных и растений. *Источниками их являются:* массовые инфекционные и другие заболевания людей и домашних животных; массовые поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями.

Основные виды стихийных бедствий в Республике Беларусь

Стихийное бедствие	Основной критерий	Поражающий фактор и последствия
Пожар	Температура	Тепловое воздействие, жертвы, материальный ущерб
Сильный ветер	Скорость ветра	Скоростной напор, человеческие жертвы, уничтожение
Обледенение, снегопад	Количество осадков	Уровень заноса, обрывы проводов, поражение людей, человеческие
Пыльная буря	Скорость ветра	Скоростной напор, уничтожение посевов, плодородных почв
Наводнение	Подъем уровня воды	Затопление суши, разрушения, человеческие жертвы

Вызываются биолого-социальные ЧС патогенными для человека, животных и растений возбудителями болезней, передаются от зараженного организма здоровому и принимают эпидемическое распространение. *Микроорганизмы, вызывающие заболевания, делят на:*

– патогенные бактерии – одноклеточные организмы, имеющие клеточную оболочку и не имеющие клеточного ядра. Вызывают такие заболевания, как сибирская язва, чума, холера, туберкулез, сап, туляремия и др.;

– вирусы – инфекционные агенты субмикроскопических размеров и являющиеся внутриклеточными паразитами клеток животных, растений и бактерий. Изучают их с помощью электронного микроскопа. Вызывают ветряную оспу, трахому, бешенство, краснуху, герпес, грипп, желтуху, полиомиелит, энцефалит и др.;

– риккетсии – похожие на бактерии микроорганизмы, паразитирующие у членистоногих. Являются внутриклеточными паразитами, т.к. размножаются в клеточной цитоплазме и в ядре. Заболевания, вызываемые риккетсиями: сыпной тиф, клещевая пятнистая лихорадка, лихорадка цуцугамуши, ку-лихорадка, везикулярный риккетсиоз, риккетсиозы животных, крысиный риккетсиоз и др.;

– простейшие мелкие микроскопические организмы, состоящие из одной клетки. Известно свыше 15 тыс. видов простейших. Они ведут паразитический образ жизни у многих животных и человека, вызывая различные заболевания. Вызываемые у человека заболевания: лейшманиоз, лямблиоз, трипаносомоз, трихомонадные заболевания, токсоплазмоз, кокцидоз, пневмоцистоз, саркоспоририоз, малярия и др.

Особо опасными инфекционными болезнями у человека являются:

– дизентерия – инфекционная болезнь, вызываемая микробами, сопровождающаяся патологическими изменениями в толстом кишечнике, повышением выделительной функции кишечника, интоксикацией;

– дифтерия – острое инфекционное заболевание, протекающее с интоксикацией, воспалительным процессом в зеве, глотке, гортани, трахее, носу и др. органах с образованием налетов, сливающихся с некротизированной тканью слизистых оболочек;

– сибирская язва – инфекционная болезнь человека, проявляющаяся в виде единичных, групповых заболеваний и вспышек, которая протекает в виде кожной, легочной, кишечной и септической форм;

– СПИД – синдром приобретенного иммунного дефицита, возникающий под влиянием вируса. Источник вируса – больной человек. Вирус передается через кровь или половым путем. Инкубационный период от нескольких месяцев до 5 лет. Смертность достигает 70 %.

У сельскохозяйственных и домашних животных: бешенство – острое вирусное заболевание животных, особенно собак, лисиц и др., характеризующееся поражением центральной нервной системы, очень опасно для человека. Заражение наступает при укусах и попадании слюны животного в организм других животных и человека. Бруцеллез – инфекционное заболевание домашних (собаки, кошки) и диких животных, опасен и для человека. Передача инфекции происходит при поедании мяса, молока от больных бруцеллезом коров, овец, свиней; инфекционный гепатит – вирусное заболевание собак и других плотоядных (песцов, лисиц, волков) с поражением печени; столбняк – раневая бактериальная

инфекция многих видов животных и человека. Проявляется спазматическим сокращением мускулатуры.

У сельскохозяйственных растений известны более 68000 *особо опасных болезней и вредителей*. Наиболее опасными из них являются: желтая ржавчина пшеницы – грибковое заболевание (поражает пшеницу, ячмень, рожь и др. злаки); колорадский жук – вредитель, размером 9–11 мм; самка откладывает яйца на нижнюю сторону картофельного листа; стеблевая ржавчина пшеницы и ржи (поражает в основном стебли и листовые влагалища злаков); фитофтороз картофеля (вызывает гибель пораженной ботвы в период образования клубней и массовое гниение их в земле).

Формы (пути) распространения инфекционных заболеваний следующие: *воздушно-капельная* (характерна для ветряной оспы, туберкулеза, коклюша, гриппа); *фекально-оральная*; *трансмиссивный путь* (связан с передачей возбудителя через укусы кровососущих насекомых); *контактно-бытовая*, включая ВИЧ-инфекцию; *искусственный* (артифициальный) путь распространения инфекционных заболеваний, связанный с врачебными манипуляциями.

Биологическое оружие является оружием массового поражения, которое может приводить к заражению и гибели не только людей. Оно также негативно влияет на животных и растения. Действие данного вида оружия основывается на использовании вредных, болезнетворных микроорганизмов, к числу которых относятся грибки, риккетсии, бактерии и даже некоторые токсины, которые вырабатываются бактериями. Главным составляющим любого биологического оружия являются болезнетворные микроорганизмы. Однако из одних только бактерий создать оружие не получится – нужны еще и средства доставки, в качестве которых могут использоваться авиационные контейнеры и бомбы, ракеты, артиллерийские снаряды, аэрозольные распылители и пр. Известны случаи, когда для заражения своего противника отступающие войска оставляют зараженные продукты питания, одежду и т.д. В таком случае заражение происходит после контакта с опасными предметами.

Очагом бактериологического поражения могут быть города, населенные пункты или объекты экономики, которые подверглись

заражению бактериальными средствами, вызвавшими распространение инфекционных заболеваний среди людей и животных. Для предотвращения инфекционных заболеваний среди населения в очаге поражения проводят: экстренную профилактику; observation и карантин; санитарную обработку людей и дезинфекцию зараженных объектов; дезинсекцию (для уничтожения насекомых) и дератизацию (для уничтожения клещей и грызунов); вакцинацию и экстренную профилактику антибиотиками, убивающими микробы, попавшие в организм.

В случае особо опасных заболеваний (оспы, чумы, холеры) вводят карантин – полную изоляцию населенных пунктов, запрещение въезда-выезда и свободного передвижения внутри зоны, прекращение работы торговых предприятий, учебных и культурно-просветительных заведений, максимальное разобщение работников по производственным подразделениям; бактериологическую разведку и обеззараживание территории; выявление заболевших, их изоляцию и лечение.

На территории, прилегающей к зоне карантина, устанавливают режим observation (менее строгий режим, чем карантинный) и проводят: усиление медицинского контроля, экстренную профилактику, прививки, лечение заболевших, дезинфекцию очагов заболеваний, санитарно-просветительную работу. В первую очередь необходимо защититься от попадания возбудителей инфекционных заболеваний в органы дыхания, пищеварения, на кожу и слизистые оболочки. Для этого используют убежища, противогазы, противопылевые тканевые или ватно-марлевые повязки и специальную одежду.

При обнаружении бактериологического заражения необходимо немедленно принять антибактериальное средство № 1 из аптечки АИ-2 и надеть противогаз. Самостоятельно выходить из очага бактериологического заражения и контактировать с окружающими лицами запрещается. Необходимо также строгое соблюдение правил личной гигиены.

К источникам неинфекционной эпидемии XXI века можно отнести такие *биологические неинфекционные поражения людей*, как заболевания сердечно-сосудистой и эндокринной систем, онкологические болезни, ожирение и др. Примерами таких заболеваний являются: диабет (нарушение обмена простых углеводов),

гипертония (повышение артериального давления), повышение содержания жирных кислот в крови (липидемия, холестеринемия – способствуют развитию атеросклероза), ревматизм (поражение соединительной ткани), аллергия, иммунодефициты (нарушения работы иммунной системы). Аллергены – это антигены, вызывающие у чувствительных к ним людей аллергические реакции. В зависимости от происхождения их можно разделить на несколько групп: пыльцевые (пыльца растений), бытовые (домашняя и бытовая пыль), лекарственные препараты, пищевые продукты растительного и животного происхождения, химические вещества и пр. Они могут попадать в организм из внешней среды с воздухом. Эти совсем неинфекционные заболевания приняли характер эпидемий, даже пандемий, и стали поражать людей в более молодом возрасте.

Некоторые токсины (яды) биологического происхождения вырабатываются в самом организме человека, но большая часть известных веществ вырабатывается морскими беспозвоночными и растениями.

Факторами риска развития многих неинфекционных заболеваний являются: курение, злоупотребление алкоголем, нерациональное питание (избыточно калорийное, биологически неполноценное (многих, необходимых организму веществ, в рационе недостает), несбалансированное), гиподинамию (низкая двигательная активность с низкими затратами энергии – гипокинезия и гиподинамия приводят к детренированности физиологических и биохимических систем, ответственных за энергообеспечение организма), психо-эмоциональный стресс.

2.2. Техногенные чрезвычайные ситуации

Техногенная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, экономике и окружающей природной среде. Техногенные ЧС подразделяются на аварии и катастрофы. Катастрофы – это крупные аварии, сопровождающиеся человеческими жертвами.

Их классифицируют по месту возникновения и по характеру

основных поражающих факторов источника ЧС. Техногенные ЧС по видам делят на: радиационные аварии, химические аварии, биологические аварии, гидродинамические аварии, транспортные аварии, аварии на магистральном трубопроводе, аварии на подземных сооружениях.

Транспортные аварии и происшествия составляют более 50 % аварий и катастроф в экономике. Любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека. В зависимости от вида транспортной аварии возможно получение множественных травм и ожогов, в том числе опасных для жизни человека. В Республике Беларусь ежегодно происходит от 7000 до 8000 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), при этом ежегодно погибают 1,5–2 тыс. человек, травмы и ранения получают несколько тысяч человек, многие становятся инвалидами.

Железнодорожная авария – авария на железной дороге, повлекшая за собой повреждение одной или нескольких единиц подвижного состава железных дорог до степени капитального ремонта и (или) гибель одного или нескольких человек, причинение пострадавшим телесных повреждений (сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы на подвижном составе, столкновение поездов между собой). *Железнодорожная катастрофа* – железнодорожная авария с человеческими жертвами.

Аварии и катастрофы на воздушном транспорте – опасное происшествие на воздушном судне, в полете или в процессе эвакуации, приведшее к гибели или пропаже без вести людей, причинению пострадавшим телесных повреждений, разрушению или повреждению судна и перевозимых на нем материальных ценностей (разгерметизация самолета, пожар в самолете, удар при падении или посадке самолета).

Аварии и катастрофы на нефте- и газопроводах – это аварии на трассе трубопроводов, связанные с выбросом или выливом под давлением опасных химических или пожаро-взрывоопасных веществ, приводящие к возникновению техногенных ЧС (выброс или вылив опасных химических или пожаро-взрывоопасных веществ).

Пожар сопровождается горением – химической реакцией окисления с выделением большого количества тепла и света.

Взрывы – это быстрые химические превращения с образованием сильно нагретых газов, которые из-за расширения и огромного давления способны произвести механическую работу.

Для горения и взрыва необходимы горючие вещества, окислители (кислород, хлор, фтор, окислы азота, бром) и источники возгорания (емкости с легковоспламеняющимися, горючими или ядовитыми веществами; склады взрывоопасных и сильно дымящих составов; взрывоопасные технологические установки, коммуникации, разрушение которых приводит к пожарам, взрывам и загазованности территории; железные дороги и др.). Пожары в крупных населенных пунктах могут быть: 1) отдельными – возникают в отдельном здании или сооружении; 2) массовыми – горит более 25 % зданий; 3) сплошными – пламенем охвачено до 90 % зданий.

По пожаро- и взрывоопасности объекты экономики (ОЭ) делят на категории: категория А (взрыво- и пожароопасные) – горючие газы, легко воспламеняющиеся горючие вещества (ЛВГЖ) с температурой вспышки ниже 28 °С в количестве, достаточном для образования газозвушной смеси (ГВС) и уровня взвешенных веществ (УВВ) с избыточным давлением более 5 кПа; категория Б (взрыво- и пожароопасные) – горючие пыли, волокна, ЛВГЖ с температурой вспышки выше 28 °С в количестве, достаточном для образования взрывоопасных ГВС и УВВ с избыточным давлением более 5 кПа; категории В1–В4 (пожароопасные) – горючие и трудногорючие материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или другими веществами только гореть; категория Г – негорючие материалы в горячем состоянии, при обработке которых выделяется световая энергия, искры или образуется пламя; категория Д – предприятия по холодной обработке и хранению металлов и других несгораемых материалов.

В результате аварии на химически опасном объекте (ХОО) возникает очаг химического поражения (ОчХП), характеризующийся длиной и шириной *зоны непосредственного загрязнения*. *Зона химического загрязнения* – территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены аварийно-химически опасные вещества (АХОВ) в концентрациях и количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени (рис. 2.1).

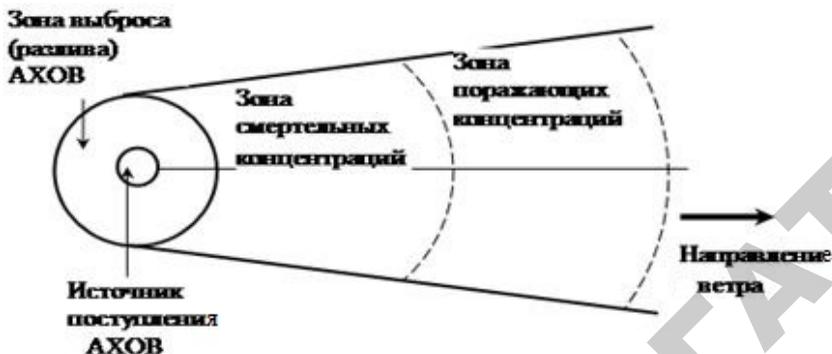


Рис. 2.1. Вид очага химического поражения при выбросе АХОВ

В свою очередь зону распространения АХОВ делят на зону смертельной концентрации и зону поражающей концентрации. ОчП – территория, в пределах которой в результате аварии на химически опасном объекте произошли массовые поражения людей, животных и растений. Ее размеры зависят от количества АХОВ в «выбросе», их типа, характера выброса, метеоусловий, рельефа местности, характера застройки, растительности и др.

ХОО имеют 4 степени опасности: 1-я степень – в зону загрязнения попадает более 75 тыс. человек, масштаб загрязнения – региональный, загрязнение воздуха сохраняется несколько суток, а загрязнение воды – от нескольких суток до нескольких месяцев; 2-я степень – в зону загрязнения попадают 40–75 тыс. человек, масштаб загрязнения – местный, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких часов до нескольких суток, а загрязнение воды – до нескольких суток; 3-я степень – в зону загрязнения попадает менее 40 тысяч человек, масштаб – объектовый, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких минут до нескольких часов, загрязнение воды – от нескольких часов до нескольких суток; 4-я степень – зона загрязнения не выходит за пределы санитарно-защитной зоны или за территорию объекта, масштаб – локальный, загрязнение воздуха сохраняется от нескольких минут до нескольких часов, загрязнение воды – от нескольких часов до нескольких суток.

Токсичность – это способность ОВ оказывать поражающее действие на живой организм. Определяется токсической дозой (токсодозой), соответствующей определенному эффекту поражения. По степени токсичности химические вещества делят на: *чрезвычайно токсичные* (смертельная концентрация менее 1 мг/л, токсодоза менее 1 мг/кг, т.е. вызывает смерть у 50 % пораженных); *высоко токсичные* (1–5 мг/л и 1–5 мг/кг, соответственно); *сильно токсичные* (смертельная концентрация 6–20 мг/л или 1–5 мг/кг соответственно); *умеренно токсичные* (21–80 мг/л и 501–5000 мг/кг, соответственно); *мало токсичные* (смертельная доза 81–160 мг/л и 5001–15000 мг/кг, соответственно); *практически нетоксичные* (смертельная доза свыше 160 мг/л и 15000 мг/кг соответственно).

По синдрому интоксикации АХОВ делят на семь групп: 1 – вещества с преимущественно удушающим действием (хлор, треххлористый фосфор, оксидхлорид фосфора, фосген, хлорпикриң, хлорид серы, гидразин и др.); 2 – вещества общеядовитого действия (оксид углерода, синильная кислота, водород мышьяковистый, динитрил-фенол, динитроортокрезол, этиленхлоргидрин, акролеин и др.); 3 – вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием (сернистый ангидрид, сероводород, оксиды азота, акрилонитрил); 4 – нейротропные яды, т.е. вещества, воздействующие на генерацию и передачу нервного импульса (ртуть, метилмеркаптан, оксид этилена, сероуглерод, фосфорорганические соединения и др.); 5 – вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием: аммиак, ацетонитрил, кислота бромисто-водородная, метил бромистый, метил хлористый и др.; 6 – метаболические яды: дихлорэтан, оксид этилена и др.; 7 – вещества, нарушающие обмен веществ в организме (диоксины, бензофураны, диметилсульфат, формальдегид и др.).

Класс опасности АХОВ устанавливают в зависимости от норм, указанных в таблице 2.2, по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Отравление людей АХОВ при авариях и катастрофах происходит при попадании их в организм через легкие, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

Характер и тяжесть поражений определяются следующими основными факторами: видом и характером токсического действия,

степенью токсичности, концентрацией химических веществ на пострадавшем объекте (территории) и сроками воздействия на человека. Признаки отравления: явления раздражения (кашель, першение и боль в горле, слезотечение и резь в глазах, боли в груди, головная боль) и их нарастание, развитие явлений со стороны центральной нервной системы (головная боль, головокружение, чувство опьянения и страха, тошнота, рвота, состояние эйфории, нарушение координации движений, сонливость, общая заторможенность, апатия и т.п.).

Таблица 2.2

Класс опасности АХОВ в воздухе рабочей зоны

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
ДКрз, мг/м ³	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	более 10,0
ЛД50ж при введении в желудок, мг/кг массы тела	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
ЛД50к при нанесении на кожу, мг/кг массы тела	менее 100	10–500	501–2500	более 2500
ЛД50, мг/м ³	менее 500	500–5000	5001–50000	более 50000
КВЮ	более 300	300–30	29–3	менее 3
Ззод	менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	более 54,0
Зхр	более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	менее 2,5

Радиационно-опасный объект (РОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества и при аварии на котором (или его разрушении) может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное заражение (загрязнение) людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов экономики, а также

окружающей природной среды. В период нормального функционирования РОО с целью профилактики и контроля выделяют две основные зоны безопасности. Первая – *санитарно-защитная зона* – территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превышать установленный предел дозы облучения для населения и где запрещается постоянное и временное проживание людей, вводится режим ограничения хозяйственной деятельности и проводится радиационный контроль. Вторая – *зона наблюдения*. Представляет собой территорию за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Радиационная авария – это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды. Они могут произойти на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения, на предприятиях ядерно-топливного цикла. Опасны также аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом радиоактивных веществ на борту, аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах, аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения или установки, утрата радиоактивных источников. Люди, проживающие в непосредственной близости от них, должны быть готовыми в любое время суток принять меры по защите себя и своих близких в случае возникновения опасности.

Аварии с выбросами биологических веществ могут произойти: на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях); на транспорте с выбросами (угрозой выброса) боевых отравляющих веществ (БОВ); обнаружение (утрата) БОВ.

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

Авариями на электроэнергетических системах являются аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей, аварии на электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий, выход из строя транспортных электроконтактных сетей.

Примерами *аварий на коммунальных системах жизнеобеспечения* являются аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на тепловых сетях (система горячего водоснабжения) в холодное время, аварии в системах снабжения населения питьевой водой, аварии на коммунальных газопроводах.

Аварии на промышленных очистных сооружениях – это аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ.

Гидродинамическими авариями являются прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений, прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием прорывного паводка, прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях.

2.3. Чрезвычайные ситуации и опасности, возникающие при угрозе, ведении военных действий или вследствие этих действий

Военная опасность – состояние межгосударственных и международных отношений, характеризующееся угрозой войны. Она является следствием политики государств, коалиций, социальных групп, стремящихся к достижению своих экономических, политических, национальных и других целей с помощью военной силы. Военная опасность может быть потенциальной и реальной. Потенциальная опасность возникает с приходом к власти политических группировок, делающих ставку на силовое решение существующих

внутренних и внешних проблем. Реальной опасностью становится, когда эти группировки начинают реализовывать свои устремления, осуществляя подготовку государства к войне. Во время войны могут использовать ядерное оружие.

Ядерное оружие является оружием массового поражения, так как наносит поражение огромному количеству живых организмов и вызывает разрушения на значительных территориях. Состоит из ядерных боеприпасов, средств доставки их к цели (носителей) и средств управления. К оружию относят боевые части ракет и торпед, ядерные бомбы, артиллерийские снаряды, мины и др. Действия ядерного оружия основаны на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления ядер изотопов урана и плутония или при термоядерных реакциях синтеза ядер изотопов водорода (дейтерия, трития). Критическая масса для урана составляет 24 кг, а для плутония – 8 кг. Минимальные размеры урановой бомбы – менее 50 кг. Размер плутониевой бомбы составляет примерно объем теннисного мяча. Критическая масса образуется после соединения изолированных частей изотопов обычным взрывным устройством.

В конце 80-х годов ядерные государства мира имели около 50000 ядерных боеприпасов общей мощностью 13000 Мт, из них стратегических ядерных боеголовок около 24000 общей мощностью 12000 Мт. В настоящее время их количество снижается.

Разновидностью ядерного оружия являются нейтронные боеприпасы с термоядерным зарядом малой мощности. Поражающее их действие определяется воздействием на человека потока быстрых нейтронов и γ -лучей. Применяется для поражения живой силы противника при максимальном сохранении материальных ценностей.

Поражающие факторы ядерного оружия: ударная волна – область резкого сжатия среды, которая в виде сферического слоя распространяется во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью (рис. 2.2).

Различают ударную волну в воздушной, водной среде и в грунте (сейсмозврывные волны). По степени воздействия на здания и сооружения различают полное, сильное, среднее и слабое разрушения.

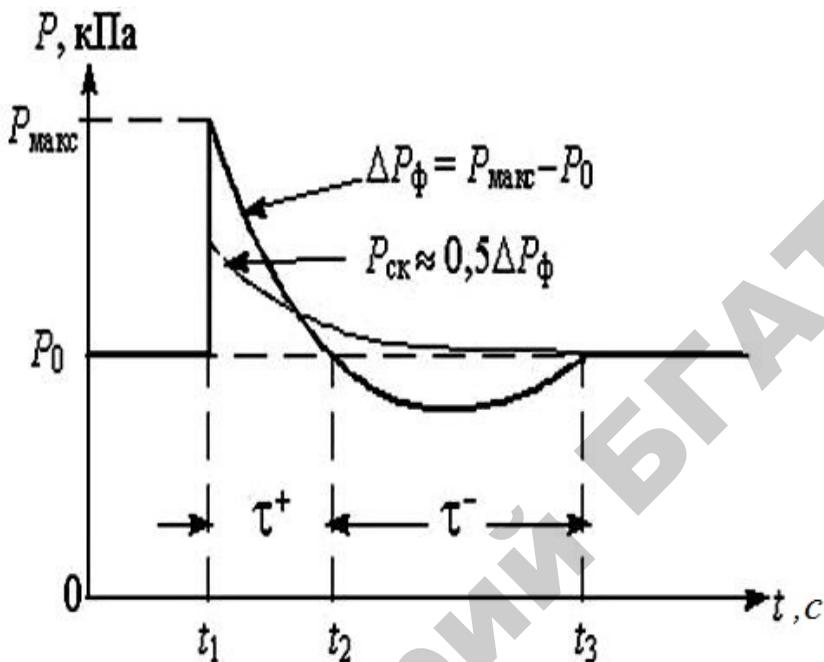


Рис. 2.2. Параметры ударной волны:
 P – давление воздуха; P_0 – нормальное атмосферное давление воздуха;
 T – текущее время; τ^+ – фаза сжатия; τ^- – фаза разрежения

По своей природе *световое излучение* ядерного взрыва – совокупность видимого света и близких к нему по спектру ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Длительность светового излучения (T) можно определить по формуле

$$T = 0,1q^{1/3}, \quad (2.1)$$

где T – время свечения в секундах;
 q – тротильный эквивалент в тоннах.

Проникающая радиация – один из поражающих факторов ядерного оружия. Она представляет собой γ -излучение и поток нейтронов, испускаемые в окружающую среду из зоны ядерного взрыва. Выделяемые α - и β -частицы, имеющие малую длину

свободного пробега, воздействие на людей и материалы не оказывают.

Электромагнитный импульс ядерного взрыва – кратковременные электрические и магнитные поля.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Радиоактивное загрязнение вызывают: продукты деления веществ, составляющих ядерный материал (более 200 радиоактивных изотопов 36-ти химических элементов); некоторые химические элементы, входящие в состав грунта (натрий, кремний и др.), ставшие радиоактивными под влиянием потока нейтронов ядерного взрыва; некоторая часть ядерных материалов и продукты взрыва, не участвующие в реакции деления и попадающие в окружающую среду в виде мельчайших частиц.

В результате ядерного взрыва образуется *очаг ядерного поражения* (ОчЯП) – территория, на которой возникают массовые разрушения, пожары, завалы, загрязнение местности и жертвы. Площадь его (рис. 2.3) с достаточной точностью определяется площадью круга с радиусом, равным зоне слабых разрушений, т.е. расстоянию, на котором наблюдается избыточное давление 10 кПа (0,1 кг/см²).

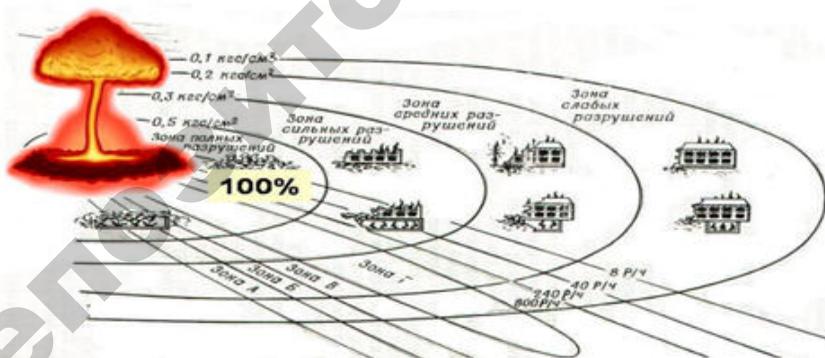


Рис. 2.3. Зоны очага ядерного поражения

Эта граница определяется мощностью, видом и высотой взрыва, характером застройки. Для приблизительного сравнения

радиусов зон ОчЯП при ядерных взрывах различной мощности можно использовать формулу

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}}, \quad (2.2)$$

где R_1 и R_2 – радиусы зон поражения, м;

q_1 и q_2 – мощности соответствующих ядерных боеприпасов, кг.

В ОчЯП различают следующие зоны:

– *зону полных разрушений* с избыточным давлением ударной волны 50 кПа и более. Площадь зоны составляет 10–12 % от общей площади очага поражения. Здания разрушаются полностью, пожаров нет (пламя сбито ударной волной);

– *зону сильных разрушений* с избыточным давлением 50–30 кПа. Площадь ее составляет 8–10 % от общей площади очага. Здания получают сильные разрушения и восстановлению не подлежат. Наблюдаются сплошные пожары;

– *зону средних разрушений* с избыточным давлением 30–20 кПа. Площадь зоны – 18–20 % от общей площади очага. Здания получают средние разрушения и подлежат капитальному ремонту. Сохраняются массовые пожары;

– *зону слабых разрушений* с избыточным давлением 20–10 кПа. Площадь зоны составляет 60–70 %. Здания получают слабые разрушения и подлежат текущему ремонту. Наблюдаются отдельные пожары.

Возможные последствия ядерной войны:

– прямые потери от поражающих факторов ядерных взрывов. В первые дни погибнет примерно 1 млрд 150 млн человек, столько же будет тяжело раненных, умрет не менее 70 %;

– наступит «ядерная ночь» за счет дыма и пыли, т.к. поступление солнечной энергии будет блокировано на 90 %. Ночь продлится в северном полушарии от 1,5 до 8 месяцев, в южном – 1–4 месяца. Фотосинтез в растениях прекратится, погибнут растения, затем животные, наступит голод для людей;

– наступит «ядерная зима»: температура понизится в северном

полушарии на 30–43 °С, в южном – на 15–20 °С длительностью в северном полушарии до года, в южном – до 10 месяцев. Погибнут все сельскохозяйственные культуры, земля промерзнет на глубину до 1 м, пресной воды не будет, наступит голод;

– возрастет количество стихийных бедствий (бурь, ураганов, засух, наводнений);

– возникнут пожары. Выгорят леса на площади не менее 1 млн км². Токсичные газы приведут к отравлениям всего живого. Изменится газовый состав атмосферы с непредсказуемыми последствиями для биологического мира;

– величина озонового слоя уменьшится на 17–70 %. Ультрафиолетовое излучение Солнца станет в 100 раз интенсивнее, чем в нормальных условиях. Оно подействует губительно на живое. Возникнут тяжелые генетические последствия, массовая гибель людей и животных от онкологических заболеваний, наступит вырождение человечества;

– из-за отсутствия топлива, питьевой воды, голода, развала медицинского обеспечения и т.д. возникнут пандемии с непредсказуемыми последствиями.

Действие *химического оружия* основано на токсических свойствах химических веществ. Главные компоненты химического оружия – БОВ или гербициды, средства их применения, включая носители, приборы и устройства управления, используемые для доставки химических боеприпасов к цели. Может быть использовано противником для поражения войск и населения, загрязнения местности (акватории), техники и материальных средств. Обладает большим диапазоном воздействия как по характеру и степени поражения, так и по длительности его действия.

Классификация отравляющих веществ (ОВ): нервно-паралитического действия (зарин, зоман, ν-газы, табун); кожно-нарывного действия (иприт); удушающего действия (фосген, дифосген); общеядовитого действия (синильная кислота, хлорциан); раздражающие ОВ (си-эс, си-ар, хлорпикрин, адамсит); психохимические ОВ (Би-зет, ЛСД).

ОВ предназначены для поражения людей, животных и загрязнения воздуха, продовольствия, корма, воды, местности и предметов, расположенных на ней. Характер и степень поражения людей

и животных зависят от видов ОВ и их токсической дозы.

Бактериологическое (биологическое) оружие основано на использовании болезнетворных свойств боевых бактериальных средств (БС). Высокая боевая эффективность этих средств обусловлена малой инфицирующей дозой, возможностью скрытного применения на больших территориях, трудностью индикации, избирательностью действия (только на человека или на определенный вид животных), сильным психологическим воздействием, большим объемом и сложностью работ по противобактериальной защите населения и ликвидации последствий их применения.

Для поражения людей и животных противник может использовать возбудителей чумы, натуральной оспы, холеры, сибирской язвы, а также туляремии, ботулизма и др.

Сельскохозяйственные растения могут поражаться возбудителями стеблевой ржавчины злаковых культур, фитофторозы картофеля и др.

К обычным средствам поражения относят осколочные, шариковые, фугасные, зажигательные боеприпасы, которые по своей мощности и поражающим факторам являются средствами массового поражения.

Зажигательное оружие – это оружие, поражающее действие которого на людей, технику и другие объекты основано на воздействии высоких температур. Зажигательные вещества подразделяют на три основные группы: составы на основе нефтепродуктов; металлизированные зажигательные смеси; термиты и термитные составы. Наиболее эффективной огневой смесью считается напалм.

Боеприпасы объемного взрыва. Они состоят из жидких или пастообразных рецептур углеводородных горючих веществ (пропандиен, пропан с добавкой бутана и др.), которые при распылении в воздушной среде в виде аэрозоля образуют взрывчатые топливно-воздушные смеси. Производят одновременный подрыв распыленного облака горючих смесей в нескольких точках. В результате взрыва в очаге поражения возникает избыточное давление до 3000 кПа, что вызывает полное уничтожение сооружений и живой силы противника на больших площадях.

Мощность взрыва объемного боеприпаса крупного калибра

сопоставима с мощностью взрыва тактического ядерного боеприпаса малой мощности.

Кассетные боеприпасы – это авиационные кассеты (управляемые и неуправляемые), установки кассетного типа с управляемыми ракетами, реактивными снарядами, снаряженными боевыми элементами (субснарядами), и др. Субснаряды выбрасываются вышибным зарядом над целью для ее поражения.

Фугасные боеприпасы предназначены для поражения ударной волной и осколками больших наземных объектов (промышленных, административных, железнодорожных узлов). Масса их составляет от 50 кг до 10 т. Они доставляются к цели самолетами-штурмовиками.

Наиболее часто при диверсиях, региональных конфликтах, террористических действиях применяют стрелковое оружие и взрывчатые вещества (рис. 2.4).

Возможные цели	Масштабы терроризма	Способы террористических актов
Сохранение тоталитарной власти	Преступление против личности	Применение огнестрельного оружия
Физическое устранение политических оппонентов	Групповые убийства	Организация взрывов и поджогов в городах
Устрашение гражданского населения	Массовая гибель граждан	Взятие заложников
"Акции возмездия"	Применение диверсий по всей территории страны	Применение ядерных зарядов и радиоактивных веществ
Дестабилизация деятельности государственной власти	Крупномасштабные акции против мирового сообщества	Применение химического или биологического оружия
Нанесение экономического ущерба		Организация промышленных аварий
Осложнение межнациональных и межконфессиональных отношений		Электромагнитное облучение
Изменение политического строя		Информационно-психологическое воздействие (клевета, ложь, угрозы)
Криминальные разборки		Фабрикация уголовных дел, принуждение к эмиграции, увольнение с работы и др.
Дискредитация политических противников		

Рис. 2.4. Последствия террористических актов

Информационная война – действия, предназначенные для достижения информационного превосходства, поддержки национальной военной стратегии, посредством воздействия на информацию и информационные системы противника при одновременном обеспечении безопасности и защиты собственной информации. Особенности: объектом воздействия являются все виды информации и информационных систем; информация может выступать и как оружие, и как объект защиты; территория и производство ведения войны осуществляется на неограниченном пространстве; информационная война ведется как при объявлении войны, так и просто в кризисных ситуациях; ведется как военными, так и гражданскими структурами.

Концепция информационной войны: силовой технический метод – подавление элементов инфраструктуры государственного управления; радиоэлектронная борьба – электромагнитное воздействие; хакерная война – разновидность боевых действий, в которых ключевым объектом воздействия является информация, хранящаяся или циркулирующая в управляющих, разведывательных, боевых и прочих системах противника.

Информационное оружие – средство уничтожения, искажения или хищения информационных массивов, добывание из них необходимой информации после преодоления систем защиты. Отличительные черты информационного оружия: скрытность; масштабность; универсальность. Виды: обычное; высокоинтеллектуальное (самонаводящееся); радиочастотное, маскирующие помехи; сильное излучение; воздействие систем связи на ЭВМ; средства генерации естественной речи конкретного человека. Важным свойством информационного оружия является его поражающее свойство. Это поражающее свойство информационного оружия направлено на человека. Особо опасным является воздействие на мозг человека. Оно вызывает трансформирование матрицы (памяти) – искусственную амнезию.

2.4. Экологические чрезвычайные ситуации

Экологическая ЧС – это обстановка, сложившаяся на данной территории или акватории в результате возникновения источника ЧС (рис. 2.5), который повлек или может повлечь за собой

разрушение отдельных экологических систем, ухудшение здоровья населения и сокращение продолжительности жизни.



Рис. 2.5. Источник ЧС

Классификация экологических ЧС. По происхождению их делят на вызванные: а) воздействием на человека естественных экологических факторов; б) антропогенными экологическими загрязнениями природной среды и потреблением ресурсов; в) некоторыми опасными природными, техногенными, биологическими и социальными событиями, процессами или явлениями.

Экологические ЧС по характеру загрязнений подразделяют на вызванные: физическими загрязнениями природной среды (механическим, тепловым, электромагнитным, шумовым, вибрациями, радиоактивным, световым и др.); химическим загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы аэрозольными, газообразными веществами, тяжелыми металлами, пестицидами, нефтепродуктами, канцерогенными веществами и др.; биологическим загрязнением природной среды (биотическим, микробиологическим, применением геной инженерии); информационным загрязнением природной среды; комбинированным загрязнением природной среды.

По масштабам ЧС экологического характера делятся на глобальные, региональные, локальные и точечные. По месту и среде возникновения ЧС экологического происхождения делят на вызванные загрязнением космоса, атмосферы (табл. 2.3), гидросферы, физической среды, литосферы.

Таблица 2.3

Классификация загрязнений атмосферы

Уровень загрязнения	Число загрязнений			
	2-3	4-9	10-20	Более 20
Допустимое загрязнение	2	3	4	5
Умеренное загрязнение	2,1-4	3,1-6	4,1-8	5,1-10
Слабое загрязнение	4,1-8	6,1-12	8,1-16	10,1-20
Сильное загрязнение	8,1-16	12,1-24	16,1-32	20,1-40
Очень сильное загрязнение	16	24	32	40

Классификация окружающей природной среды по степени экологического неблагополучия представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Классификация загрязнения вод

Класс загрязнения	Текстовое описание	Величина ИЗВ
1	Очень чистая	Менее 0,3
2	Чистая	0,3-1
3	Умеренно загрязненная	1-2,5
4	Загрязненная	2,5-4
5	Грязная	4-6
6	Очень грязная	6-10
7	Чрезвычайно грязная	Более 10

Зона чрезвычайной экологической ситуации – территория, в пределах которой в результате хозяйственной или иной деятельности, разрушительного действия стихийных сил природы, аварии происходят устойчивые отрицательные изменения окружающей среды, угрожающие здоровью людей, состоянию естественных экологических систем, природному генетическому фонду (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Последствия экологических ЧС

Зона экологического бедствия – территория, в пределах которой в результате хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения среды, ведущие к существенному ухудшению здоровья населения, нарушению природного равновесия, разрушению естественных экологических систем, деградации почв, флоры и фауны.

Зона экологической катастрофы – это территория, где происходит переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает ее непригодной для жизни человека.

Качество окружающей среды влияет на здоровье населения. По степени опасности для здоровья человека среди химических

загрязнителей первенство принадлежит тяжелым металлам, хлорированным углеводородам, пестицидам, нитратам, нитро-соединениям, асбесту.

Очень опасными для здоровья являются радионуклиды, токсины микроорганизмов, лекарственные средства (синтетические химические соединения, антибиотики и др.), а также загрязнители биологического происхождения (бактерии, вирусы, паразиты, простейшие, грибковые). Наиболее опасными и токсичными из тяжелых металлов являются свинец, ртуть, кадмий, никель, мышьяк и др. Установлена связь между количеством обнаруженных в воде и почве кадмия и уровнем появления злокачественных новообразований у населения экологически неблагоприятных районов. Развиваются значительные расстройства здоровья людей, особенно у таких малоустойчивых групп, как дети, беременные женщины, пожилые люди, больные хроническими заболеваниями.

К экологическим ЧС, вызванным *физическим загрязнением* природной среды, относят:

- *механическое загрязнение* – засорение окружающей среды агентами, оказывающими, главным образом, неблагоприятное механическое воздействие. Это, в основном, различные виды отходов;

- *тепловое загрязнение* связано с глобальным потеплением климата в связи с выбросами тепла работающими АЭС, ТЭС, промышленными предприятиями и системами коммунального хозяйства, «парниковым» эффектом, уменьшением толщины озонового слоя, снижением альбедо Земли в связи с оседанием сажи на снеговой покров и изменением структуры подстилающей поверхности; интенсивное глобальное истребление лесов – главных утилизаторов углекислого газа;

- *электромагнитное загрязнение*, созданное как естественными, так и искусственными источниками излучений. Источниками излучений являются передатчики радиовещательных и телевизионных станций, связные, радиолокационные станции, линии электропередач, электрические линии переменного тока, некоторые промышленные установки, медицинские и другие приборы с генераторами высоких и сверхвысоких частот и др. Вызывают у человека повышенную утомляемость, сонливость, бессонницу,

головокружение, рассеянность, головную боль, ухудшение памяти, повышенную чувствительность к яркому свету, периодическое потемнение в глазах, чувство страха, периодические боли в области сердца и желудка;

– *шумовое загрязнение*, вызванное звуками, не несущими полезной информации. Источниками их являются автотранспорт, трамваи, железнодорожный транспорт, предприятия, инженерная и военная техника, летящие самолеты, бытовая техника и т.д. Шумовое загрязнение свыше установленных норм может вызвать ухудшение состояния здоровья при периодических воздействиях шумов; сокращение срока жизни на 8–12 лет при постоянном воздействии шумов в течение нескольких лет; миграцию животных и отсутствие потомства; отрицательное воздействие на некоторые виды растений.

Комбинированное действие вредных факторов – это многофакторное воздействие, эффект которого более значительный, чем при изолированном действии того или иного фактора. Оно вызывает такие заболевания, как вегето-сосудистая дистония, астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы (воздействие неионизирующих излучений), вибрационная болезнь, кохлеарный неврит (систематическое воздействие производственного шума), электроофтальмия, катаракта глаз и др.

3. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РЕАГИРОВАНИЕ НА НИХ

3.1. Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Организация защиты населения и объектов от ЧС включает в себя прогнозирование, оценку и предупреждение ЧС; правила поведения и действия людей в ЧС; правовые и организационные вопросы защиты населения и объектов от ЧС.

Обеспечение жизнедеятельности населения требует создания комплекса мер и средств, в ряду которых особое место занимают

системы безопасности (защищенности от опасностей техногенного, природного, криминогенного и иного характера) людей, объектов производства, энергетики, транспорта, жилых, общественных и административных зданий, прочих сооружений и техники, природной среды.

Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь регламентируется соответствующими нормативными правовыми актами, основными из которых являются: Указ Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Беларусь» (в ред. от 30.12.2011 г.); Закон Республики Беларусь от 30 декабря 1997 г. № 114-3 «О массовых мероприятиях в Республике Беларусь» (в ред. от 12.12.2013 г.); постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2001 г. № 495 «О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (в ред. от 26.06.2013 г.); Закон Республики Беларусь от 27 ноября 2006 г. № 183-3 «О гражданской обороне» и др.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (№ 141-3 от 5 мая 1998 г., в ред. от 14.06.2005 г. № 23-3) функционирует Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ГСЧС), которая решает одну из основных проблем государства и общества – создание гарантий безопасного проживания и деятельности населения на всей территории страны как в мирное, так и в военное время.

ГСЧС – это система органов государственного управления, сил и средств, специально уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны (ГО) и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), включающая республиканские, территориальные, местные и объектовые органы повседневного управления по ЧС.

Основная цель ГСЧС – объединение усилий республиканских и местных органов исполнительной и распорядительной власти, а также организаций и учреждений для предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера, обеспечения промышленной, пожарной и радиационной безопасности.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций – это комплекс меро-

приятый, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска ЧС, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций – аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР), проводимые при возникновении ЧС и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон ЧС, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

ГСЧС базируется на нескольких постулатах:

- признании факта невозможности исключить риск возникновения ЧС;
- соблюдении принципа превентивной безопасности, предусматривающего снижение вероятности возникновения ЧС;
- приоритете профилактической работы;
- комплексном подходе при формировании системы, учете всех видов ЧС, всех стадий их развития и разнообразия последствий;
- построении системы на правовой основе с разграничением прав и обязанностей.

Главной задачей ГСЧС является обеспечение безопасного проживания населения, защита его от поражающих факторов ЧС. Предупреждение и ликвидация ЧС включают: разработку и реализацию правовых и экономических норм по обеспечению защиты населения и территорий от ЧС; осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение ЧС и повышение устойчивости функционирования организаций, а также объектов социального назначения в ЧС; обеспечение готовности к действиям органов управления по ЧС, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации ЧС; создание республиканского, отраслевых, территориальных, местных и объектовых резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС; сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от ЧС; подготовку населения к действиям в ЧС; прогнозирование и оценку социально-

экономических последствий ЧС; осуществление государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты населения и территорий от ЧС; ликвидацию ЧС; осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от ЧС, проведение гуманитарных акций; реализацию прав и обязанностей населения в области защиты от ЧС, а также лиц, непосредственно участвующих в их ликвидации; международное сотрудничество в области защиты населения и территорий от ЧС; планирование и осуществление комплекса мер по защите населения и территорий от ЧС; организацию и осуществление мер по подготовке к проведению мероприятий ГО; оперативное доведение до государственных органов и других организаций и населения сигналов оповещения и информации о возникающих ЧС, порядке и правилах поведения в сложившейся обстановке; мониторинг и прогнозирование ЧС.

ГСЧС построена по территориальному, отраслевому и производственному принципам. Ее образуют: правительственная комиссия по ЧС, МЧС, территориальные и отраслевые подсистемы. ГСЧС имеет четыре уровня: республиканский, территориальный, местный и объектовый. Каждый уровень ГСЧС имеет координирующие органы, постоянно действующие органы повседневного управления по ЧС, силы и средства, системы связи, оповещения, информационного обеспечения, резервы финансовых и материальных ресурсов (рис. 3.1).

Органы управления ГСЧС: на республиканском уровне – МЧС, отделы (секторы) по ЧС республиканских органов государственного управления, объединений (учреждений), подчиненных Правительству Республики Беларусь; на территориальном уровне – областные и Минское городское управления МЧС; на местном уровне – районные (городские) отделы по ЧС областных и Минского городского управления МЧС; на объектовом уровне – структурные подразделения организации (объекта) – отделы, секторы или отдельные работники, занимающиеся вопросами ГО и ЧС.

Структура ГСЧС: комиссии по ЧС (правительственные, областные, городские, районные, ведомственные, объектовые); Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС); силы и средства

наблюдения и контроля состояния природной среды и потенциально опасных объектов; силы и средства ликвидации ЧС различных министерств и ведомств (см. рис. 3.1).

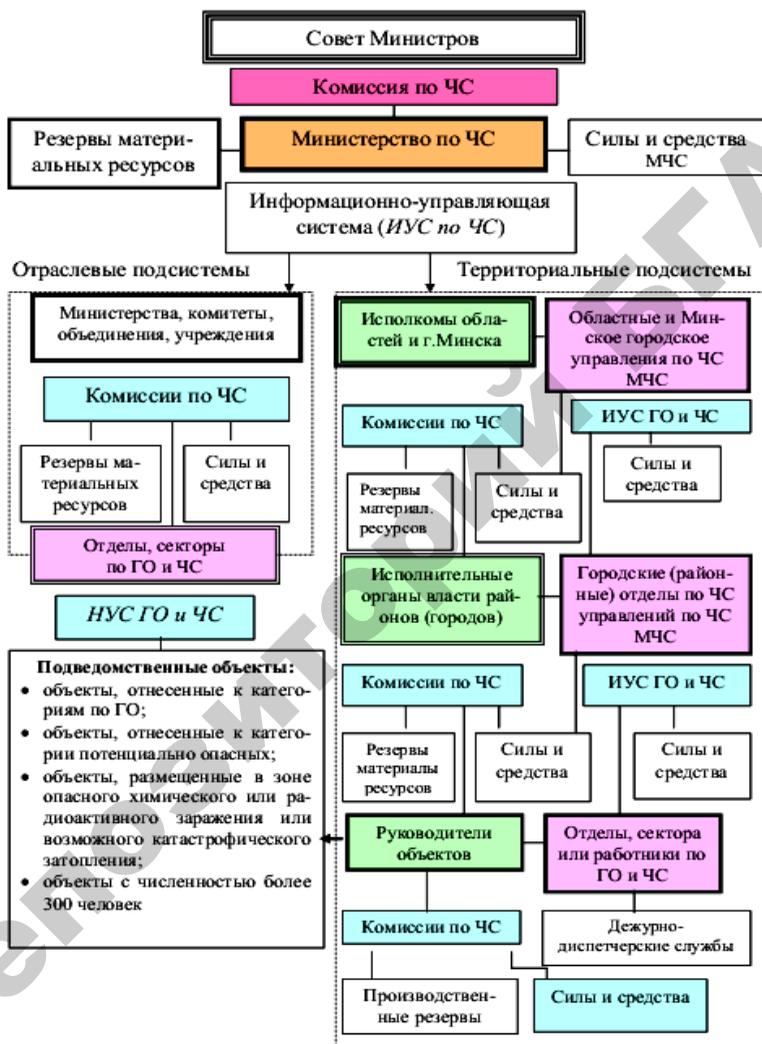


Рис. 3.1. Структура Государственной системы по предупреждению и ликвидации ЧС

Силы и средства ГСЧС состоят из: органов и подразделений МЧС; территориальных и объектовых невоенизированных формирований ГО; организаций и подразделений экстренной медицинской помощи Министерства здравоохранения; штатных аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных подразделений и формирований министерств, других республиканских органов государственного управления, объединений (учреждений), подчиненных Правительству Республики Беларусь; учреждений ветеринарной службы и станций защиты растений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; территориальных и объектовых аварийно-спасательных формирований; специализированных подразделений, создаваемых на базе объединений, организаций строительного комплекса.

Режимы функционирования ГСЧС: режим повседневной деятельности – при нормальной производственно-промышленной, радиационной, химической, биологической, сейсмической и гидрологической обстановке; режим повышенной готовности – при ухудшении этих составляющих или получении прогноза о возможной ЧС; режим ЧС – при возникновении и во время ликвидации ЧС. Основные мероприятия при введении режимов функционирования системы представлены в таблице 3.1.

Функционирование ГСЧС обеспечивает республиканский орган государственного управления по ЧС – Министерство по чрезвычайным ситуациям. Мероприятия по защите населения и территорий от ЧС, совершенствованию материально-технической базы государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС предусматриваются программами социально-экономического развития Республики Беларусь.

Объектовое звено территориальной подсистемы ГСЧС предназначено для предупреждения ЧС, а в случае их возникновения – для выполнения следующих задач: для ликвидации последствий ЧС; обеспечения безопасности постоянного и переменного состава в учебных, производственных помещениях и на территории объекта; защиты окружающей среды и уменьшения материального ущерба от ЧС.

Режимы функционирования ГСЧС

Режим повседневной деятельности	Режим повышенной готовности	Режим чрезвычайной ситуации
<ul style="list-style-type: none"> • наблюдение и контроль за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и на прилегающих к ним территориях; • планирование и выполнение мероприятий по предупреждению ЧС, обеспечению безопасности и защиты населения, сокращению возможных потерь и ущерба от ЧС, а также по повышению устойчивости функционирования объектов хозяйствования в ЧС; • совершенствование подготовки органов управления, сил и средств ГСЧС к действиям в ЧС, организация обучения населения способам защиты и действиям при ЧС; • создание и восполнение резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС; • осуществление целевых видов страхования 	<ul style="list-style-type: none"> • организация КЧС руководством функционирующей ГСЧС и ее подсистем, формирование при необходимости оперативных групп для выявления причин ухудшения обстановки в районе возможной ЧС и выработки предложений по ее реализации; • уточнение планов защиты населения и территорий от ЧС областей (районов) и планов ликвидации аварийных ситуаций на объектах; • усиление дежурно-диспетчерской службы; • усиление наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях, прогнозирование возможности возникновения ЧС и их масштабов; • принятие мер по защите населения и окружающей среды, обеспечению устойчивого функционирования объектов; • приведение в состояние готовности в ЧС 	<ul style="list-style-type: none"> • частичное или полное введение в действие планов защиты населения и территорий от ЧС областей (районов) и планов ликвидации аварийных ситуаций на объектах; • организация защиты населения в полном объеме; • выдвижение оперативных групп в район ЧС; • организация ликвидации ЧС; • организация работ по обеспечению устойчивого функционирования в ЧС отраслей экономики и объектов, полному жизнеобеспечению пострадавшего населения; • определение границ зоны ЧС; • осуществление непрерывного контроля за состоянием окружающей среды в районе ЧС, за обстановкой на аварийных объектах и прилегающей к ним территории

Основными направлениями работы объектового звена являются: участие в проведении единой государственной политики в области предупреждения и ликвидации ЧС; руководство разработкой и осуществлением мероприятий по предупреждению ЧС, повышению надежности функционирования потенциально опасных лабораторий, структурных и производственных подразделений объекта, обеспечению устойчивости их функционирования при возникновении ЧС; организация и выполнение работ по созданию и поддержанию в состоянии готовности локальных систем контроля и оповещения; обеспечение готовности органов управления, сил и средств к действиям при ЧС, руководство ликвидацией ЧС и эвакуацией личного состава объекта и членов их семей; руководство созданием и подготовкой мероприятий по эффективному использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для предотвращения и ликвидации ЧС; прогнозирование и оценка экономических и социальных последствий ЧС; организация подготовки руководящего состава, сил и средств, а также структурных подразделений и служб к действиям в ЧС.

Гражданская оборона (ГО) – составная часть оборонных мероприятий.

Ликвидация ЧС и их последствий силами ГСЧС и ГО. Ликвидация ЧС включает проведение в зоне ЧС и в прилегающих к ней районах силами и средствами ликвидации ЧС всех видов разведки и неотложных работ, а также организацию жизнеобеспечения пострадавшего населения и личного состава этих сил. При возникновении ЧС ГСЧС вводят в действие планы: защиты населения и территорий от ЧС областей (районов), городов, республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, и планы предупреждения и ликвидации ЧС в полном объеме; выдвижения оперативных групп в район ЧС; организации ликвидации ЧС; определения границ зоны ЧС; организации работ по обеспечению устойчивого функционирования в ЧС отраслей экономики и организаций, полному жизнеобеспечению пострадавшего населения; непрерывного ведения мониторинга ЧС, прогнозирования развития ЧС, ее масштабов и последствий. Проводится оценка масштабов ЧС и прогнозиро-

вание развития обстановки; подготовка предложений по уточнению решений по локализации и ликвидации ЧС из числа ранее разработанных, их корректировке в соответствии со складывающейся обстановкой, использованию сил и средств, финансовых, продовольственных, медицинских и других ресурсов, а также материальных ценностей государственного материального резерва, распределению материальных и финансовых средств, поступающих в виде помощи от организаций и граждан, в том числе иностранных. Осуществляется координация и контроль за деятельностью отраслевых и территориальных подсистем ГСЧС в районе ЧС по эвакуации населения, оказанию пострадавшим необходимой помощи и осуществлению других неотложных мер, а также непосредственное руководство при необходимости работами по ликвидации ЧС во взаимодействии с комиссиями и органами управления по ЧС территориальных и отраслевых подсистем ГСЧС.

3.2. Организация и особенности функционирования системы гражданской обороны объекта

Гражданская оборона (ГО) – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Республики Беларусь от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

Общее руководство ГО в стране возложено на Правительство Республики Беларусь, начальником гражданской обороны является Председатель Совета Министров Республики Беларусь.

Непосредственное руководство гражданской обороной Республики Беларусь возложено на МЧС, которое отвечает за общую готовность к выполнению возложенных на нее задач и осуществляет разработку основных направлений развития и совершенствования ГО.

Гражданская оборона тесно связана с ГСЧС как направление подготовки страны к деятельности в особых условиях военного времени. Организация и ведение ГО – одна из важнейших функций государства, составная часть оборонного строительства, элемент национальной безопасности.

На объектах экономики руководство ГО осуществляет руководитель объекта, который является начальником ГО.

При начальнике создается штаб ГО – основной орган управления, через который осуществляется планирование, организация, проведение и контроль выполняемых мероприятий.

Для выполнения специальных мероприятий создают службы гражданской обороны: оповещения и связи, медицинская, аварийно-спасательная, убежищ и укрытий, противорадиационной и противохимической защиты, транспортная, материально-технического снабжения, противопожарная и др.

На хозяйственных объектах ликвидация ЧС осуществляется силами гражданских формирований гражданской обороны (ГФГО). В качестве спасательных сил используют обученные спасательные формирования, создаваемые заблаговременно из числа работников объекта.

В гражданские формирования ГО не включаются инвалиды, беременные женщины и женщины, имеющие детей до 8-летнего возраста. Существует два вида формирований:

- формирования общего назначения;
- формирования служб гражданской обороны.

Формирования общего назначения предназначены для самостоятельного выполнения спасательных и других неотложных работ, а *формирования служб* – для выполнения специальных задач и усиления формирований общего назначения.

Комплектование формирований осуществляется по производственному принципу: по цехам, участкам производства, рабочим сменам и бригадам с учетом следующих общих положений:

- сохранения существующей структуры организации;
- сохранения специализации персонала с учетом производственной деятельности, квалификации и опыта работы;
- назначения минимального состава звеньев, групп и других структурных подразделений формирования;
- обеспечения условий быстрого оповещения и сбора личного состава и техники формирования.

Формирования обеспечиваются аварийно-спасательной техникой, оборудованием, снаряжением и другим имуществом службами объекта.

Основными организационными единицами гражданских форми-

рований ГО являются отряды, команды и группы. Структура и численность их может меняться в зависимости от технической оснащенности организаций, предполагаемых условий и объемов работ.

Организационная структура ГФГО объекта экономики, как правило, включает: командный состав, спасательные, аварийно-технические, пожарные и медицинские группы, звенья управления, связи и разведки. В каждом звене может быть от 4 до 26 человек (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Организация сводной команды ГО объекта экономики

Права и обязанности граждан в области защиты населения.

Граждане Республики Беларусь в области защиты населения и территорий от ЧС имеют право:

- на защиту жизни, здоровья и личного имущества в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- использовать средства коллективной и индивидуальной защиты и другое имущество республиканских и местных органов управления и организаций, предназначенное для защиты населения от ЧС;
- на информацию о риске, которому они могут подвергнуться в определенных местах пребывания на территории страны, и о мерах необходимой безопасности;
- обращаться лично, а также направлять в республиканские и местные органы индивидуальные и коллективные обращения по вопросам защиты населения и территорий от ЧС;
- участвовать в мероприятиях по предупреждению и ликвидации ЧС;

- на возмещение ущерба, причиненного их здоровью и имуществу вследствие ЧС;
- на бесплатное медицинское обслуживание, компенсации и льготы за проживание и работу в зонах ЧС;
- на пенсионное обеспечение в случае потери трудоспособности или по случаю потери кормильца, погибшего или умершего от увечья или заболевания, полученных при исполнении обязанностей по защите населения и территорий от ЧС;
- на бесплатное государственное социальное страхование, получение компенсаций и льгот за ущерб, причиненный их здоровью при исполнении обязанностей в ходе ликвидации ЧС.

Граждане Республики Беларусь в области защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях обязаны:

- соблюдать законодательство в области защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях;
- соблюдать меры безопасности в быту и повседневной трудовой деятельности, не нарушать производственную и технологическую дисциплину, требования экологической безопасности, которые могут привести к ЧС;
- изучать основные способы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях, приемы оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правила пользования коллективными и индивидуальными средствами защиты, постоянно совершенствовать свои знания и практические навыки в указанной области;
- выполнять установленные правила поведения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций;
- оказывать при необходимости содействие в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Организация обучения населения в системе гражданской обороны. Обучение населения способам защиты от поражающих факторов природных, военных и техногенных ЧС – одна из основных задач ГО. Обеспечение готовности ГО является главнейшей задачей государственной политики в области национальной безопасности и обеспечения устойчивого развития страны.

Подготовка населения к действиям в ЧС осуществляется в организациях, в том числе учебных заведениях, а также по месту жительства.

Подготовка руководителей и специалистов организаций, а также сил ГСЧС осуществляется в учебных заведениях, учреждениях повышения квалификации, на курсах в специальных учебно-методических центрах и непосредственно по месту работы по специальным программам. Для повышения уровня подготовки этих категорий систематически проводятся учения, штабные тренировки и тренировки руководящего состава, формирований.

На хозяйственных объектах в соответствии с функциональными обязанностями по гражданской обороне персонал условно подразделяется на три категории обучаемых: руководящий состав ГО; формирования; персонал, не входящий в состав формирований ГО. Ответственность за обучение всех категорий персонала на объекте возлагается на начальника ГО объекта.

Пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от ЧС обеспечивается МЧС, другими органами государственного управления и местными органами управления.

Порядок оповещения населения. С целью предотвращения или сокращения людских и материальных потерь в условиях чрезвычайных ситуаций важное место занимает организация оповещения населения. Своевременное оповещение населения о ЧС и возможность его укрытия позволит снизить потери людей. Важнейшим требованием к системе оповещения является обеспечение приема и передачи сигналов за минимально короткие сроки.

Основным способом оповещения населения является передача речевой информации по сетям радио- и телевидения. А перед этим подается предупредительный сигнал «ВНИМАНИЕ ВСЕМ!» для привлечения внимания населения путем включения сирен, гудков и других сигнальных средств. По этому сигналу надо включить средства вещания (радиотрансляционный, телевизионный приемники, настроенные на местную станцию) и прослушать информацию о ЧС и правилах поведения в данном конкретном случае. Сигнал оповещения может быть подан управлением МЧС или соответствующей диспетчерской службой по локальной системе оповещения.

Тексты сообщений населению о чрезвычайных ситуациях разрабатываются на местах и должны максимально учитывать все варианты возможной обстановки.

В Республике Беларусь для оповещения населения об угрозе стихийных бедствий, опасности радиоактивного, химического и биологического загрязнений и других ЧС может быть использована существующая сеть проводного радиовещания, включая радиотрансляционные узлы (РТУ), в том числе с круглосуточным режимом работы, дистанционным управлением, уличные громкоговорители. К РТУ подключены квартирные телефоны, которые могут быть использованы для оповещения о ЧС. Практические действия населения вытекают из содержания сообщения о ЧС.

Защитное сооружение (ЗС) ГО – инженерное сооружение, предназначенное для укрытия людей, техники и имущества от опасностей, возникающих в результате последствий аварий на потенциально опасных объектах, либо стихийных бедствий в районах размещения этих объектов, а также от воздействия современных средств поражения. К ним относятся убежища и противорадиационные и простейшие укрытия. Защитные сооружения могут быть встроенными, расположенными в подвалах и цокольных этажах зданий и сооружений, и отдельно стоящими, сооружаемыми вне зданий и сооружений. Размещают их возможно ближе к местам работы или проживания служащих. По срокам строительства ЗС подразделяются на построенные заблаговременно, т.е. в мирное время, и быстро возводимые, которые сооружаются в предвидении каких-либо чрезвычайных ситуаций или при внезапном нападении противника.

Убежища – это защитные сооружения, в которых в течение определенного времени обеспечиваются условия для укрытия людей с целью защиты от обломков разрушающихся зданий, от проникающей радиации и радиоактивной пыли, от попаданий внутрь помещений сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, бактериальных средств, повышенных температур при пожарах, угарного газа и других опасных веществ в ЧС (рис. 3.3).

Убежища классифицируют: по степени защиты (1-го класса $K_{\text{защ}} > 5000$, $P_{\text{ф}}$ – до 500 кПа; 2-го класса $K_{\text{защ}} > 3000$, $P_{\text{ф}}$ – до 300 кПа; 3-го класса $K_{\text{защ}} > 2000$, $P_{\text{ф}}$ – до 200 кПа; 4-го класса $K_{\text{защ}} > 1000$, $P_{\text{ф}}$ – до 100 кПа); 2-го по вместимости (большие – более 2000 чел., средние – на 600–2000 чел., малые – на 150–600 чел.); по место-

положению (встроенные, отдельно стоящие, приспособленные, в том числе метро, горные выработки); по времени возведения (возводимые заблаговременно, быстро возводимые).

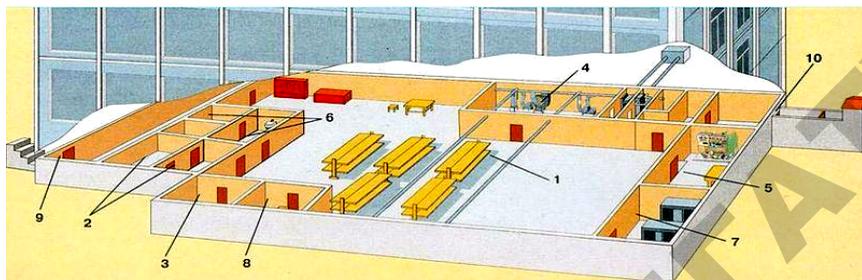


Рис. 3.3. План убежища:

1 – помещение для укрываемых; 2 – пункт управления; 3 – медицинский пункт; 4 – фильтровентиляционная камера; 5 – помещение дизельной электростанции; 6 – санитарный узел; 7 – помещение для ГСМ и электрошитоная; 8 – помещение для продовольствия; 9 – вход с тамбуром; 10 – аварийный выход с тамбуром

Характеризуются убежища наличием прочных стен, перекрытий и дверей, герметических конструкций и фильтровентиляционных устройств. Все это создает благоприятные условия для нахождения в них людей в течение нескольких суток. Не менее надежными делаются входы и выходы, а также аварийные выходы на случай завала или повреждения основных выходов. Убежища герметизируют и оснащают фильтровентиляционным оборудованием. Оно очищает наружный воздух, распределяет его по отсекам и создает в помещениях избыточное давление (подпор), что препятствует проникновению зараженного воздуха через различные трещины и неплотности. Длительное пребывание людей возможно благодаря надежному электропитанию (дизельная электростанция), санитарно-техническим устройствам (водопровод, канализация, отопление), радио- и телефонной связи, а также запасам воды, продовольствия и медикаментов. Система воздухообеспечения в свою очередь обеспечивает укрываемых не только необходимым количеством воздуха, но и придает ему нужные температуру, влажность и газовый состав.

Противорадиационные укрытия (ПРУ) используются для защиты от радиоактивного загрязнения в небольших городах

и сельской местности. Часть из них строится заблаговременно в мирное время, другие возводятся (приспосабливаются) только в предвидении ЧС или при возникновении угрозы вооруженного конфликта. ПРУ устраивают в подвалах, цокольных и первых этажах зданий, в сооружениях хозяйственного назначения – погребах, подпольях, овощехранилищах. ПРУ обеспечивают необходимое ослабление радиоактивного излучения, защищают при авариях на химически опасных объектах и при возникновении ЧС природного характера: бурях, ураганах, смерчах и т.д. (рис. 3.4). Поэтому они располагаются вблизи мест проживания (работы) большинства укрываемых. Высота помещений ПРУ, как правило, не менее 1,9 м от пола до низа выступающих конструкций перекрытия. В крупных ПРУ устраиваются два входа (выхода), в малых – до 50 чел. – допускается один. Во входах устанавливаются обычные двери, но обязательно уплотняемые в местах примыкания полотна к дверным коробкам. Норма площади пола основных помещений ПРУ на одного укрываемого принимается, как и в убежище, равной $0,5 \text{ м}^2$ при двухъярусном расположении нар.



Рис. 3.4. Противорадиационные укрытия

Быстро возводимые убежища (БВУ) строят в городах и на объектах, когда нет достаточного количества заблаговременно построенных убежищ. Возводят такие сооружения в короткие сроки (в течение нескольких суток) из железобетонных сборных конструкций, а иногда и из лесоматериалов. Вместимость их, как правило, небольшая – от 30 до 200 человек. БВУ, как и заблаго-

временно построенные убежища, должны состоять из помещений для укрываемых, мест для расположения фильтровентиляционного оборудования, санитарного узла, располагать аварийным запасом воды. В убежищах малой вместимости санитарный узел и емкости для отбросов размещаются в тамбуре, а баки с водой – в помещении для укрываемых.

К простейшим укрытиям относятся щели, траншеи, окопы, блиндажи, землянки и т.д. Все эти сооружения максимально просты, возводятся с минимальными затратами времени и материалов. Щель может быть открытой и перекрытой. Она представляет собой ров глубиной 1,8–2 м, шириной по верху 1–2 м, по низу 0,8 м. Обычно щель строится на 10–40 человек. Каждому укрываемому отводится 0,5 м. Устраиваются щели в виде расположенных под углом друг к другу прямолинейных участков, длина каждого из которых не более 10 м. Входы делаются под прямым углом к примыкающему участку. Перекрытие щели делается из бревен, брусьев, железобетонных плит или балок. Сверху укладывают слой мятлой глины или другого гидроизоляционного материала (рубероида, толя, пергамина и т.д.), и все это засыпается слоем грунта 0,7–0,8 м.

3.3. Нормирование воздействия производственных объектов на окружающую природную среду

В основу всех природоохранных мероприятий положен принцип *нормирования качества окружающей среды*. Под *качеством окружающей среды* понимают степень соответствия ее характеристик потребностям людей и технологическим режимам работы производственных объектов.

В практике экологической безопасности вплоть до 60-х годов XX столетия считалось, что основное влияние на природное равновесие окружающей среды оказывают промышленность и транспорт, а возможное негативное влияние сельского хозяйства недооценивалось. Вместе с тем, уже во второй половине XX века сельскохозяйственное производство заняло ведущую позицию по загрязнению окружающей среды. Тенденция такого положения была определена двумя основными причинами:

- строительством животноводческих ферм и комплексов при отсутствии системы очистки образующихся отходов и их утилизации;
- нарушением норм и правил применения минеральных удобрений и пестицидов, которые вместе с дождевыми потоками и подземными водами попадают в реки и озера, нанося значительный ущерб бассейнам крупных рек, их рыбным запасам и растительности.

Все это определило сельское хозяйство как серьезный источник загрязнения окружающей среды в сфере общественного производства. Фактические потери минеральных удобрений по республике достигают 15 %, что в пересчете на физический вес составляет более 600 тысяч тонн в год. Это вызвано следующими причинами:

- а) при хранении и применении туков. Минеральные удобрения прилипают к полу и стенам складов, к мешкотаре, просыпаются при разрыве мешков, разносятся колесами машин, погрузчиков, выдуваются ветром при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировке;
- б) недостаточной обеспеченностью необходимыми хранилищами;
- в) потерями при внесении за счет сноса ветром за пределы удобряемого поля.

К настоящему времени количество непригодных пестицидов в республике составляет свыше 6 тыс. т, из которых 4 тыс. т находятся в захоронениях, а свыше 2 тыс. т – в хозяйствах и на складах. На территории республики расположено 7 подземных захоронений пестицидов.

Животноводческие предприятия являются потенциальными источниками загрязнения почвы и водоемов. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), навоз может быть фактором передачи более 100 видов возбудителей болезней животных, в том числе опасных для человека. Особенно опасен жидкий навоз, получаемый при бесподстилочном типе содержания животных. Наряду с проблемами утилизации жидкого навоза, сточных вод, силосного сока и отработанного (загрязненного) воздуха имеют место и проблемы утилизации трупов животных, других биологических отходов, а также нейтрализации моющих и дезинфицирующих веществ.

В Республике Беларусь принимаются меры по улучшению экологической ситуации на животноводческих комплексах, которых насчитывается более 250. Внедряется обратное использование сточных вод, что сокращает расход воды на 25 %. Осваиваются

технологии комплексной очистки животноводческих стоков с использованием биоинженерных сооружений.

Объемы топливных ресурсов, ежегодно добываемых на территории республики (нефть, попутный природный газ, торф, дрова и т.п.) составляют около 15 % общей потребности в топливно-энергетических ресурсах. При добыче и энергетическом использовании *торфа* имеет место ряд отрицательных последствий для окружающей среды:

- нарушение режима водных систем;
- изменение ландшафта и почвенного покрова в местах торфодобычи;
- ухудшение качества местных источников пресной воды и загрязнение воздушного бассейна;
- ухудшение условий существования животных.

Более сложной, чем при влиянии других источников загрязнения, является радиационная ситуация в регионах Республики Беларусь, пострадавших после аварии на Чернобыльской АЭС. К маю 1986 г. 400 энергоблоков, работавших в мире и дававших более 17 % электроэнергии, увеличивали природный фон радиоактивности не более чем на 0,02 %. До Чернобыльской катастрофы в СССР никакая отрасль производства не имела меньшего уровня производственного травматизма, чем АЭС. После Чернобыльской катастрофы во многих государствах были прекращены или свернуты программы строительства АЭС, однако атомная энергетика продолжала развиваться в 32 странах.

В настоящее время в мире находится в эксплуатации более 430 энергоблоков АЭС.

Для оценки качества окружающей среды необходимо знать:

- экологические и производственные стандарты;
- объект экологической защиты биосферы;
- среду (воздух, вода, почва, и т.д.), в которой нормируется и контролируется содержание вещества;
- критерий вредности, наносимой окружающей среде (заболевания у человека, включая потомство; снижение продуктивности растений; выход из строя технологического оборудования и т.д.);

– временную характеристику воздействия на окружающую среду (воздействие в течение всей жизни человека; в короткий промежуток времени; в аварийных ситуациях и т.д.);

– последствия, к которым может привести отсутствие или превышение допустимого уровня воздействия на окружающую среду.

Экологические стандарты устанавливают *предельно допустимые нормы* антропогенного воздействия на окружающую среду (ОС), которые приводятся в виде *предельно допустимых концентраций* загрязняющих веществ (ПДК) и *предельно допустимых уровней вредного физического воздействия* (ПДУ). *Производственно-хозяйственные стандарты* качества окружающей среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственных объектов и включают:

– норматив допустимого выброса загрязняющих веществ в окружающую среду (НДВ);

– норматив допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в водоемы;

– норматив образования объемов отходов производства.

Для комплексной оценки качества ОС используют индекс загрязнения (атмосферы, воды, почвы).

Нормирование качества воздуха. Критериями качества воздуха, используемыми при расчетах, являются предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. В расчетах для нормирования качества атмосферного воздуха также используются значения следующих предельно допустимых концентраций веществ (ПДК):

– максимально-разовой (ПДК_{мр});

– среднесуточной (ПДК_{сс});

– ПДК воздуха рабочей зоны (ПДК_{р.з.}).

В случае отсутствия значений ПДК в расчетах могут применяться ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Значения ОБУВ должны пересматриваться через два года после их утверждения или заменяться ПДК с учетом накопленных данных о здоровье работающих и условиях труда.

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся *классом опасности*. Все нормируемые вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1-й класс – чрезвычайно опасные вещества (ПДК этих веществ воздуха рабочей зоны не должна превышать $0,1 \text{ мг/м}^3$);

2-й класс – высоко опасные (ПДК_{р.з.} от $0,1$ до $1,0 \text{ мг/м}^3$);

3-й класс – умеренно опасные (ПДК_{р.з.} от $1,1$ до 10 мг/м^3);

4-й класс – малоопасные (ПДК_{р.з.} свыше 10 мг/м^3).

Учитывая, что атмосферный воздух почти всегда загрязнен несколькими вредными веществами, вводятся понятия «эффект суммации» и «эффект потенционирования». «*Эффект суммации*» представляет собой сложение эффектов однонаправленного воздействия разных веществ. «*Эффект потенционирования*» – усиление эффектов воздействия одного вещества другим.

При наличии в атмосфере веществ, обладающих суммацией действия, расчет допустимого их содержания проводится по формуле

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1, \quad (3.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации веществ в атмосфере, мг/м^3 ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – соответствующие ПДК для этих веществ, мг/м^3 .

Для определения *показателя загрязнения воздуха* (P_i), учитывающего комбинированное действие вредных веществ, используется следующее выражение:

$$P_i = \sqrt{\sum a_i^2},$$

где a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень воздействия i -го вещества с воздействием вещества третьего класса опасности ($a_i = 1,7; 1,3; 1,0$ и $0,9$ соответственно для 1; 2; 3 и 4-го классов опасности веществ и $a_i = 1,2$ – для веществ с неустановленным классом опасности).

Расчет *индекса загрязнения атмосферы* (ИЗА) по одной приме-
си ведется по формуле

$$\text{ИЗА}_i = (q_{\text{ср}i} / \text{ПДК}_{\text{ср}i}) \cdot a_i, \quad (3.2)$$

где $q_{\text{ср}i}$ – среднегодовая концентрации i -й примеси;
 $\text{ПДК}_{\text{ср}i}$ – *среднесуточная* ПДК для i -й примеси, мг/м³.

Комплексный ИЗА, учитывающий m примесей, присутствующих в атмосфере, рассчитывают по формуле

$$\text{ИЗА}_m = \sum_{i=1}^m (q_{\text{ср}i} / \text{ПДК}_{\text{ср}i}) \cdot a_i. \quad (3.3)$$

Выбор веществ для расчета ИЗА_m производится с помощью предварительного сопоставления убывающего вариационного ряда значений ИЗА_i , рассчитанных для 5–6 приоритетных примесей. Уровень загрязнения атмосферы считается высоким, если ИЗА_m превышает 9; повышенным, если концентрации примеси в отдельных случаях превышают $\text{ПДК}_{\text{ср}}$ и $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$; низким, если среднегодовые концентрации примеси находятся в пределах или ниже $\text{ПДК}_{\text{ср}}$, а максимально разовые только в отдельных случаях превышают допустимые нормы.

Лимиты (объемы) выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) устанавливаются по областям и городу Минску Правительством Республики Беларусь по представлению Министерств экономики и природных ресурсов и охраны окружающей среды. Облисполкомы (райисполкомы) разрабатывают и утверждают лимиты допустимых выбросов для каждого предприятия-природопользователя, исходя из:

- экологической обстановки в регионе;
- экономических возможностей предприятий;
- поэтапного достижения нормативов допустимых выбросов – массы веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников, функционирующих по технологическим нормам.

На предприятии:

- лимиты разбиваются по месяцам;
- согласовываются с районными властями, после чего утверждаются;
- копии приказов в 15-дневный срок после утверждения направляются в районные налоговые инспекции и инспекции Минприроды.

Норматив допустимого выброса (НДВ) устанавливается для каждого стационарного источника и каждого выбрасываемого в атмосферу вещества при условии функционирования технологического и газоочистного оборудования с полной нагрузкой. При расчете НДВ учитываются фоновые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе и эффект суммации вредного действия нескольких веществ. Если в воздухе населенных мест концентрация вредных веществ уже превышает ПДК, а значения НДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выброса вредных веществ. В этом случае фактический выброс, превышающий НДВ, называется нормативом временно допустимых выбросов (ВДВ) или временно согласованным выбросом (ВСВ).

За сверхустановленные выбросы предприятиями-природопользователями загрязняющих веществ в атмосферный воздух взимается налог в 15-кратном размере.

Инвентаризацию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводят юридические лица и индивидуальные предприниматели (далее – природопользователи), в процессе деятельности которых осуществляются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов более 0,001 тонны в год. Целью инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух является получение исходных данных для:

- организации и ведения первичного учета источников выделения, источников выбросов и подготовки исходных данных для оценки загрязнения атмосферного воздуха;
- оценки степени влияния массовых выбросов на атмосферный воздух в районе расположения источников выбросов природопользователя;

- подготовки исходных данных для нормирования выбросов от стационарных источников выбросов природопользователя;
- контроля и оценки параметров работы газоочистных установок, подготовки заключений о соответствии или несоответствии газоочистной установки требованиям по обеспечению очистки газов;
- оценки используемых технологий и технологического оборудования на предмет соблюдения требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов;
- оценки экологических характеристик технологий, используемых природопользователем;
- оценки эффективности использования природопользователем сырьевых ресурсов и обращения с отходами;
- формирования электронных баз данных об источниках выбросов.

Утверждается проект по инвентаризации руководством предприятия-природопользователя и представляется им или по его поручению разработчиком на согласование в Минприроды и его территориальные органы в виде электронной базы данных. В согласовании проекта может быть отказано в следующих случаях:

- если представленный проект по инвентаризации выполнен с нарушением требований законодательства об охране атмосферного воздуха;
- содержит ошибки в расчетах, недостоверные сведения, искаженные исходные данные и др.;
- содержит несоответствие фактических данных, установленных по результатам проверки, данным, представленным в проекте по инвентаризации. Отказ в согласовании направляется заявителю согласующим органом в письменном виде с указанием причин отказа в 3-дневный срок со дня принятия решения об этом. Досрочная инвентаризация или корректировка результатов инвентаризации всех источников выбросов природопользователя или источников выбросов его отдельных производств осуществляется природопользователем в следующих случаях:

- изменения законодательства об охране атмосферного воздуха;
- изменения технологии производства, качества и вида применяемого топлива, сырья или материалов, после проведения реконструкции технологического или газоочистного оборудования,

появления дополнительных источников выделения и источников выбросов, модернизации систем вентиляции и газоочистных установок, изменения мест нахождения источников выброса и других изменений, повлекших за собой изменения качественных и количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ и (или) параметров источников выбросов;

- установления неучтенных при инвентаризации загрязняющих веществ и (или) источников выбросов; неучтенных при инвентаризации режимов работы источников выделения и источников выбросов;

- расхождений фактических значений характеристик газоочистной установки и паспортных или проектных данных на данную газоочистную установку.

При проведении инвентаризации используются инструментальные, инструментально-расчетные и расчетные методы определения выбросов загрязняющих веществ.

Инструментальные методы определения выбросов от стационарных источников и метрологический контроль в порядке, установленном законодательством, должны применяться при инвентаризации *в обязательном порядке*. Разработчик обеспечивает использование инструментальных методов определения загрязняющих веществ в промышленных выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух (с использованием метрологически аттестованных и официально допущенных к использованию методик выполнения измерений, при помощи средств измерения, прошедших государственный метрологический надзор) для учета не менее 70 % валовых выбросов загрязняющих веществ основного производства природопользователя.

К проведению измерений промышленных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух допускаются аналитические лаборатории, аккредитованные в системе аккредитации Республики Беларусь и поставленные на учет в Минприроды. Проведение инвентаризации с применением инструментально-расчетных и расчетных методов определения выбросов допускается в следующих случаях:

- отсутствия метрологически аттестованных в установленном порядке методик выполнения измерения данного загрязняющего вещества;

- практической невозможности обеспечить требования нормативных правовых технических актов по отбору проб, проведению аэродинамических испытаний или технике безопасности;
- хранения в резервуарах нефти, нефтепродуктов и других технических смесей, содержащих летучие компоненты;
- выброса от неорганизованных источников вспомогательного производства.

При оформлении проекта по инвентаризации источников выделения и выбросов загрязняющих веществ разработчиком проводятся:

- расчет величины выбросов загрязняющих веществ;
- систематизация результатов инвентаризации;
- определение категории опасности деятельности предприятия;
- составление проекта по инвентаризации;
- утверждение проекта по инвентаризации руководителем предприятия природопользователя.

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному. Мерой нагретости газозвушной смеси служит разность температур (ΔT) выброса при выходе из устья источника и окружающего воздуха:

$$\Delta T = T_r - T_b, \quad (3.4)$$

где T_r – температура газозвушной смеси, град;
 T_b – температура окружающего воздуха, град.

Скорость перемещения температурного фронта (V_t) определяется по следующим формулам:

$$V_t = 0,65 \cdot W_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{H}} \quad \text{при } \Delta T \leq T_b; \quad (3.5)$$

$$V_t = 1,3 \cdot V_y \cdot \frac{D}{H} \quad \text{при } \Delta T > T_b, \quad (3.6)$$

где W_1 – объем газозвушного выброса, м³/с;
 ΔT – мера нагретости газозвушной смеси, град;
 H – высота источника выброса, м;

D – диаметр устья источника выброса, м;
 V_y – скорость выхода газовойдушной смеси из устья источника выброса, м/с.

$$V_y = \frac{4 \cdot W_1}{3,14 \cdot D^2}. \quad (3.7)$$

Ускорение перемещения фронта охлаждения смеси (м/с², град) учитывается параметром f :

$$f = \frac{V_y^2 \cdot D \cdot 10}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (3.8)$$

Выбросы, для которых $f \geq 100$, относятся к холодным, при $f < 100$ – к нагретым.

Величина опасной скорости ветра (V_{on}), замеряемая на высоте 10 м от уровня земли, – это та, при которой имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (C_{max}) одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой газовойдушной смеси при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле

$$C_{max_H} = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{W_1 \Delta T}}, \quad (3.9)$$

где A – коэффициент, характеризующий неблагоприятные климатические условия;

M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий интенсивность оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.

m ; n – коэффициенты, характеризующие условия выхода ГВС из устья источников выброса;

η – эффективность газоочистного оборудования.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (C_{\max}) для выброса холодной газозвушной смеси из круглого устья одиночного источника при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле

$$C_{\max} = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt[3]{H}} \cdot \frac{D}{8\sqrt{W_1}}. \quad (3.10)$$

Зона активного загрязнения атмосферы газозвушным выбросом при круговой розе ветров определяется по выражению

$$R = 20 \cdot H \left(1 + \frac{\Delta T}{75}\right), \quad (3.11)$$

где R – радиус зоны активного загрязнения атмосферы, м.

Для выбросов нагретой газозвушной смеси из одиночного источника с круглым устьем или группы близко расположенных одинаковых источников, в случаях, когда фоновая концентрация (C_{ϕ}) рассматриваемой примеси установлена не зависящей от направления и скорости ветра и постоянной по всей территории промышленной площадки, принимаем $C_{\phi} = C_{\max}$.

Тогда расчет НДС (г/с) для источника нагретых выбросов:

$$\text{НДВ}_{\text{р.н}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H^2\sqrt[3]{W_1\Delta T}}{AFm\eta}. \quad (3.12)$$

Величина НДС для холодной газозвушной смеси определяется по следующей формуле:

$$\text{НДВ}_{\text{р.х}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H^2\sqrt[3]{H8W_1}}{AFm\eta D}. \quad (3.13)$$

Проекты НДС и ВСВ по каждому источнику и по предприятию в целом (в соответствии с Инструкцией по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух) согласовываются

и утверждаются в территориальных службах Минздрава и Минприроды Республики Беларусь.

Территориальный орган Минприроды Республики Беларусь выдает предприятию разрешение на выброс конкретного количества вредных веществ в атмосферу сроком до 5 лет.

Срок действия проектов НДВ (ВСВ) составляет для природопользователей первой и второй категорий опасности деятельности – 5 лет, для третьей, четвертой и пятой категорий – 10 лет.

Контроль за соблюдением НДВ осуществляется объектом-природопользователем в соответствии с Инструкцией о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду, Инструкцией об организации производственного контроля в области охраны окружающей среды, а также соответствующими органами государственного надзора.

Воздействие выбросов предприятия-природопользователя на атмосферный воздух оценивается в зависимости от следующих критериев:

- количественного и качественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух источниками выбросов;
- размера санитарно-защитной зоны;
- техногенной и экологической опасности;
- числа стационарных источников;
- числа передвижных источников;
- значений расчетных приземных концентраций, создаваемых источниками выбросов природопользователя.

Категория опасности деятельности предприятия (K_0) рассчитывается по формуле

$$K_0 = 2A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + 2B_1 + B_2, \quad (3.14)$$

где A_1 – число условных баллов (табл. 3.2), определяемое в соответствии с условиями, указанными в таблице, по критерию зависимости от количественного и качественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух стационарными источниками природопользователя (далее – критерий K);

A_2 – это число условных баллов, отвечающих граничным показателям по критерию зависимости размера базовой санитарно-защитной зоны (далее – критерий L), который определяется в соответствии с СанПиН 10-5 РБ 2002 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»;

A_3 – число условных баллов, отвечающих граничным показателям (табл. 3.2) по критерию возможности возникновения техногенной и экологической опасности (далее – критерий Z);

A_4 – число условных баллов, отвечающих граничным показателям (табл. 3.2) по критерию зависимости K_0 от числа стационарных источников выбросов (критерий N). Число стационарных источников определяется по данным инвентаризации;

A_5 (см. формулу) – число условных баллов, отвечающих граничным показателям (табл. 3.2) по критерию зависимости K_0 от числа передвижных источников (критерий P), которое определяется по данным инвентаризации;

B_1 – количество загрязняющих веществ или групп загрязняющих веществ, обладающих «эффектом суммации» вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, по которым источники выбросов природопользователя создают приземную концентрацию сверх установленной;

B_2 – количество загрязняющих веществ или групп загрязняющих веществ, обладающих «эффектом суммации» вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, по которым источники выбросов природопользователя создают приземную концентрацию в пределах установленных значений.

Критерий K рассчитывается по формуле

$$K = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{S_i} \right)^{a_i}, \quad (3.15)$$

где n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых природопользователем в атмосферный воздух;

M_i – масса выброса i -го загрязняющего вещества, тонн в год;

S_i – значение предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест или ориентировочные безопасные уровни воздействия i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест (ОБУВ), миллиграммов на кубический метр.

Таблица 3.2

Значения коэффициентов A_i для определения категории опасности деятельности предприятия-природопользователя

Критерий	Коэффициент A_i	Значение коэффициента A_i , баллы				
		0	1	2	3	4
1. Зависимость от качественного и количественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух стационарными источниками природопользователя (К)	A_1	0	От 1 до 10^3	От 10^3 до 10^4	От 10^4 до 10^6	Не менее 10^6
2. Размер санитарно-защитной зоны (L), м	A_2	50	100	300	500	1000
3. Техногенная и экологическая опасность предприятия (Z)	A_3	Неопасное	Опасное	Особо опасное	–	–
4. Число стационарных источников (N)	A_4	До 5 включительно	От 6 до 10 включительно	От 11 до 50 включительно	От 51 до 100 включительно	Свыше 100
5. Число передвижных источников (P)	A_5	До 5 включительно	От 6 до 25 включительно	От 26 до 99 включительно	От 100 до 499 включительно	Не менее 500

Значение ПДК или ОБУВ определяется согласно «Гигиеническим нормативам 2.1.6.12-46-2005 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» как значения среднесуточных предельно допустимых концентраций.

В случае отсутствия установленного для i -го загрязняющего вещества значения среднесуточной предельно допустимой концентрации для определения критерия K используются значения максимально-разовой предельно допустимой концентрации, ориентировочные безопасные уровни воздействия или по согласованию с территориальными органами Минприроды уменьшенные в десять раз значения предельно допустимой концентрации рабочей зоны.

При отсутствии информации о ПДК или ОБУВ значение K приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Также критерий K не рассчитывается и приравнивается к нулю, если

$$\frac{M_i}{S_i} < 1.$$

В зависимости от значения критерия K предприятия подразделяются на 4 категории (табл. 3.3) и устанавливается периодичность их контроля и отчетности за атмосферной деятельностью (табл. 3.4).

Таблица 3.3

Категории предприятий в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ

Категория предприятия	Значения K , т/год
1	$K > 10^6$
2	$10^4 < K \leq 10^6$
3	$10^3 < K \leq 10^4$
4	$K \leq 10^3$

Таблица 3.4

Периодичность отчетности и контроля предприятия-природопользователя за атмосферноохранной деятельностью

Вид работы	Категория предприятия-природопользователя в зависимости от количественного и качественного состава выбросов			
	1	2	3	4
1. Инвентаризация (один раз в пять лет) источников выбросов ЗВ в атмосферу	+	+	+	+
2. Составление (ежегодно) формы статистической отчетности «2-ОС-воздух»	+	+	+	-
3. Разработка плана атмосферноохранной деятельности предприятия: - ежегодно - один раз в пять лет	+	+	+	+
4. Разработка проектов норм предельно-допустимых выбросов (НДВ) предприятия: - по полной схеме - по сокращенной схеме - не разрабатывают	+	+	+	+
5. Периодичность контроля атмосферноохранной деятельности предприятия: - ежегодно - один раз в три года - выборочно один раз в пять лет	+	+	+	+

Это необходимо для:

- включения объекта в государственную систему учета выбросов ЗВ в атмосферу (форма статистической отчетности предприятия «2-ОС-воздух»);
- разработки проекта плана по охране атмосферного воздуха;
- подготовки ведомственного проекта по установлению нормативов НДС.

Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ), являющимися обязательным элементом любого объекта, который может быть источником химического, биологического или физического воздействия на среду обитания и здоровье человека. Использование площадей СЗЗ осуществляется с учетом ограничений, установленных действующим законодательством, проектами санитарно-защитных зон по согласованию с органами госнадзора. Территория санитарно-защитной зоны предназначена для:

- обеспечения снижения уровня воздействия до установленных гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;
- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

Проекты санитарно-защитных зон подлежат обязательной гигиенической экспертизе. СЗЗ утверждается территориальными органами управления (в городах областного подчинения – областными исполнительными комитетами, в остальных случаях – райисполкомами, в г. Минске – Минским горисполкомом) с установлением ее границ и режима использования. Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и ко-

личества выделяемых в окружающую среду токсических и пахучих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека при обеспечении соблюдения требований гигиенических нормативов в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие минимальные размеры санитарно-защитных зон:

- предприятия первого класса – 1000 м;
- предприятия второго класса – 500 м;
- предприятия третьего класса – 300 м;
- предприятия четвертого класса – 100 м;
- предприятия пятого класса – 50 м.

Приведенные размеры являются базовыми при обосновании расчетной СЗЗ. Изменение размеров санитарно-защитных зон для предприятий I и II классов является компетенцией Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь или его заместителя, для предприятий III и IV классов – Главных государственных санитарных врачей областей, г. Минска или их заместителей, V класс – Главных государственных санитарных врачей городов и районов. Размеры санитарно-защитной зоны могут быть уменьшены в следующих случаях:

- для действующих предприятий – при объективно доказанной стабилизации уровней техногенного воздействия на среду ниже допустимых, подтвержденных материалами систематических (не менее чем годовых) наблюдений за состоянием загрязнения окружающей среды, с учетом оценки воздействия загрязнения на здоровье населения;

- для строящихся предприятий – при обосновании результатов расчетов уровней загрязнения среды обитания данными опытно-экспериментальных производств, опытно-промышленных испытаний, зарубежного опыта, подтвержденные оценкой риска воздействия загрязнения на здоровье населения.

Санитарно-защитная зона для научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и других объектов, имеющих в своем составе мастерские, производственные и экспериментальные установки,

устанавливается с учетом требований СанПиН № 10-5 РБ 2002 при наличии заключения органов и учреждений государственного санитарного надзора.

В границах санитарно-защитной зоны предприятий запрещается размещать:

- производственные здания и сооружения в тех случаях, когда вредности, выделяемые одним из предприятий, могут оказать вредные воздействия на здоровье или привести к порче материалов, оборудования, готовой продукции другого предприятия;

- предприятия пищевой промышленности, а также по производству посуды, тары, оборудования и так далее для пищевой промышленности, склады пищевых продуктов;

- предприятия по производству воды и напитков для питьевых целей, комплексы водопроводных сооружений для подготовки и хранения питьевой воды;

- коллективные или индивидуальные дачные и садово-огородные участки;

- спортивные сооружения; парки отдыха, образовательные учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

Санитарно-защитная зона для предприятий IV, V классов должна быть максимально озеленена (не менее 60 % площади); для предприятий II и III классов – не менее 50 %; для предприятий I класса и зон большой протяженности – не менее 40 % ее территории. При наличии у предприятия-природопользователя в пределах одной производственной площадки нескольких производств, размер санитарно-защитной зоны принимается в соответствии с размером санитарно-защитной зоны для наиболее опасного производства природопользователя. В случаях, если для природопользователя установлена расчетная санитарно-защитная зона в размере, превышающем базовую санитарно-защитную зону наиболее опасного производства природопользователя, расчет производится исходя из размера расчетной санитарно-защитной зоны. При этом сумма взвешенных условных баллов увеличивается на

величину кратности увеличения расчетной санитарно-защитной зоны относительно базовой.

По возможности возникновения техногенной и экологической опасности объект может быть отнесен к одной из категорий: особо опасный, опасный, неопасный. Предприятие считается не оказывающим вредного воздействия на атмосферный воздух, если ни один его источник выбросов не попадает в категорию опасных. Источник не опасен для ОС, если

$$\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \leq \Phi, \quad (3.16)$$

где M_{\max} – максимальная величина выброса вредного вещества в атмосферу, мг/с;

$\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ – предельная максимально-разовая концентрация вещества, мг/м³;

Φ – величина, характеризующая условный расход воздуха, необходимый для разбавления вредного вещества, поступающего в атмосферу, до $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$, м³/с.

При средней высоте источника выбросов по предприятию (H):

$$H \leq 10 \text{ м}, \Phi = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}; \text{ при } H > 10 \text{ м}, \Phi = 0,01 \cdot H.$$

Если источник выбросов вредных веществ опасен для ОС, то рекомендуется:

- проанализировать соответствие применяемого оборудования экологическим стандартам;
- разработать план мероприятий по обеспечению экологической безопасности на предприятии, включающий технологические, объемно-планировочные и санитарно-гигиенические решения.

Определение значений расчетных приземленных концентраций, создаваемых источниками выбросов природопользователя,

основывается на величинах, рассчитанных в долях предельно допустимой или ориентировочно безопасного уровня воздействия без учета фона по отдельным режимам работы и веществ и (или) группам загрязняющих веществ, обладающим «эффектом суммации» вредного воздействия на качество атмосферного воздуха, создаваемых источниками выбросов природопользователя в жилой зоне, если:

- одно или несколько значений превышает единицу, а для зон санитарной охраны курортов, мест размещения санаториев и домов отдыха, зон отдыха населения городов, а также для других территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха превышает 0,8 по нескольким веществам и (или) группам суммации веществ, определяется число V_1 , равное числу таких веществ и (или) числу групп веществ, обладающих «эффектом суммации»;

- одно или несколько значений находится в диапазоне от 0,8 до 1,0 по нескольким веществам и (или) группам веществ, обладающих «эффектом суммации», определяется число V_2 , равное числу таких веществ и (или) числу групп суммации веществ.

С учетом рассчитанного по формуле (3.14) значения K_0 определяется категория опасности деятельности предприятия-природопользователя (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Граничные условия для деления предприятий-природопользователей по категории опасности в зависимости от суммы взвешенных условных баллов

Баллы	До 5 включительно	От 6 до 10	От 11 до 16	От 17 до 21	Свыше 21
Категория опасности деятельности предприятия-природопользователя	V	IV	III	II	I

4. ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИЛ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1. Мероприятия по защите населения от чрезвычайных ситуаций

Общими положениями по обеспечению безопасности людей в ЧС являются: заблаговременность проведения мероприятий, направленных на предупреждение ЧС, а также на максимально возможное снижение размеров материального ущерба и вреда, причиненного здоровью людей и окружающей среде в случае их возникновения; планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от ЧС с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения ЧС; необходимая достаточность и максимально возможное использование сил и средств при определении объема и содержания мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Основными мероприятиями по защите населения в ЧС служат: укрытие людей в приспособленных под нужды защиты населения помещениях производственных, общественных и жилых зданий, а также в специальных защитных сооружениях; эвакуация населения из зон ЧС; использование средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожных покровов; проведение мероприятий медицинской защиты; проведение аварийно-спасательных и др. неотложных работ в зонах ЧС.

Для реализации основных мероприятий защиты населения в ЧС необходимо выполнение следующих условий:

– укрытие населения в приспособленных помещениях и в специальных защитных сооружениях по месту постоянного проживания или временного нахождения людей непосредственно во время действия поражающих факторов источников ЧС, а также при угрозе их возникновения;

– эвакуацию проводят в случае угрозы возникновения или появления реальной опасности влияния разрушительных и вредоносных сил природы, техногенных факторов и применения современного оружия для безопасного нахождения людей, а также при невозможности создать для жителей пострадавших территорий минимально необходимых условий жизнеобеспечения. Эвакуацию осуществляют путем организованного вывода и (или) вывоза населения в заранее подготовленные близлежащие безопасные места;

– средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи (СИЗ) предотвращают воздействия на людей опасных и вредных аэрозолей, газов и паров, попавших в окружающую среду при разрушении оборудования и коммуникаций объектов, а также снижают нежелательные эффекты действия на человека светового, теплового и ионизирующего излучений. Используют:

а) для защиты органов дыхания – общевойсковые, гражданские и промышленные противогазы (рис. 4.1), респираторы (рис. 4.2), в том числе и производственные респираторы, противопыльные тканевые маски и повязки; б) для защиты кожи – общевойсковые защитные комплекты (рис. 4.3), различные защитные костюмы промышленного изготовления и простейшие средства защиты кожи (производственная и повседневная одежда, при необходимости пропитанная специальными растворами).



Рис. 4.1. Противогаз ГП-5

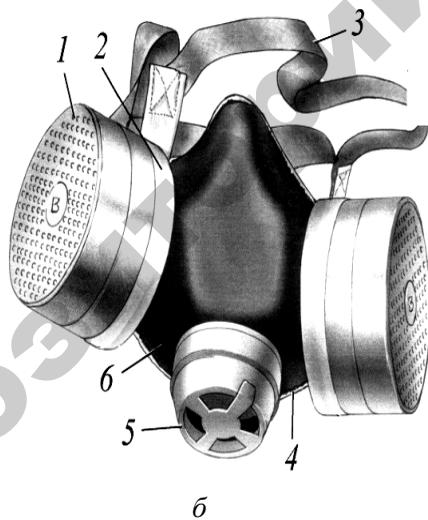
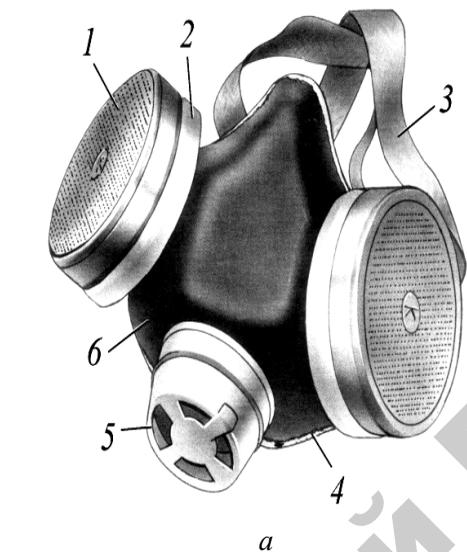


Рис. 4.2. Респираторы РППГ-67 (а), РУ-60М (б):

1 – поглощающие патроны; 2 – пластмассовые манжеты с клапанами вдоха;
 3 – оголовье; 4 – obturator; 5 – клапан выдоха с предохранительным экраном; 6 – резиновая полумаска



Рис. 4.3. Защита кожи общевойсковым защитным комплектом

Подбор лицевой части противогазов ГП-5 (ГП-5М) осуществляется на основе измерений вертикального (табл. 4.1) обхвата головы сантиметровой лентой, округляя значения до 5 мм. При отсутствии противогаза или респиратора пользуются простейшими средствами защиты органов дыхания (СИЗОД) – ватно-марлевой повязкой и противопыльной тканевой маской. Они надежно защищают органы дыхания человека (а противопыльная тканевая маска – кожу лица и глаза) от радиоактивной пыли, вредных аэрозолей, бактериальных средств. От отравляющих веществ и многих АХОВ они не защищают.

Выбор роста лицевой части противогазов ГП-5 и ГП-5М

Лицевая часть	Рост лицевой части в соответствии с вертикальным охватом головы, см				
	0	1	2	3	4
ШМ-62У (ГП-5)	До 63	63,5–65,5	66–68	68,5–70,5	71 и более
ШМ-66МУ (ГП-5М)	До 63	63,5–65,5	66–68	68,5 и более	

Ватно-марлевая повязка изготавливается из куска марли размером 100×50 см, на середине которой кладется слой ваты толщиной 1–2 см.

Комплекс аварийно-спасательных работ обеспечивает поиск и удаление людей за пределы зон действия опасных и вредных для их жизни и здоровья факторов, оказание неотложной медицинской помощи пострадавшим и их эвакуацию в лечебные учреждения, создание для спасенных необходимых условий физиологически нормального существования человеческого организма. Они обеспечивают блокирование, локализацию или нейтрализацию источников опасности, снижение интенсивности, ограничение распространения и устранение действия на людей поражающих факторов в зоне бедствия, аварии или катастрофы до уровней, позволяющих эффективно применить другие мероприятия.

Основными *комплексными* способами защиты населения являются: а) организационные; б) укрытие населения в защитных сооружениях; в) эвакуация населения; г) инженерная защита населения; д) использование индивидуальных средств защиты; е) проведение радиационных, химических и медико-биологических мероприятий защиты.

Временное отселение населения – комплекс мероприятий по осуществлению организованного перемещения населения из зоны ЧС (в военное время – в том числе из зоны возможного поражения) в безопасные районы до окончания воздействия ее опасных

факторов и восстановления соответствующих условий жизнедеятельности. Эвакуационные мероприятия проводят в целях снижения вероятных потерь населения, сохранения материальных и историко-культурных ценностей в случае опасности их уничтожения или повреждения при угрозе и возникновении ЧС в мирное и военное время исходя из принципа необходимой достаточности и максимально возможного использования имеющихся собственных сил и средств на основании планов временного отселения населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы, являющихся составной частью планов ГО и планов защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера соответствующих административно-территориальных единиц, утверждаемых в соответствии с законодательством.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – изделия, предназначенные для защиты кожи и органов дыхания от воздействия отравляющих веществ и/или вредных примесей в воздухе. Классификация средств индивидуальной защиты устанавливается ГОСТ 12.4.011-89, где в зависимости от назначения они подразделяются на 11 классов, которые, в свою очередь, в зависимости от конструкции подразделяются на типы: одежда специальная защитная (тулупы, пальто, полупальто, накидки, халаты и т.д.); средства защиты рук (рукавицы, перчатки, наплечники, нарукавники и т.д.); средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т.д.); средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т.д.); средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т.д.); средства защиты органов дыхания (противогазы, респираторы, СИЗОД, самоспасатели и т.д.); костюмы изолирующие (пневмокостюмы, скафандры и т.д.); средства защиты органов слуха (затычки, защитные наушники, беруши и т.д.); средства защиты от падения с высоты (страховочные привязи, стропы с амортизатором и без, анкерные линии, блокирующие устройства и др.); средства защиты кожных покровов (СИЗК); средства защиты комплексные.

По назначению СИЗ подразделяют на общевойсковые и специальные. Общевойсковые СИЗ предназначены для использования личным составом всех или нескольких видов вооруженных сил

и родов войск. Специальные СИЗ предназначены для использования военнослужащими определенных специальностей или для выполнения специальных работ.

По принципу защитного действия СИЗОД и СИЗК подразделяются на фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие СИЗК представляют собой одежду из материала, который пропитывается специальным техническим составом для нейтрализации или адсорбции паров АХОВ).

Средства защиты органов дыхания: СИЗОД фильтрующего действия – это противогазы и респираторы. Они находят широкое применение как наиболее доступные, простые и надежные в эксплуатации. В соответствии с ГОСТ фильтрующие СИЗОД обозначаются буквой Ф.

СИЗОД изолирующего типа способны обеспечивать органы дыхания человека необходимым количеством свежего воздуха независимо от состава окружающей атмосферы. К ним относят: автономные дыхательные аппараты, обеспечивающие органы дыхания человека дыхательной смесью из баллонов со сжатым воздухом или сжатым кислородом, либо за счет регенерации кислорода с помощью кислород содержащих продуктов; шланговые дыхательные аппараты, с помощью которых чистый воздух подается к органам дыхания по шлангу от воздуходувок или компрессорных магистралей.

Запасы СИЗ, накапливаемые местными исполнительными и распорядительными органами для обеспечения населения, проживающего в возможных зонах загрязнения (заражения), в целях своевременной выдачи могут храниться как на стационарных, так и мобильных складах контейнерного типа.

Предоставление населению СИЗ может осуществляться путем их плановой выдачи или выдачи в оперативном порядке.

К *медицинским средствам индивидуальной защиты* личного состава невоенизированных формирований и населения относятся: аптечка индивидуальная, индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8), индивидуальный перевязочный пакет. Выдача их производится в период угрозы нападения противника на пункте выдачи средств индивидуальной защиты. При получении медицинских средств индивидуальной защиты каждый обязан прове-

рить комплектность аптечки и изучить правила пользования ею по инструкции. Не рекомендуется открывать без надобности аптечку, переключивать и вскрывать пеналы с таблетками. Нельзя нарушать герметичность упаковки противохимического и перевязочного пакетов.

Аптечка индивидуальная предназначена для оказания самопомощи и взаимопомощи при ранениях, переломах и ожогах (для снятия боли) и предупреждения или ослабления поражения фосфорорганическими ОВ, бактериальными средствами и радиоактивными веществами. Аптечка представляет собой футляр из пластика размером 90×100×20 мм, массой 130 г, в который вложены пластмассовые тюбики и пеналы с препаратами. Препараты вложены в семь гнезд: шприц-тюбик с противоболевым средством (промедолом); применяется при ранениях, переломах и ожогах как противоболевое средство; инъекция внутримышечная; средство для предупреждения отравления фосфорорганическими ОВ (тарен) (находится в круглом красном пенале; 6 таблеток). Принимают его по сигналу «Химическая тревога» – одну таблетку. Затем сразу же надевают противогаз. При появлении и нарастании признаков отравления следует принять еще одну таблетку. Повторно принимать препарат рекомендуется не ранее чем через 5–6 часов; противобактериальное средство № 2 (сульфадиметоксин) находится в большом круглом пенале без окраски (14 таблеток). Использовать его следует при желудочно-кишечном расстройстве, возникающем после облучения. В первые сутки принимают 7 таблеток (в один прием), а в последующие двое суток – по 4 таблетки; радиозащитное средство № 1 (цистамин) находится в двух восьмигранных пеналах по 6 таблеток в каждом. Этот препарат принимают по сигналу «Радиационная опасность»: 6 таблеток в течение 30–40 минут, запивая водой. При новой угрозе облучения, но не ранее 4–5 часов после первого приема, рекомендуется принять еще 6 таблеток; противобактериальное средство № 1 (хлортетрациклин) находится в двух одинаковых четырехгранных пеналах без окраски по 5 таблеток в каждом. Принимать его следует в случае применения противником бактериальных средств, при инфекционном заболевании, а также при ранениях и ожогах. Сначала принимают содержимое одного пенала (сразу 5 таблеток), а затем через 6 часов

принимают содержимое другого пенала (также 5 таблеток); радио-защитное средство № 2 (йодистый калий) находится в четырех-гранном пенале белого цвета. В пенале 10 таблеток. Принимать его следует по одной таблетке ежедневно в течение 10 дней после выпадения радиоактивных осадков при употреблении в пищу загрязненного молока (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Индивидуальная аптечка АИ-2

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-8 предназначен для обеззараживания капельно-жидких ОВ, попавших на открытые участки тела, одежду, обувь и индивидуальные средства защиты. Пакет состоит из стеклянного флакона с дегазирующим раствором и четырех ватно-марлевых тампонов. Важно бережно хранить пакет, чтобы не повредить стеклянный флакон с жидкостью. Когда необходимо, тампоны смачивают жидкостью из флакона и протирают зараженные участки. В первую очередь обеззараживаются открытые участки кожи, а затем края воротника и манжет, средства индивидуальной защиты и снаряжение. Жидкость пакета ядовита: она не должна попасть в глаза. Если при обработке жидкостью появляется жжение, то нет необходимости волноваться: оно быстро исчезнет и не повлияет на самочувствие (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Индивидуальный противохимический пакет

Индивидуальный перевязочный пакет состоит из бинта шириной 10 см и длиной 7 м и двух ватно-марлевых подушечек размером 17,5×32 см. Одна из подушечек пришита около начала бинта неподвижно, а другую можно передвигать по бинту для удобства наложения повязки. Свернутые подушечки и бинт завернуты в вошеную бумагу и вложены в герметичный чехол из прорезиненной ткани, целлофана или пергаментной бумаги (рис. 4.6).

В пакете имеется булавка, на чехле указаны правила пользования пакетом. При вскрытии пакета нельзя нарушать стерильность поверхности подушечки, которой она прикладывается к ране или месту ожога. Руками можно трогать только поверхность подушечки, прошитую цветными нитками.

Медицинская аптечка. В повседневной жизни, а тем более в чрезвычайных ситуациях, всегда появляются травмированные: у одних – раны, переломы конечностей, ожоги; у других – открылись кровотечения, возникли сердечные, головные, желудочные боли, простудные и иные заболевания. Для их лечения необходима домашняя аптечка. Домашняя аптечка должна содержать хотя бы минимум медицинских средств, необходимых для оказания первой медицинской помощи.

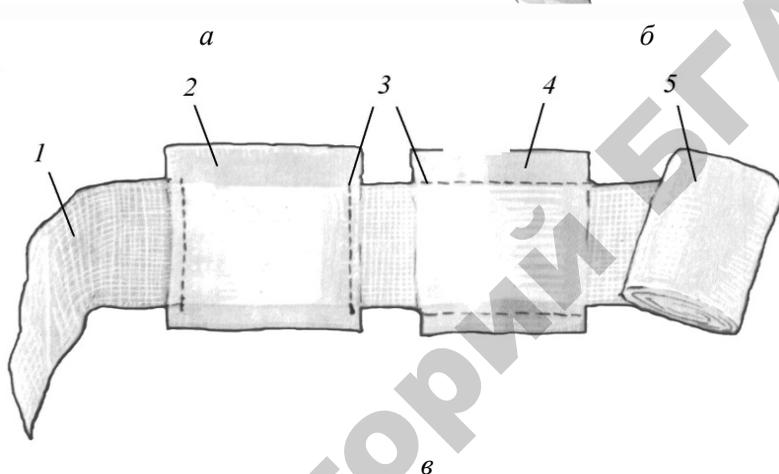


Рис. 4.6. Пакет перевязочный индивидуальный:

а – вскрытие наружного чехла по надрезу; *б* – извлечение внутренней упаковки;
в – перевязочный материал в развернутом виде (*1* – конец бинта; *2* – подушечка неподвижная; *3* – цветные нитки; *4* – подушечка подвижная; *5* – бинт)

В производственных подразделениях должны быть медицинские аптечки, укомплектованные согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 4 декабря 2014 г. № 80 «Об установлении перечней аптечек первой помощи, аптечек скорой медицинской помощи, вложений, входящих в эти аптечки, и определении порядка их комплектации».

Ликвидация ЧС и их последствий силами ГСЧС и ГО. Ликвидация ЧС включает проведение в зоне ЧС и в прилегающих к ней районах силами и средствами ликвидации ЧС всех видов разведки

и неотложных работ, а также организацию жизнеобеспечения пострадавшего населения и личного состава этих сил. При возникновении ЧС ГСЧС вводят в действие планы: защиты населения и территорий от ЧС областей (районов), городов, республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, и планы предупреждения и ликвидации ЧС в полном объеме; выдвижения оперативных групп в район ЧС; организации ликвидации ЧС; определения границ зоны ЧС; организации работ по обеспечению устойчивого функционирования в ЧС отраслей экономики и организаций, полному жизнеобеспечению пострадавшего населения; непрерывного ведения мониторинга ЧС, прогнозирования развития ЧС, ее масштабов и последствий. Проводятся: оценка масштабов ЧС ситуации и прогнозирование развития обстановки; подготовка предложений по уточнению решений по локализации и ликвидации ЧС из числа ранее разработанных, их корректировке в соответствии со складывающейся обстановкой, использованию сил и средств, финансовых, продовольственных, медицинских и других ресурсов, а также материальных ценностей государственного материального резерва, распределению материальных и финансовых средств, поступающих в виде помощи от организаций и граждан, в том числе иностранных; координация и контроль за деятельностью отраслевых и территориальных подсистем ГСЧС в районе ЧС по эвакуации населения, оказанию пострадавшим необходимой помощи и осуществлению других неотложных мер; непосредственное руководство при необходимости работами по ликвидации ЧС во взаимодействии с комиссиями и органами управления по ЧС территориальных и отраслевых подсистем ГСЧС.

Спасательные и другие неотложные работы (СиДНР) в ЧС мирного и военного времени, в очагах массового поражения являются одной из главнейших задач ГО. Условно АС и ДНР можно разделить на спасательные и неотложные работы. Считается, что неотложные работы необходимы для спасения людей и оказания медицинской помощи пострадавшим, ликвидации аварий. Порядок организации работ, их виды, объем, приемы и способы проведения зависят от обстановки, сложившейся после аварии, степени повре-

ждения или разрушения зданий и сооружений, технологического оборудования и агрегатов, характера повреждений на коммунально-энергетических сетях и пожаров, особенностей застройки территории объекта, жилого сектора и других условий.

Специфика спасательных работ состоит в том, что они должны выполняться в сжатые сроки. Для конкретных условий они определяются различными обстоятельствами. В одном случае – это спасение людей, оказавшихся под обломками конструкций зданий, среди поврежденного технологического оборудования, в заваленных подвалах. В другом – это необходимость ограничить развитие аварии, чтобы предупредить возможное наступление катастрофических последствий, возникновение новых очагов пожаров, взрывов, разрушений. В третьем – быстрое восстановление нарушенных коммунально-энергетических сетей (электричество, газ, тепло, канализация, водопровод).

СиДНР включают в себя: ведение разведки маршрутов выдвижения формирований и участков (объектов) работ; локализацию и тушение пожаров на участках (объектах) работ и путях выдвижения к ним; розыск пораженных, извлечение их из поврежденных и горящих зданий, завалов, загазованных, затопленных и задымленных помещений; вскрытие разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений и спасение находящихся в них людей; подачу воздуха в заваленные защитные сооружения; оказание первой медицинской и первой врачебной помощи пораженным и эвакуация их в лечебные учреждения; вывод (вывоз) населения из опасных мест в безопасные районы; санитарную обработку людей и обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, продовольствия, воды.

В основу организации аварийно-спасательных работ положен: дифференцированный подход в зависимости от обстановки. При этом учитываются система лечебно-эвакуационного обеспечения, оказываемая непосредственно в зоне бедствия, а также специализированная помощь и стационарное лечение за пределами района аварии (в лечебных учреждениях). Для эвакуации пострадавших установлены определенные правила. В первую очередь на транспорт грузят тяжело пораженных, а затем пораженных средней тяжести, которые могут ехать сидя, последними – легко поражен-

ных. Основное требование к организации *доврачебной* помощи – оказывать ее максимальному числу пострадавших в минимально короткие сроки и осуществить их эвакуацию в лечебные учреждения.

Работа в зоне разрушений. При возникновении производственной аварии немедленно проводится оповещение рабочих и служащих предприятия об опасности. Если на предприятии во время аварии произошла утечка (выброс) сильнодействующих ядовитых веществ, то оповещается также и население, проживающее в непосредственной близости от объекта и в направлениях возможного распространения ядовитых газов.

Запрещается без надобности заходить в разрушенные дома, передвигаться по завалам, оставаться вблизи зданий, угрожающих обрушением. Во время осмотра внутренних помещений нельзя пользоваться открытым огнем. Если чувствуется запах газа, то надо немедленно открыть все окна и двери и сообщить об утечке газа руководителю работ. Последовательность, приемы и способы выполнения АСиДНР зависят от характера разрушений зданий и сооружений, аварий коммунальных, энергетических и технологических сетей, степени радиоактивного и химического загрязнения территории объекта АПК, пожаров и других условий, влияющих на действия формирований.

В первую очередь проводят работы по устройству проездов и проходов к разрушенным защитным сооружениям, поврежденным и разрушенным зданиям, где могут находиться люди, а также в местах аварий, препятствующих или затрудняющих проведение спасательных работ. Проезды устраиваются шириной 3–3,5 м для одностороннего и 6–6,5 м для двустороннего движения. При этом при одностороннем движении через каждые 150–200 м делаются разъезды протяженностью 15–20 м. Для устройства проездов (проходов) используются формирования механизации, имеющие автокраны и бульдозеры. Приданные противопожарные формирования выдвигаются к участкам (объектам) работ одновременно с ними и приступают к локализации и тушению пожаров там, где находятся люди (у входов в защитные сооружения, на направлениях ввода формирований, на путях эвакуации пораженных).

Спасением людей, оказавшихся в разрушенных и заваленных убежищах, из-под завалов, поврежденных и горящих зданий, занимаются, как правило, воинские части и формирования ГО. Но к этой работе привлекается также и все трудоспособное население (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Работы в зоне разрушения

Поиск и спасение людей начинают сразу после ввода спасательных групп на участок (объект) работ по данным разведки. Личный состав формирований разыскивает убежища и укрытия, устанавливает связь с укрывающимися в защитных сооружениях, используя сохранившиеся средства связи, воздухозаборные отверстия, а также путем перестукивания через двери, стены, трубы водоснабжения и отопления. В первую очередь в убежище подается воздух, для чего расчищают воздухозаборные оголовки, а при необходимости проделывают отверстие в стене или перекрытии защитных сооружений ГО (ЗСГО) для подачи воздуха компрессорной станцией. При вскрытии убежища используют различные способы в зависимости от его конструкции и характера завала: разборку завала над основным входом с последующим открыванием двери или вырезкой в ней отверстия; откапывание оголовка или люка аварийного выхода; устройство проемов в стенах

убежища из подземной галереи; пробивка проема в стене убежища из соседнего примыкающего к нему помещения; разборка завала над перекрытием убежища с последующей пробивкой в нем проема для вывода людей и др.

При *поиске людей в очаге поражения* обследуют различные подвальные помещения (не приспособленные для укрытия), дорожные сооружения (трубы, кюветы), наружные оконные и лестничные проемы, околостенные пространства нижних этажей зданий. Разыскивать людей рекомендуется путем оклика.

При *разборке завала* надо действовать осторожно, стараясь освободить голову и грудь пострадавшего. Вынос пораженных людей через устроенный проход может осуществляться различными способами: на руках, плащах, брезенте, пленке, одеяле, волоком, с помощью носилок и др. Людям оказывают первую медицинскую помощь и сосредотачивают в безопасных районах.

Основной способ локализации аварий и повреждений на коммунально-энергетических и технологических сетях – отключение разрушенных участков и стояков в зданиях (используя задвижки в сохранившихся смотровых колодцах и запорные вентили в подвалах).

При восстановлении водоснабжения для целей тушения пожаров используют запасные и водонапорные резервуары, восстанавливают насосные станции и скважины.

При повреждении системы теплоснабжения внутри зданий и угрозе поражения людей горячей водой, паром или горячим воздухом отключают ее от внешней сети задвижками на вводах в здание или производят ремонт или замену трубопроводов.

Устранение аварий на газовых сетях осуществляют отключением отдельных участков на газораспределительных и газгольдерных станциях, а также с помощью запорных устройств и специальных клиновых задвижек или гидрозатворов (за пределами зданий). Газовые трубы (срезы или разрывы) низкого давления заделывают пробками и обмазывают сырой глиной или обматывают листовой резиной. Трещины на трубах обматывают плотным (брезентовым) бинтом или листовой резиной с накладкой хомутов. При воспламенении газа снижается его давление в сети и пламя гасится песком, землей и глиной. Все работы по устранению газовых аварий

проводят в изолирующих противогазах и с использованием взрывобезопасных ламп.

Аварии на электросетях устраняют только после их обесточивания (отключением рубильников на вводах в здания, разъединением предохранителей, перерезанием проводов подводящей сети). При ведении электроработ участков сети заземляют с двух сторон.

Аварии на канализационных сетях устраняют отключением поврежденных участков и отводом сточных вод.

Неотложные работы в случае разрушения технологических трубопроводов производят с целью предотвращения взрывов и пожаров (путем отключения насосов, поддерживающих давление, перекрытия трубопроводов).

При выполнении аварийно-спасательных работ в условиях пожара необходимо иметь навыки использования подручных средств тушения пожаров, в том числе воды, песка или земли, огнетушителей и т.д. Воду нельзя использовать для тушения веществ, вступающих с ней в бурную химическую реакцию (металлический натрий, калий, магний, карбид кальция и т.д.), а также не обесточенных проводов и электроприборов. Сырой песок обладает токопроводящими свойствами, поэтому его нельзя использовать при тушении предметов, находящихся под напряжением. Пенные огнетушители предназначены для ликвидации загорания различных материалов и веществ, в том числе и легко воспламеняющихся жидкостей, однако ими нельзя тушить электроустановки и провода, находящиеся под напряжением, а также щелочные материалы. Углекислотные огнетушители используются для тушения любых загораний, в том числе при воспламенении электросетей и установок, находящихся под напряжением не более 380 В. При выполнении аварийно-спасательных работ в зоне пожара, в непригодной для дыхания среде, спасатели должны применять изолирующие противогазы. В помещениях (на участках), где применяются или могут выделяться (при тушении пожаров или ликвидации аварий) аварийные химически опасные вещества, работа осуществляется только в специальных защитных комплектах типа К-1, изолирующих (фильтрующих, применяемых для рабочих и служащих данного объекта) противогазах и специальной резиновой обуви. Для снижения концентрации паров газов

необходимо орошать объемы помещений (участков) распыленной водой. Защита спасателей и техники, работающих на участках сильной тепловой радиации, обеспечивается водяными завесами (экранами), создаваемыми с помощью распылителей турбинного (НРТ) или веерного (РВ-12) типа, а индивидуальная – стволами-распылителями. Не допускается использование для работ непосредственно у зоны пожара (на позициях ствольщиков) и в задымленных помещениях спасателей, прибывших к месту пожара без боевой одежды и снаряжения. При тушении пожара (ликвидации аварий и т.д.) каждый работающий обязан следить за изменением обстановки, поведением строительных конструкций, состоянием технологического оборудования. В случае возникновения опасности немедленно предупредить всех работающих на опасном участке. Запрещается при тушении пожара использовать грузовые и пассажирские лифты. В необходимых случаях и при непосредственном контроле со стороны администрации принимаются меры к прекращению истечения газов и паров (закрывать задвижки на питающих линиях, пустить газ на факел и т.д.) и обеспечивается охлаждение производственного оборудования и конструкций здания (сооружения), расположенного в зоне воздействия пламени. Лица, принимающие участие в тушении пожаров, обязаны знать виды и типы веществ и материалов, при тушении которых опасно применять воду или другие огнетушащие средства. При работе на высоте следует применять страхующие приспособления, исключающие возможность падения.

При аварийно-спасательных работах и тушении пожара на складе ядохимикатов (химреактивов, минеральных удобрений) руководитель тушения пожара обязан выяснить у администрации объекта характер хранящихся веществ (материалов) и места (секции) их хранения, наметить мероприятия по обеспечению безопасности людей, привлекаемых к работе на пожаре. При этом: все спасатели должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения; приближаться к месту пожара необходимо с наветренной стороны. В целях безопасного ведения работ по тушению пожаров на объекте, пользующем (хранящем) радиоактивные вещества, руководитель пожарной службы обязан совместно с администрацией этого

объекта заранее разработать инструкцию о порядке организации ведения работ по тушению пожара в зданиях и помещениях, имеющих радиоактивные вещества.

При тушении пожара на объекте, где используются радиоактивные вещества, обеспечение спасателей средствами защиты от излучения, приборами дозиметрического контроля, средствами индивидуальной санитарной обработки людей и дезактивации техники возлагается на администрацию объекта. АСДНР в зоне радиоактивного загрязнения – это первоочередные работы по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне радиоактивного заражения, локализации и подавлению или доведению до минимума уровня радиоактивного заражения (рис. 4.8). Проводят ликвидацию (локализацию) радиоактивного загрязнения и снижение (прекращение) миграции первичного загрязнения. Обеспечение безопасности населения и сил, используемых при проведении АСДНР: разведка территории; поиск и спасение пострадавших; оказание пострадавшим первой медицинской помощи; эвакуация пораженных из зоны радиоактивного загрязнения; сбор, транспортирование и захоронение радиоактивных отходов; дезактивация техники, зданий, промышленных объектов, одежды, людей и т.д.



Рис. 4.8. Зона радиоактивного загрязнения

Разборку завала, образовавшегося в результате разрушения ядерного реактора АЭС, выполняют с применением инженерной машины разграждения (ИМР), имеющей коэффициент ослабления радиоактивных излучений не менее 2000. При этом выполняются

следующие операции: разборка завала инженерной машиной разграждения с одновременной загрузкой радиоактивно загрязненных элементов завала в металлические контейнеры; загрузка металлических контейнеров в автосамосвал; транспортировка контейнеров в район захоронения (к могильнику).

Для захоронения радиоактивных материалов (обломков) и грунта возводятся специальные могильники, как правило, котлованного типа, полностью или частично заглубленные в грунт. При высоком уровне грунтовых вод (1,5–2 м) допускается возведение могильников с возвышающимися стенами, насыпанными из грунта, камня, бетона, бутовой кладки или других материалов, обеспечивающих выполнение требований радиационной безопасности. Могильники могут размещаться в заброшенных штольнях горных выработок, карьерах, находящихся в пределах опасной (санитарной) зоны на удалении 3–10 км от промплощадки радиационно опасного объекта.

Для засыпки котлована, заполненного радиоактивными материалами и грунтом до установленной отметки, используется грунт, ранее вынутый из котлована. Толщина засыпки принимается по проекту, но не менее 1 м. После уплотнения грунта и планировки насыпи, с целью придания ей уклона для стока дождевых и талых вод, поверхность могильника засыпается чистым растительным грунтом и засеивается травой или производится посадка кустарников. Вокруг могильника отрывается нагорная канавка для отвода поверхностных вод в специальные водосборники или запруды.

Очистка территории и дорог от радиоактивных частиц включает удаление радиоактивных веществ с открытой поверхности земли, дорог, сельскохозяйственных угодий, зданий и сооружений различного назначения. Происходит снижение уровня загрязнения до безопасных значений, установленных нормами для людей, сельскохозяйственных и домашних животных, а также предотвращение образования вторичных радиоактивных загрязнений территории, водоемов и приземного слоя воздуха.

В зависимости от характера источников радиоактивного загрязнения, метеорологических и других условий выпадения радиоактивных веществ, размеры зон загрязнения могут быть локальными и массовыми. Локальные (объектовые) зоны загрязнения возника-

ют при аварийных ситуациях на радиационно-опасных объектах и распространяются, как правило, в пределах территории (площади) объекта. Образование массовых (масштабных) загрязнений связано, в основном, со взрывами ядерных боеприпасов, тепловыми взрывами на реакторах АЭС, хранилищах высокоактивных отходов с выбросом радиоактивных частиц в атмосферу и распространением их по ветру.

При локальных загрязнениях очистка территории предусматривается в пределах всей или большей части зоны загрязнения. При этом остаточные или допустимые загрязнения (мощности доз) не должны превышать фонового уровня. При массовых (масштабных) загрязнениях очищаются отдельные участки местности, на которых предполагается размещение людей, техники, складов продовольствия и материальных ресурсов, посевов сельскохозяйственных культур, а также населенные пункты и лесные массивы с высокими степенями загрязнения и др. объекты.

Спасательные работы в очагах химического поражения включают: ведение химической и медицинской разведки; проведение профилактических мероприятий, само- и взаимопомощи; розыск и выявление пораженных людей, оказание им первой медицинской помощи и эвакуацию в лечебные учреждения; эвакуацию непораженного населения из очагов; санитарную обработку людей, дегазацию одежды и обуви, средств защиты, местности, сооружений, техники и транспорта; выявление загрязненного продовольствия, источников воды и обеззараживание продуктов питания и фуража. Специфические особенности ведения спасательных работ в очагах химического поражения обуславливаются высокой токсичностью АХОВ, скоротечностью развития отравления, ограниченностью срока, в течение которого должна быть оказана первая медицинская помощь пострадавшим.

В связи с этим, эффективность спасательных работ во многом зависит от умелого сочетания мероприятий по само- и взаимопомощи с быстрым оказанием помощи медицинскими работниками и последующей срочной эвакуацией пораженных за границы очага химического поражения.

Само- и взаимопомощь заключаются в выполнении следующего: надевании противогаза на пораженного, введении антидота, обра-

ботке кожи дегазирующим веществом. Все это должно быть проделано немедленно, поскольку введение антидота, как и дегазация АХОВ на коже, эффективны только в первые минуты после появления признаков поражения людей. Эффективность оказываемой в последующем первой медицинской помощи в значительной степени будет зависеть от того, в какой мере пострадавший человек воспользовался средствами защиты в порядке само- и взаимопомощи. Кроме того, специфика процесса и содержания первой медицинской помощи зависит от типа АХОВ.

Своевременное обнаружение химического загрязнения и определение типа АХОВ осуществляется учреждениями сети наблюдения и лабораторного контроля (СНЛК), а также постами радиационного и химического наблюдения.

Для проведения спасательных работ привлекаются подразделения химической защиты воинских частей ГО, специальные отряды (команды, группы) противорадиационной и противохимической защиты объектов экономики, медицинские формирования, а также другие специально подготовленные и оснащенные подразделения и формирования.

Личный состав сил, вводимых в очаг химического поражения, обеспечивается средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, антидотами, индивидуальными противохимическими пакетами. Первыми в очаг поражения для оказания помощи пораженным вводятся медицинские подразделения воинских частей и подразделения медицины катастроф, а также подразделения химической защиты и формирования противорадиационной и противохимической защиты. Основные усилия этих сил направляются на оказание немедленной медицинской помощи пораженным и их эвакуацию на незараженную местность, а также на проведение дегазации территории, сооружений и техники.

4.2. Эвакуация и отселение пострадавших в чрезвычайных ситуациях

В первую очередь эвакуации подлежат лица, находящиеся без средств защиты органов дыхания. Затем эвакуируют людей, имею-

щих противогазы и уже получивших первую медицинскую помощь. В последнюю очередь эвакуируют лиц, укрытых в убежищах с фильтровентиляционными установками. Тяжело пораженных людей эвакуируют в сопровождении медицинского персонала. Не исключено, что при эвакуации в лечебные учреждения значительное число пораженных людей будет нуждаться в экстренной помощи. Поэтому сопровождающий персонал должен иметь необходимые средства для оказания неотложной медицинской помощи в пути следования.

Особенности проведения спасательных работ во вторичных очагах химического поражения заключаются в том, что тип АХОВ, которое может образовать очаг, его поражающие свойства, меры защиты и помощи известны заранее (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Аварийно-спасательные работы в очаге химического поражения

Масштабы поражения также можно рассчитать заблаговременно и предусмотреть объем работ, силы и средства, которые нужно привлечь для ликвидации очага. В ходе спасательных работ во вторичном очаге поражения основные усилия направляются на локализацию источников АХОВ и предотвращение его последующего поступления на местность и в воздух. Локализация, подавление или снижение до минимального уровня воздействия возникших при авариях на химически опасных объектах поражающих факторов осуществляют следующими способами: прекраще-

нием выбросов АХОВ путем перекрытия задвижек с отключением поврежденной части технологического оборудования; постановкой жидкостных завес (водяных или нейтрализующих растворов); обвалованием пролива АХОВ; откачкой (сбором) пролившегося АХОВ в резервные емкости; разбавлением пролива АХОВ водой и нейтрализующими растворами; засыпкой пролива сыпучими твердыми сорбентами; выжиганием пролива и т.д.

Подразделения химической защиты и формирования противорадиационной и противохимической защиты в период проведения спасательных работ в очагах химического поражения дегазируют участки местности и дорог, здания и сооружения, проводят санитарную обработку личного состава воинских частей, рабочих и служащих и населения, обеззараживают их средства защиты и одежду. Для санитарной обработки рабочих и служащих и населения, эвакуируемого из очага химического поражения, и дегазации транспортных средств вблизи маршрутов эвакуации вне очага поражения подразделения химической защиты частей ГО развертывают пункты специальной обработки. Для этой же цели используются санитарные обмывочные пункты и станции обеззараживания транспорта объектов народного хозяйства, находящиеся на незараженной территории. В летнее, теплое время года санитарная обработка населения может проводиться у незараженных открытых водоемов. Санитарная обработка пораженных людей проводится в процессе оказания им медицинской помощи в медицинских учреждениях. Зараженные одежда, средства индивидуальной защиты направляются для дегазации на станции обеззараживания одежды или пункты специальной обработки.

Продукты питания на складах, предприятиях пищевой промышленности, в торговой сети, источники воды, находящиеся на территориях очагов химического поражения, тщательно обследуются, берутся пробы продуктов питания, воды и фуража и направляются в химические лаборатории для анализа и проведения экспертизы. По результатам экспертизы принимается решение о возможности их использования, необходимости дегазации или уничтожения. Продовольствие, подлежащее дегазации (находящееся в бочках, стеклянной таре, плотной укупорке), дегазируется специалистами соответствующих объектов. Проведение контроля продовольствия

и источников воды, находящихся на зараженной местности, возлагается на медицинские учреждения, а фуража – на ветеринарные.

4.3. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объектах производственного и социального назначения

Пожары наносят громадный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения принимаются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера образуют систему обеспечения пожарной безопасности.

Причины пожаров на производственных объектах. Производственные объекты отличаются повышенной пожарной опасностью, так как характеризуется сложностью производственных процессов; наличием значительных количеств ЛВЖ и ГЖ, сжиженных горючих газов, твердых сгораемых материалов; большой оснащенностью электрическими установками и др.

Причины:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- плохая подготовка к ремонту оборудования;
- самовозгорание промасленной ветоши и других материалов.

Источниками воспламенения могут быть: открытый огонь технологических установок, раскаленные или нагретые стенки аппаратов и оборудования, искры электрооборудования, статическое электричество, искры удара и трения деталей машин и оборудования, а также нарушение норм и правил хранения пожароопасных материалов, неосторожное обращение с огнем, использование открытого огня факелов, паяльных ламп, курение в запрещенных местах, невыполнение противопожарных мероприятий по оборудованию пожарного водоснабжения, пожарной сигнализации, обеспечению первичными средствами пожаротушения и др. Как показывает практика, авария даже одного крупного агрегата, сопровождающаяся пожаром и взрывом, например, в химической промышленности они часто сопутствуют один другому, может привести к весьма тяжким последствиям не только для самого производства и людей его обслуживающих, но и для окружающей среды. В этой связи чрезвычайно важно правильно оценить уже на стадии проектирования пожаро- и взрывоопасность технологического процесса, выявить возможные причины аварий, определить опасные факторы и научно обосновать выбор способов и средств пожаро- и взрывопредупреждения и защиты.

Немаловажным фактором в проведении этих работ является знание процессов и условий горения и взрыва, свойств веществ и материалов, применяемых в технологическом процессе, способов и средств защиты от пожара и взрыва. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Организационные мероприятия: предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутриводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж. Технические мероприятия: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Режимные мероприятия – запрещение курения в неустановленных местах, запрещение сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и тому подобное. Эксплуатационные мероприятия – своевременная профилактика, осмотры, ремонты и испытание технологического оборудования.

Для обеспечения противопожарной защиты объекта его руководителю необходимо:

- назначить приказом ответственных за пожарную безопасность подразделений, исправное техническое состояние и эксплуатацию технологического оборудования, вентиляционных и отопительных систем, электроустановок, молниезащитных и заземляющих устройств, средств связи, оповещения, технические средства противопожарной защиты (ТСППЗ) объекта. При этом необходимо руководствоваться ТКП 316-2011 «Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей. Организация и порядок проведения работ», который распространяется на техническое обслуживание юридическими лицами ТСППЗ на объектах;

- предусмотреть в положениях о структурных подразделениях и должностных инструкциях работников объекта обязанности по обеспечению пожарной безопасности;

- организовать разработку инструкций по пожарной безопасности на объекте;

- приказом по объекту создать систему обучения требованиям пожарной безопасности работающих (в том числе временно допускаемых на территорию объекта), организовать обучение работников пожарнотехническому минимуму (ПТМ);

- приказом по объекту создать добровольную пожарную дружину (ДПД), пожарнотехническую комиссию (ПТК) и организовать их работу;

- распределить среди работников объекта обязанности на случай возникновения пожара, загорания; пожароопасных работ, а также контроль за их проведением;

- организовать разработку паспорта пожарной безопасности;

– организовать наличие стендов с информацией о пожарной безопасности и безопасности жизнедеятельности (установка стендов обязательна для объектов, где численность работников превышает 15 человек, либо количество одновременно находящихся на объекте превышает 10 человек). Стенд размещается в местах, обеспечивающих широкую доступность данной информации (например, первый этаж здания, фойе организации или предприятия, при входе в здание объекта и т.д.). Лица, нарушающие или не выполняющие требования ТНПА системы противопожарного нормирования и стандартизации, а также лица, виновные в возникновении пожаров, несут дисциплинарную, материальную, административную и уголовную ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Руководители и должностные лица структурных подразделений объекта обязаны:

– знать пожарную опасность объекта (структурного подразделения) и меры по обеспечению его пожарной безопасности;

– обеспечить содержание в технически исправном состоянии зданий, сооружений, наружных установок, оборудования, инженерных систем, ТСППЗ, первичных средств пожаротушения, средств связи, транспортных средств, эксплуатируемых и применяемых на объекте, осуществлять контроль за их технически исправным состоянием, принимать меры для немедленного устранения выявленных нарушений противопожарных требований, способных привести к пожару;

– принимать при возникновении инцидентов, способных привести к пожару, немедленные меры по обеспечению эвакуации людей, остановке оборудования и другие неотложные меры;

– немедленно сообщать вышестоящему руководителю объекта, руководителям соответствующих структурных подразделений объекта обо всех обнаруженных нарушениях противопожарных требований и неисправностях пожарной техники, ТСППЗ, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией, систем дымоудаления, средств связи, первичных средств пожаротушения и принимать меры по их устранению;

- обеспечить проведение обучения, в том числе по ПТМ, проверку знаний по вопросам пожарной безопасности подчиненных им лиц;
- не допускать к работе подчиненных работников, не прошедших обучение по пожарной безопасности, в том числе по программе ПТМ, проверку знаний по вопросам пожарной безопасности;
- обеспечить соблюдение в подчиненных структурных подразделениях объекта установленного противопожарного режима;
- знать и уметь применять имеющиеся ТСППЗ, обеспечить их исправное содержание, организовать обучение рабочих и служащих порядку применения указанных средств;
- обеспечить подготовку и действие при пожаре ДПД.

В приказе о назначении ответственных также могут быть отражены вопросы о запрещении курения, осмотре и закрытии помещений после окончания работы, пользования электронагревательными приборами и другие мероприятия по усмотрению руководителя.

В соответствии со статьей 14 Закона Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403 XII «О пожарной безопасности» обеспечение пожарной безопасности является обязанностью руководителей организаций и соответствующих должностных лиц, которые должны быть отражены в соответствующих должностных инструкциях. На каждом объекте (кроме индивидуальных жилых домов, принадлежащих гражданам) должны быть разработаны:

- общеобъектовая инструкция о мерах пожарной безопасности;
- инструкции о мерах пожарной безопасности в структурных подразделениях;
- инструкции по эксплуатационному и аварийному режиму работы технологического оборудования;
- инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию систем противопожарного водоснабжения и установок пожарной автоматики;
- инструкция по тушению пожаров в электроустановках;
- инструкция, определяющая действия персонала по обеспечению безопасной эвакуации людей;
- инструкции по безопасному проведению огневых работ;
- порядок действий работников при возникновении пожара и др.

Все сотрудники объекта обязаны ознакомиться с инструкциями во время противопожарных инструктажей и прохождения ПТМ. Инструкции необходимо разместить на видных местах.

Инструкции должны разрабатываться на основе Правил и других ТНПА, содержащих требования пожарной безопасности, исходя из специфики пожарной опасности зданий (сооружений) и помещений, обращающихся в технологическом процессе веществ и материалов, оборудования, а согласовываться и утверждаться в порядке, предусмотренном на объекте.

На основании Правил на объектах могут разрабатываться собственные инструкции с учетом специфики производств и местных условий, которые не должны противоречить и снижать требования Правил. Необходимость разработки таких инструкций определяется руководителем объекта.

Инструкции должны периодически пересматриваться на основании требований, обеспечивающих противопожарное состояние объекта, соответствующих распоряжений вышестоящих органов управления, при введении в действие новых нормативных документов, но не реже одного раза в три года.

Общеобъектовая инструкция о мерах пожарной безопасности утверждается руководителем объекта и должна отражать следующие требования:

- к содержанию территории, в том числе дорог, подъездов к зданиям (сооружениям);
- к содержанию зданий (сооружений) в части обеспечения безопасности людей при пожаре;
- к противопожарному режиму и обязанностям всех работающих на предприятии по его выполнению;
- к субподрядными организациями при выполнении работ на объекте;
- к содержанию водисточников, средств пожаротушения, пожарной сигнализации и связи;
- к порядку вызова пожарных аварийно-спасательных подразделений (аварийно-спасательных служб) и других организационных мероприятий;
- к доступу в помещения и порядку хранения ключей от них.

Инструкции о мерах пожарной безопасности в структурных подразделениях должны включать в себя:

- специальные противопожарные мероприятия для технологических процессов производства, несоблюдение которых может привести к пожару;

- меры пожарной безопасности на технологических установках, емкостных сооружениях и агрегатах при подготовке к пуску их в эксплуатацию и после ремонта;

- порядок и нормы хранения пожароопасных веществ и материалов в цехе, лаборатории, мастерской, на складе;

- режим применения аппаратов с открытым огнем и организацию специально оборудованных участков для проведения огневых работ;

- порядок сбора, хранения и удаления из помещения горючих материалов, порядок содержания бытовых помещений и хранения спецодежды;

- пожаротушения и распределение обязанностей по техническому надзору за ними;

- действия персонала при возникновении пожара, способы вызова пожарных аварийно-спасательных подразделений (аварийно-спасательной службы) и сбора членов ДПП;

- порядок остановки технологического оборудования, отключения вентиляции, эвакуации персонала и материальных ценностей при пожаре;

- порядок осмотра помещений перед их закрытием.

В зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара, а также предусмотрена система (установка) оповещения людей о пожаре.

Руководитель объекта с массовым пребыванием людей (50 человек и более) в дополнение к схематическому плану эвакуации людей при пожаре обязан разработать инструкцию, определяющую действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие должны проводиться практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников.

Для объектов с ночным пребыванием людей (детские сады, школы-интернаты, больницы и т.п.) в инструкции должны предусматриваться два варианта действий: в дневное и в ночное время.

Руководители предприятий, на которых применяются, перерабатываются и хранятся опасные (взрывоопасные) сильнодействующие ядовитые вещества, обязаны сообщать подразделениям пожарной охраны данные о них, необходимые для обеспечения безопасности личного состава, привлекаемого для тушения пожара и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ на этих предприятиях.

Территория предприятий в пределах противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и открытыми складами должна своевременно очищаться от горючих отходов, мусора, тары, опавших листьев, сухой травы и т.п.

Горючие отходы, мусор и т.п. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, штабелями леса, пиломатериалов, других материалов и оборудования не разрешается использовать под складирование материалов, оборудования и тары, для стоянки транспорта и строительства (установки) зданий и сооружений.

Дороги, проезды, подъезды и проходы к зданиям, сооружениям, открытым складам и водоемосточникам, используемые для пожаротушения, подступы к стационарным пожарным лестницам и пожарному инвентарю должны быть всегда свободными, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда.

Для всех производственных и складских помещений должны быть определены категории взрывопожарной и пожарной опасности, а также класс зоны по Правилам устройства электроустановок, которые надлежит обозначать на дверях помещений. Около оборудования, имеющего повышенную пожарную опасность, следует вывешивать стандартные знаки (аншлаги, таблички) безопасности. Одно из условий обеспечения пожаро- и взрывобезопасности любого производственного процесса – ликвидация возможных источников воспламенения.

Пожарная профилактика. Противопожарные разрывы. Для предупреждения распространения пожара с одного здания на дру-

гое между ними устраивают противопожарные разрывы. При определении противопожарных разрывов исходят из того, что наибольшую опасность в отношении возможного воспламенения соседних зданий и сооружений представляет тепловое излучение от очага пожара. Количество принимаемой теплоты соседним с горящим объектом зданием зависит от свойств горючих материалов и температуры пламени, величины излучающей поверхности, площади световых проемов, группы возгораемости ограждающих конструкций, наличия противопожарных преград, взаимного расположения зданий, метеорологических условий и т.д.

Противопожарные преграды. К ним относят стены, перегородки, перекрытия, двери, ворота, люки, тамбур-шлюзы и окна. Противопожарные стены должны быть выполнены из негорючих материалов, иметь предел огнестойкости не менее 2,5 часов и опираться на фундаменты. Противопожарные стены рассчитывают на устойчивость с учетом возможности одностороннего обрушения перекрытий и других конструкций при пожаре.

Противопожарные двери, окна и ворота в противопожарных стенах должны иметь предел огнестойкости не менее 1,2 часа, а противопожарные перекрытия – не менее 1 часа. Такие перекрытия не должны иметь проемов и отверстий, через которые могут проникать продукты горения при пожаре.

Пути эвакуации. При проектировании зданий необходимо предусмотреть безопасную эвакуацию людей на случай возникновения пожара. При возникновении пожара люди должны покинуть здание в течение минимального времени, которое определяется кратчайшим расстоянием от места их нахождения до выхода наружу.

Число эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа зданий определяется расчетом, но должно составлять не менее двух. Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. При этом лифты и другие механические средства транспортирования людей при расчетах не учитывают. Ширина участков путей эвакуации должна быть не менее 1 м, а дверей на путях эвакуации – не менее 0,8 м. Ширина наружных дверей лестничных клеток должна быть не менее ширины марша лестницы, высота прохода на путях эвакуации – не менее 2 м. При проектировании

зданий и сооружений для эвакуации людей должны предусматриваться следующие виды лестничных клеток и лестниц: незадымляемые лестничные клетки (сообщающиеся с наружной воздушной зоной или оборудованные техническими устройствами для подпора воздуха); закрытые клетки с естественным освещением через окна в наружных стенах; закрытые лестничные клетки без естественного освещения; внутренние открытые лестницы (без ограждающих внутренних стен); наружные открытые лестницы. Для зданий с перепадами высот следует предусматривать пожарные лестницы.

5. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

5.1. Явление радиоактивности, виды распада, единицы радиоактивности, радиоактивные ряды

Явление радиоактивности. Радиоактивность – это свойство некоторых нестабильных атомов подвергаться спонтанному (самопроизвольному) распаду и изменению своего нуклонного состава (количество протонов и нейтронов в ядре) и (или) энергетического состояния с образованием новых более стабильных атомов и испусканием ионизирующих излучений с большей или меньшей проникающей способностью.

Радиоактивностью обладают некоторые нестабильные элементы, способные самопроизвольно распадаться или изменять свой нуклонный состав, испуская ионизирующие излучения. Естественная радиоактивность урана была открыта в мае 1896 г. французским ученым физиком Анри Беккерелем. За полгода до него (8 ноября 1895 г.) физик Вюрцбургского (Германия) университета Вильгельм Конрад Рентген открыл антропогенное излучение «катодной трубки» (X-лучи). Оба в последующем стали лауреатами Нобелевской премии.

В 1898 г. ученица Беккереля Мария Складовская-Кюри (в последующем дважды лауреат Нобелевской премии) и ее муж Пьер Кюри обнаружили, что торий также испускает лучи Беккереля, названные

ими «радиоактивностью». Они выделили еще два радиоактивных элемента – полоний и радий. Самопроизвольный распад ядер описывается уравнением

$$m_t = m_0 \cdot (1/2)^{t/T_{1/2}} \quad (5.1)$$

Свойством радиоактивности обладают все элементы таблицы Менделеева тяжелее висмута-83 (^{83}Bi) и два более легких элемента: технеций-43 (^{43}Tc) и прометий-61 (^{61}Pm).

Нестабильность атомов объясняется конкуренцией между притяжением нуклонов ядерными силами и кулоновским отталкиванием протонов. Если ядро содержит значительно больше протонов, чем нейтронов, то нестабильность обуславливается избытком энергии кулоновского взаимодействия. Ядра, содержащие избыток нейтронов над числом протонов, оказываются нестабильными, т.к. масса нейтрона превышает массу протона. Радиоактивность – самое древнее явление в природе. Оно существовало до возникновения Земли. Из имеющихся в природе почти 3 тыс. химических элементов стабильными являются около 300.

В соответствии с планетарной моделью атома, предложенной Э. Резерфордом, ядро атома – центральная положительно заряженная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов, и вращающиеся вокруг ядра электроны. В ядре сосредоточена почти вся масса атома (более 99,95 %). Размеры его составляют 10^{-10} – 10^{-15} м (рис. 5.1).

Число электронов равно числу протонов (атом электронейтрален). Заряд ядра (Z) равен числу протонов ($Z = N_p$). Число положительно заряженных протонов N_p в ядрах атомов определяет *атомное число элемента* (Z) и атомный номер химического элемента в таблице Менделеева (рис. 5.1). Общее число нуклонов в ядре ($N_p + N_n$) определяет массовое число, которое записывают буквой A . Общее название протона и нейтрона – *нуклон*. Нуклид (химический элемент) обозначают в таблице Менделеева символом X и указывают A и Z . Ядра с одним и тем же зарядом, но с разными массовыми числами (одинаковым количеством протонов и разным – нейтронов) называют *изотопами*.

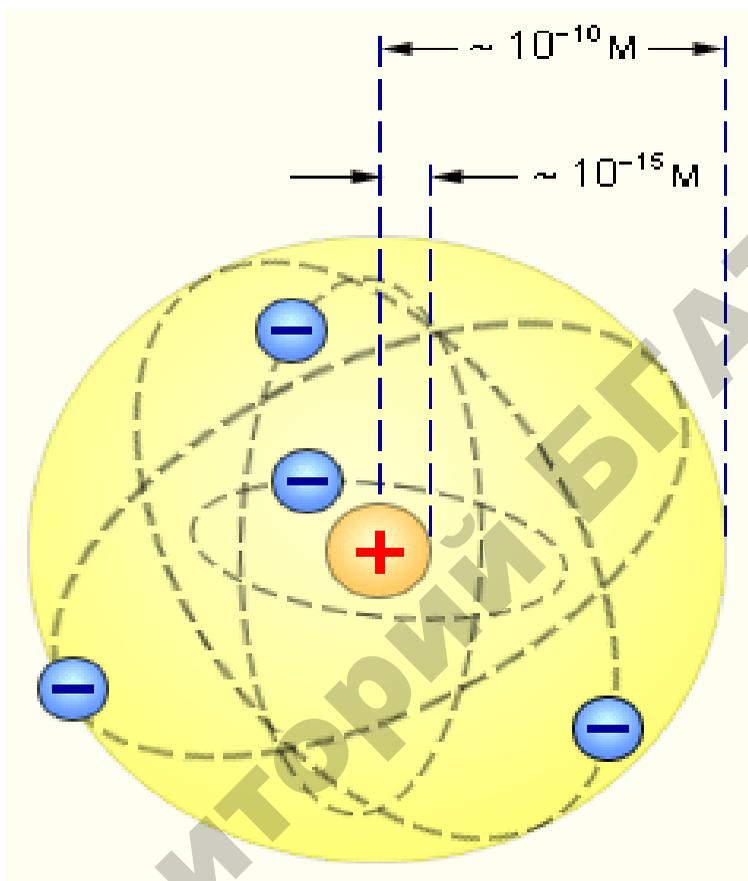


Рис. 5.1. Планетарная модель атома Резерфорда (показаны круговые орбиты четырех электронов)

В строении материи различают пять ступеней: 1) молекула; 2) атом; 3) ядро; 4) протон-нейтрон; 5) кварки, фермионы, бозоны и т.д. (рис. 5.2). *Дефект массы (избыток массы)* – разность между атомной массой изотопа и его массовым числом. Разность суммы дефектных масс продуктов реакции и суммы дефектных масс исходных ядер *равна энергии, выделяемой при экзотермических, или поглощаемой при эндотермических реакциях.*

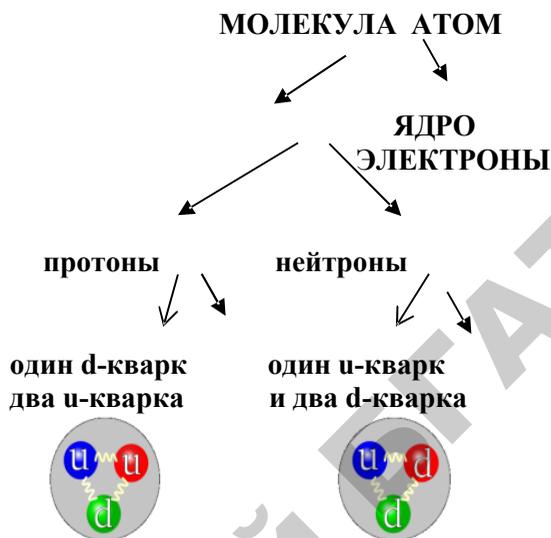


Рис. 5.2. Ступени строения материи

Виды радиоактивного распада объединяют в две группы *радиоактивных превращений*: *элементарные* (одноступенчатые) и *сложные* (двухступенчатые) превращения. *Элементарные превращения* делят на α -распад, все варианты β -распада, γ -излучение, кластерный распад, спонтанное деление тяжелых ядер, протонную, двупротонную и двунейтронную радиоактивности, изомерические переходы, внутреннюю конверсию.

Альфа-распад (α -распад), заключается в самопроизвольном испускании ядром α -частицы (ядра гелия), состоящей из 2 протонов и 2 нейтронов.

Образуется дочерний химический элемент, находящийся в таблице Менделеева на две клеточки слева от материнского – левый сдвиг элемента.

Бета-распадом (β -распад) называют процесс самопроизвольного превращения радиоактивного ядра в изобарное ядро с испусканием электрона или позитрона. Известны три вида β -распада: электронный (β^- -распад), позитронный (β^+ -распад) распады и электронный захват (например, k -захват). В процессе β -распада в ядре атома протон превращается в нейтрон или нейтрон – в протон

с выбросом β -частиц (позитрона или электрона).

Образующиеся дочерние химические элементы находятся в таблице Менделеева на одну клеточку слева (β^+ и k -захват), либо справа (β^-) от материнского – левый, или правый сдвиг элемента, соответственно.

Активность – мера радиоактивности. Определяет количество распадающихся атомных ядер или число актов распада за 1 с:

$$A = dN/dt, \quad (5.2)$$

измеряется в Беккерелях (Бк) – системной единице, либо Кюри (Ки) – внесистемной единице. Один Беккерель составляет приблизительно $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки. 1 Кюри – это величина, равная $3,7 \cdot 10^{10}$ ядерных превращений в секунду (Бк).

Для характеристики уровня загрязнения радионуклидами объектов используют следующие величины:

– удельную активность (A_m ; Бк/кг) – активность (A) 1 кг твердых или сыпучих образцов (m):

$$A_m = \frac{A}{m}; \quad (5.3)$$

– объемную активность (A_v ; Бк/м³, Бк/см³) – активность (A) 1 л или 1 м³ жидких или газообразных образцов (V):

$$A_v = \frac{A}{V}; \quad (5.4)$$

– поверхностную активность (A_s ; Бк/м², Бк/см²) – активность (A) единицы площади поверхности (S):

$$A_s = \frac{A}{S}. \quad (5.5)$$

Закон радиоактивного распада – экспоненциальная зависимость, выражающая долю распавшихся радиоактивных изотопов с течением времени:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (5.6)$$

где N_0 – начальное число атомов для $t = 0$;

N_t – число атомов, оставшихся к моменту t (время в секундах);

e – основание натурального логарифма ($e - 2,718$);

λ – постоянная распада радионуклида.

Период полураспада $T_{1/2}$ – время, за которое число радиоактивных ядер уменьшается в 2 раза. У каждого радионуклида свой период полураспада. Он может составлять как доли секунды, так и миллиарды лет. Период полураспада любого радионуклида постоянен, изменить его невозможно. Пример образования кратных и дольных от единиц с составным наименованием: 1 кДж (килоджоуль)/кг = 10^3 Дж/кг, 1мЗв (миллизиверт) = 10^{-3} Зв, 1 мкЗв (микровиверт) = 10^{-6} Зв (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Название приставки		Обозначение приставки		Коэффициент умножения, соответствующий приставке	Примеры
		русское	международное		
Кратные	пета-	П	P	10^{15}	пентаюри
	тера-	Т	T	10^{12}	терабеккерель
	гига-	Г	G	10^9	гигаюри
	мега-	М	M	10^6	мегагрей
	кило-	к	k	10^3	килобеккерель
	гекто-	г	h	10^2	гектоватт
	дека-	да	da	10^1	декаюри
Дольные	деци-	д	d	10^{-1}	дециметр
	санти-	с	c	10^{-2}	сантиметр
	милл-	м	m	10^{-3}	миллиметр
	микро-	мк	μ	10^{-6}	микроампер
	нано-	н	n	10^{-9}	нанокюри
	пико-	п	p	10^{-12}	пикогрей

Чем больше период полураспада и массовое число радиоактивного элемента, тем большее его количество соответствует одному Кюри (1 Ки). Например, 1 Ки соответствует: 1 мг ^{60}Co ($T_{1/2} = 5$ лет), 1 г ^{226}Ra ($T_{1/2} = 1590$ лет), 16 г ^{239}Pu ($T_{1/2} = 2400$ лет), 570 кг ^{235}U ($T_{1/2} = 880$ млн лет). Его рассчитывают по формуле

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \tau \ln 2 = 0,693 \tau, \quad (5.7)$$

где λ – постоянная распада радионуклида;
 τ – среднее время жизни радиоактивного ядра.

Убывание количества распадающихся ядер радионуклида происходит по экспоненте (рис. 5.4). Поэтому полностью радионуклид не исчезнет никогда.

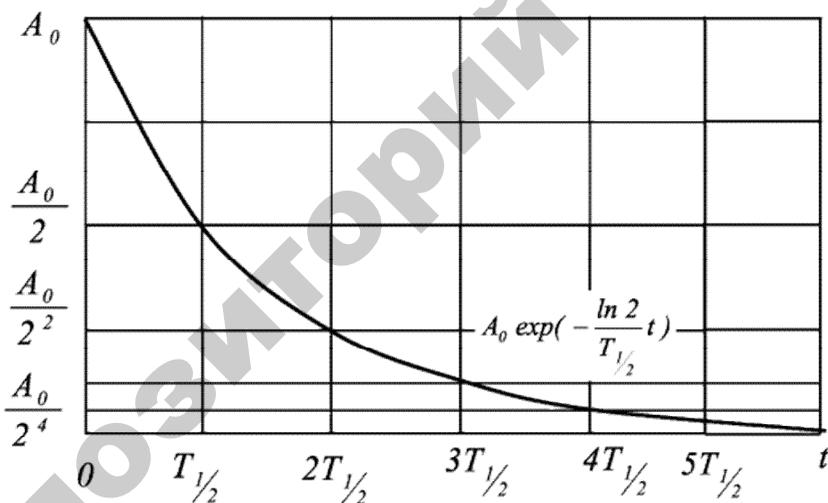


Рис. 5.4. Превращение радионуклидов

Константа (постоянная) распада λ – это вероятность распада ядра в единицу времени $\Delta t = 1$ с. Константа λ характеризует неустойчивость ядер радиоактивного изотопа.

Радиоактивные ряды (семейства) – это цепочки радиоактивных

превращений. Различают три естественных радиоактивных ряда и один искусственный. Естественные ряды: ряд тория ($4n$) – начинается с нуклида Th-232; ряд радия ($4n+2$) – начинается с U-238; ряд актиния ($4n+3$) – начинается с U-235. Искусственный ряд: ряд нептуния ($4n+1$) – начинается с Np-237. После α - и β -радиоактивных превращений ряды заканчиваются образованием стабильных изотопов.

Ионизирующие излучения – это излучения различных видов микрочастиц и физических полей, способных ионизировать вещество (рис. 5.5).

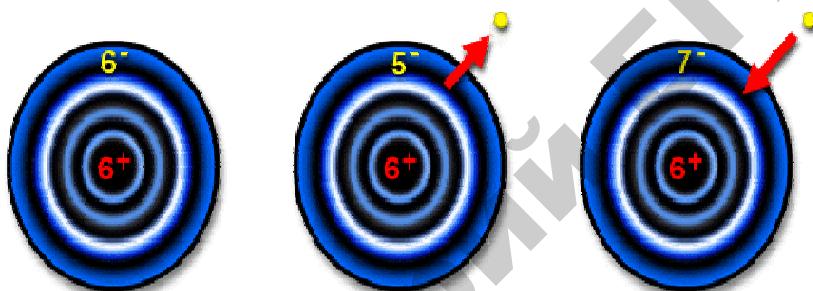


Рис. 5.5. Образование ионов, заряженных положительно и отрицательно

К ним относят коротковолновое электромагнитное излучение (рентгеновское и γ -излучения), потоки заряженных частиц: β -частиц (электронов и позитронов), α -частиц (ядер атома гелия-4), протонов, др. ионов, мюонов, нейтронов и др. Различают природные и антропогенные, фотонные и квантовые, заряженные и незаряженные излучения. В свою очередь заряженные излучения бывают:

– *альфа-излучение* (α -излучение), представляющее собой поток α -частиц с электрическим зарядом +2, испускаемых при радиоактивном распаде элементов тяжелее свинца с номером в таблице Менделеева > 83 (например, урана, тория, радия, плутония), или образующихся в ходе ядерных реакций. α -частицы фактически являются ядрами гелия, состоящими из двух протонов и двух нейтронов (статический электрический заряд равен +2, массовое число – 4). Скорость α -частицы при вылете из ядра – от 12 до

20 тыс. км/с. В вакууме α -частица могла бы обогнуть земной шар по экватору за 2 с. Ионизирующая способность α -излучения в воздухе характеризуется образованием в среднем 30 тыс. пар ионов на 1 см пробега. Длина пробега в воздухе примерно 2,5 см, в воде или в мягких тканях животных и человека – сотые доли миллиметра. α -частиц задерживает обычный лист бумаги (0,1 мм), магнитным полем они отклоняются слабо;

– *бета-излучение* (β -излучение) – *поток отрицательно заряженных электронов или положительно заряженных позитронов* с массой, равной $1/1837$ массы протона, образующихся при β -распаде различных элементов от самых легких (нейтрон) до самых тяжелых (радий-228). Ионизирующая способность электронов или позитронов меньше, чем у α -частицы, и составляет в воздухе 40–150 пар ионов на 1 см пробега. Скорость их движения близка к скорости света (0,999 скорости света, $v = 10^8$ м/с). Проникающая способность β -частиц намного выше, чем у α -излучения. Она характеризуется минимальной толщиной слоя вещества, полностью поглощающего все β -частицы. Например, от потока β -частиц с максимальной энергией 2 МэВ человека полностью защищает слой алюминия толщиной 3,5 мм. В воздухе их пробег достигает 20 м, магнитным полем β -частицы отклоняются сильно;

– *протонное излучение* – поток протонов, составляющих основу космического излучения и ядерных взрывов. Их пробег в воздухе и проникающая способность занимают промежуточное положение между α - и β -излучением.

Незаряженные излучения:

– *гамма-излучение* (γ -излучение) – самое коротковолновое элек-тромагнитное излучение (длина волны 10^{-11} – 10^{-13} м). Имеет внутри-ядерное происхождение. Испускается при переходах дочернего ядра из более возбужденного энергетического состояния в менее возбужденное или основное состояние. Возникает при α - и β -распаде радиоактивных ядер, распаде элементарных частиц (например, покоящегося π^0 -мезона: $\pi \rightarrow \gamma + \gamma$), аннигиляции электронно-позитронных пар ($e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$) и взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом и др. Отдельно от других видов излучения γ -излучение не существует. Распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность

его в воздухе – всего несколько пар ионов на 1 см пути, т.е. значительно меньше, чем у вышеперечисленных видов излучений. А вот проникающая его способность очень велика (в 50–100 раз больше, чем у β -излучения) – в воздухе она составляет сотни и тысячи метров. Большинство γ -квантов проходит через биологическую ткань и только незначительное их количество поглощается телом человека. Поэтому защита от внешнего γ -излучения представляет наибольшие проблемы. Защита осуществляется свинцом (рис. 5.6).

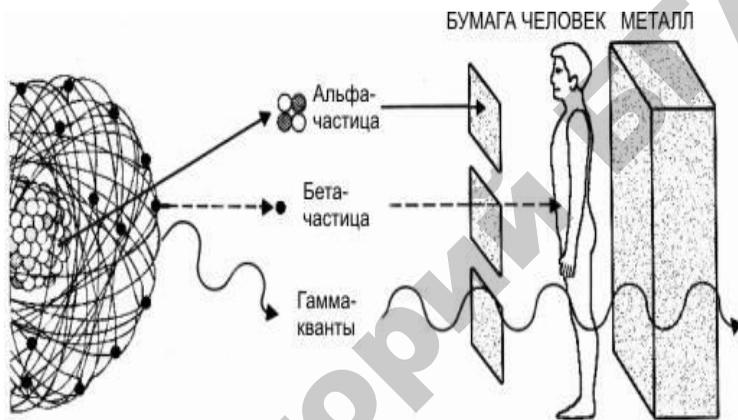


Рис. 5.6. Проникающая способность излучения

Проникая через вещество, γ -излучение в соответствии с законом ослабления радиоактивного излучения ослабевает:

$$I_d = I_0 \exp(-\mu d), \quad (5.8)$$

где I_0 – начальная интенсивность излучения;

I_d – интенсивность излучения после прохождения через вещество толщиной d ;

μ – линейный коэффициент ослабления интенсивности, определяемый свойствами вещества, видом и энергией излучения.

Частицы или γ -кванты, энергия которых достаточно велика, чтобы при воздействии на вещество создавать ионы разных знаков, способны ионизировать вещество при прохождении через него. Такое свойство получило название ионизирующая способность (см. рис. 5.5).

$$M + E_q = M^+ + e^-,$$

где M – атом или молекула;

E_q – энергия кванта или частицы;

M^+ – положительно заряженный ион;

e^- – электрон.

Ионизация среды тем сильнее, чем *больше мощность дозы радиоактивного излучения и длительнее их воздействие*. Ионизирующая и проникающая способности излучений лежат в основе повреждающего действия ионизирующих излучений на живые клетки человека или животного;

– *рентгеновское излучение* подобно γ -излучению, но имеет большую, чем у γ -излучения, длину волны 10^{-8} – 10^{-11} м и меньшую, чем у γ -излучения, энергию. Состоит из *тормозного и (или) характеристического излучения*, генерируемого рентгеновскими трубками, которые сами по себе не радиоактивны, т.е. рентгеновское излучение получается искусственно;

– *нейтронное излучение* – это поток нейтральных частиц, которые не обладают электрическим зарядом и летят со скоростью 20–40 тыс. км/с. *Проникающая способность нейтронов достигает в воздухе несколько километров*. Они не взаимодействуют с электронами и *не вызывают непосредственной ионизации*. Ионизирующая способность нейтронного излучения составляет несколько тысяч пар ионов на 1 см пути.

Радиоактивное загрязнение – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем установленные уровни. Загрязнение продуктов питания, предметов, местности и др. оценивают как поток β -излучения в част./(с·м²). Допускается использовать материалы только при условии низкого уровня

содержания в них радионуклидов. Специального разрешения на использование и последующего радиационного контроля требуют сырье, материалы и изделия: 1) с удельной β -активностью от 0,3 до 100 кБк/кг; 2) с удельной α -активностью от 0,3 до 10 кБк/кг; 3) с содержанием трансурановых радионуклидов от 0,3 до 1,0 кБк/кг; 4) создающие мощность дозы γ -излучения от 0,2 до 1,0 мкГр/ч над фоном (таблица 5.1).

При превышении уровня, соответствующего радиоактивному загрязнению продуктов питания и питьевой воды радионуклидами цезия-137 и стронция-90, указанного в республиканских допустимых уровнях содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания и питьевой воде (РДУ-2001), рекомендуется отказаться от их потребления. Данные оценивают в пересчете на единицу массы вещества (Бк/кг) – *удельной активности*.

Заряженные тяжелые α -частицы, проходя через вещество, взаимодействуют с ним, совершают десятки тысяч соударений (у α -частицы их 10^4 – 10^5), постепенно теряя энергию и создавая *поле ионизирующего излучения*. Взаимодействие с электронами атомных оболочек и кулоновским полем ядер и электронов приводит к ионизации и возбуждению атомов вещества и радиационным потерям частицы. Тормозная способность вещества характеризуется величиной энергии излучения, переданной ему. *Длина пробега (R)* – расстояние, пройденное частицей от места образования до места потери ею избыточной энергии.

Взаимодействие электронов и позитронов (β -излучение) с веществом характеризуется малой массой покоя и относительно большим изменением импульса при каждом столкновении. При прохождении через вещество частицы изменяют направление движения, вызывают возникновение электромагнитного радиационного излучения, а энергия их убывает экспоненциально.

Фотоны γ -излучения взаимодействуют с электронами атомов и с электрическим полем ядра. В зависимости от энергии γ -квантов, различают три основных процесса взаимодействия их с веществом: фотоэлектрический эффект (энергия фотона $E < 0,1$ МэВ и Z более 20), комптоновское (некогерентное) рассеяние (энергия фотона от 0,1 до 5–20 МэВ) и образование электрон-позитронной пары (начинается с энергии 1,022 МэВ).

При облучении γ -лучами в полимерах происходят разрывы связей в главной цепи и боковых группах (деструкция), исчезновение и образование двойных связей различного типа, окисление и выделение газа, возбуждается свечение радиоломинофоров. α -излучение вызывает деструкцию полупроводников в связи со структурными нарушениями вещества при смещениях атомов кристаллических решеток. Облучение нейтронами приводит к увеличению объема металла (радиационное набухание), снижению пластичности металлов и сплавов и росту их хрупкости. При взаимодействии нейтронов с атомами вещества изменяется структура кристаллических веществ и ионизация вещества.

Физические основы защиты от радиационного излучения характеризуются ослаблением излучения, проходящего через вещество.

Ослабление потока излучения веществом определяется толщиной поглотителя, снижающего вдвое количество частиц – *слоем половинного ослабления* (рис. 5.7). Его величину определяют по формуле

$$d_{1/2} = \lg 2 / \mu = 0,693 / \mu, \quad (5.9)$$

где μ – линейный коэффициент ослабления.

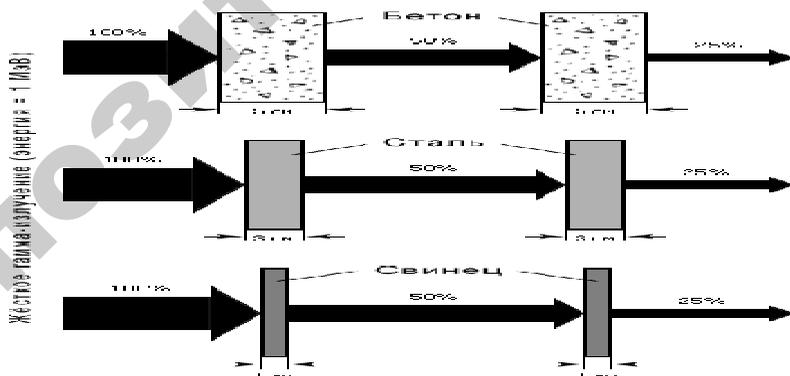


Рис. 5.7. Слой половинного ослабления излучения

Для γ -излучения, проникающего через вещество, характерно ослабление интенсивности излучения.

Используют также *длину релаксации* – толщину l слоя вещества, ослабляющего пучок мононаправленного излучения в e раз:

$$l = \Delta_{1/2}/0,69.$$

Среднее расстояние, проходимое частицей в веществе до взаимодействия, называют *средней длиной свободного пробега*, равное $1/\mu$.

Кратность ослабления (K) – величина, показывающая во сколько раз требуется уменьшить защитой плотность потока излучения или мощность дозы.

Радиоактивные излучения не воспринимаются органами чувств. Они могут быть обнаружены (детектированы) при помощи приспособлений, работа которых основана на физико-химических эффектах, возникающих при взаимодействии излучений с веществом – изменении *электропроводности вещества* (газов, жидкостей, твердых материалов); *люминесценции* (свечение); *засвечивания фотопленок*; *изменения цвета, окраски, прозрачности, сопротивления электрическому току химических растворов* и др. На них основаны методы обнаружения и измерения характеристик радиоактивных излучений: фотографический, сцинтилляционный, химический, ионизационный, биологический и др.

5.2. Влияние излучений на физические свойства материалов

Ионизирующее излучение (ИИ), воздействуя на организм человека, вызывает в нем ионизацию атомов и молекул, поражая жизненно важные органы и системы человека. Последствия облучения зависят от вида радиоактивного вещества, мощности дозы, продолжительности действия, локализации излучения, величины всасывания (накопления), скорости выведения из организма, индивидуальных свойств организма.

Процесс воздействия ИИ на организмы можно подразделить на несколько этапов, занимающих разный временной период: физический (поглощение энергии), физико-химический (возбуждение

атомов или их ионизация), химический (образование свободных радикалов), биомолекулярные повреждения (изменения молекул белков, нуклеиновых кислот), биологические и физиологические изменения в организме (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Схема воздействия ионизирующих излучений на биологическую ткань

Биологические повреждения в организме зависят от взаимодействия ионизирующих излучений с его химическими соединениями. Различают прямое и косвенное действие радиации.

Прямое действие ИИ вызывает ионизацию атомов и молекул, образование ионов, возникновение возбужденных атомов, появление радикалов. Активные молекулы и обломки молекул индуцируют различные химические реакции, повреждая комплексы клеток (ядро, митохондрии и другие органеллы). *Косвенное действие.* Основное химическое соединение в организме человека – это вода, содержание ее составляет 65–75 % от общей массы организма. Образованные под действием ИИ радикалы воды (H^+ , OH^-) и пе-

роксида (H_2O_2) вступают в химические реакции с молекулами белков, липидов и углеводов и приводят к структурным изменениям тканей и клеток.

В результате воздействия ИИ радиационные повреждения возникают на всех уровнях биологической организации организма (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Радиационные повреждения организма

Уровень биологической организации	Радиационные повреждения
Молекулярный	Повреждение ферментов, ДНК, РНК, нарушение обмена веществ
Субклеточный	Повреждение клеточных мембран, ядер, хромосом, митохондрий, лизосом
Клеточный	Остановка деления и гибель клеток, трансформация в злокачественные клетки
Тканевый, органный	Повреждение центральной нервной системы, костного мозга, желудочно-кишечного тракта
Организменный	Смерть или сокращение продолжительности жизни
Популяционный	Изменение генетических характеристик в результате мутаций

Радиочувствительность – это чувствительность организма (или его тканей) к действию ионизирующих излучений.

Радиочувствительность определяют минимальной дозой ионизирующего излучения, которая вызывает кратковременное изменение физиологической реакции организма.

В значительной степени различается видовая радиочувствительность.

Полулетальная доза (LD_{50}), при которой погибает половина облученных особей, составляет:

- растения – от 10 до 1500 Грей (Гр);
- насекомые – от 10 до 100 Гр;
- птицы – от 8 до 20 Гр;
- рыбы – от 8 до 20 Гр;

- млекопитающие – от 2 до 15 Гр;
- человек – от 2,5 до 3,5 Гр.

Радиоустойчивость (радиорезистентность) – устойчивость организма (или его тканей, органов и систем) к действию ионизирующих излучений. Различия в радиочувствительности отмечены не только на уровне целого организма, но и на уровне его тканей, органов, клеток и даже молекул. Установлено, что морфологические изменения в кроветворной ткани выявляются при сравнительно меньших дозах, чем в мышечной или костной. Молодые, быстро размножающиеся клетки более радиочувствительны, чем зрелые.

Различия в тканевой радиочувствительности используются в радиобиологии и позволяют осуществлять лучевую терапию больных злокачественными новообразованиями. Молодые, быстро размножающиеся опухолевые клетки обладают сравнительно высокой радиочувствительностью и поэтому при облучении повреждаются скорее, чем клетки здоровых тканей.

Ткани и органы, обладая различной радиочувствительностью, имеют разные коэффициенты радиационного риска.

Критические органы – это жизненно важные органы и системы, которые в данном диапазоне доз повреждаются первыми, что обуславливает гибель организма в определенные сроки после облучения.

Наиболее уязвимыми являются гонады (яичники и семенники), красный костный мозг и молочные железы у женщин (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Коэффициенты радиационного риска (W)
(при равномерном облучении всего тела)

Ткани или орган	W	Ткани или орган	W
Гонады (половые железы)	0,25	Печень	0,05
Молочные железы	0,15	Пищевод	0,05
Красный костный мозг	0,12	Щитовидная железа	0,05
Толстый кишечник	0,12	Мочевой пузырь	0,05
Легкие	0,12	Кожа	0,01
Желудок	0,12	Поверхность костей	0,01
		Остальные органы	0,05

Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании и организации защиты от ИИ при внешнем и внутреннем облучении.

Различают внешнее и внутреннее облучения.

Внешнее облучение происходит под воздействием источника излучения, находящегося вне организма. При внешнем облучении, которое создается в основном гамма-излучением, рентгеновским излучением и нейтронным излучением, поражающая способность определяется энергией и продолжительностью излучения, расстоянием от источника излучения. Возможно контактное облучение вследствие радиоактивного загрязнения кожных покровов, одежды.

Более подробно остановимся на биологическом действии ИИ на отдельные органы и системы. Органы кроветворения, костный мозг, селезенка, лимфатические железы. Красный костный мозг и другие элементы кроветворной системы наиболее уязвимы при облучении и теряют способность нормально функционировать уже при дозах облучения 0,5–1 Гр. Нарушения кроветворения могут возникнуть на различных этапах клеточного обновления. При нарушении дифференциации клеток наступает лейкоз. *Лейкоз* («рак» крови или белокровие) – это заболевание, характеризующееся избыточным образованием неполноценных клеток крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов).

Половые железы (при дозах 0,15 Гр происходит клеточное опустошение семенников, при облучении в дозах 3,5–6 Гр возникает постоянная стерильность; воздействие однократного облучения в дозе 1–2 Гр на оба яичника вызывает временное бесплодие и прекращение менструаций на 1–3 года. При остром облучении в диапазоне 2,5–6 Гр развивается стойкое бесплодие).

Желудочно-кишечный тракт, печень, органы дыхания (наибольшей радиочувствительностью обладает тонкий кишечник, затем в сторону снижения радиочувствительности располагаются полость рта, язык, слюнные железы, пищевод, желудок, прямая и ободочная кишки, поджелудочная железа, печень). Сердце считается радиоустойчивым органом, однако при локальном облучении в дозах 5–10 Гр отмечаются изменения миокарда, при дозе 20 Гр – поражение эндокарда. Последствия облучения легких проявляются не сразу, ЛД₅₀ при однократном внешнем γ -облучении составляет 8–10 Гр, при дискретном в течение 6–8 недель – 30–50 Гр.

Органы выделения, мышечная и соединительная ткани, хрящи, нервная ткань. Почки выдерживают суммарную дозу около 23 Гр, полученную в течение пяти недель, печень – 40 Гр за месяц, мочевой пузырь – 55 Гр за месяц, а зрелая хрящевая ткань – до 70 Гр.

Органы зрения. Повреждения отдельных участков глаза отмечены при дозах облучения 2 Гр и менее, прогрессирующая катаракта – при дозах около 5 Гр. Дозы от 0,5 до 2 Гр, полученные в течение 10–20 лет, приводят к уплотнению и помутнению хрусталика.

Кости, сухожилия. Наибольшая радиочувствительность скелетной ткани характерна для эмбрионального периода. Чем меньше возраст ребенка, тем сильнее подавляется рост костей. Суммарная доза порядка 10 Гр, полученная в течение нескольких недель при ежедневном облучении, вызывает некоторые аномалии развития скелета. Кости и мозг взрослого человека способны выдерживать гораздо большие дозы. Мышцы обладают высокой радиостойчивостью.

Центральная нервная система человека обладает высокой радиостойчивостью. Клеточная гибель наблюдается при дозах свыше 100 Гр.

Эндокринная система обладает относительной радиостойчивостью. Летальная доза для человека составляет 6–8 Гр.

Внутреннее облучение наблюдается при попадании радиоактивных веществ вовнутрь организма с вдыхаемым воздухом (2–5 %), питьевой водой (5–8 %), загрязненными продуктами питания (90 %), при курении, пользовании косметикой, через кожу или другими путями (например, введение радиоактивных веществ вовнутрь организма при медицинском обследовании). Попадая в организм человека, радионуклиды накапливаются в отдельных органах и тканях в зависимости от типа радиоактивного изотопа.

Поглощенные радионуклиды распределяются в организме неравномерно. В костях преимущественно накапливаются кальций, стронций, барий, радий, плутоний, в печени и легких – плутоний, в мышцах – калий, рубидий, цезий, селезенке и лимфатических узлах (рутений, ниобий, полоний), щитовидной железе – йод (рис. 5.9).

Некоторые радиоактивные вещества накапливаются равномерно во всем организме (третий, углерод, железо, полоний).

Места накопления радионуклидов в организме человека

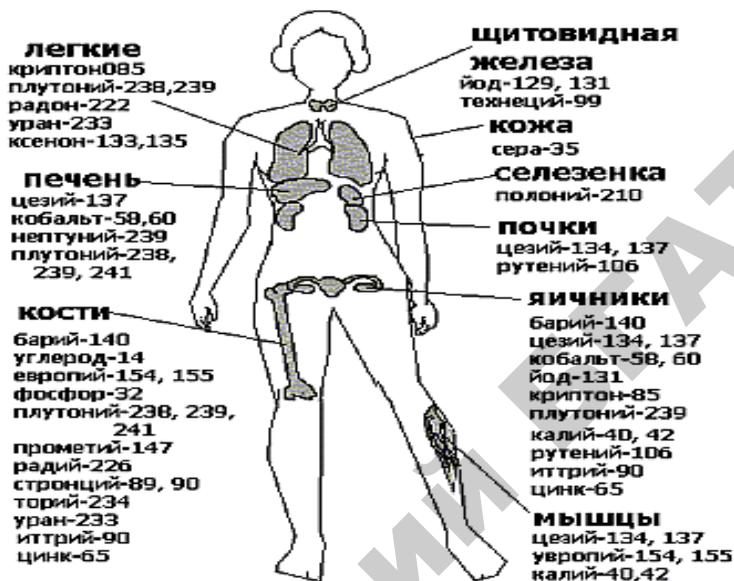


Рис. 5.9. Накопление радионуклидов в организме человека

При внутреннем облучении степень поражения организма зависит не только от количества попавших в организм радионуклидов, от распределения их по органам и системам, но и от времени естественного выведения их из организма.

Биологический период полувыведения – это время, за которое половина радиоактивного вещества выводится из организма за счет обмена веществ.

Эффективный период полувыведения – время, за которое радиоактивное вещество, находящееся в организме, уменьшает в два раза свою активность вследствие радиоактивного распада.

Приведем биологические периоды полувыведения некоторых радионуклидов из организма.

Йод-131. Тридцать процентов этого радионуклида накапливается щитовидной железой, остальные 70 % распределяются равномерно по всему организму. Биологический период его полувыведения

из щитовидной железы составляет 120 суток, из остальных органов организма – 12 суток.

Цезий-137 распределяется в организме почти равномерно, больше накапливается в мышечной ткани. Биологический период его полувыведения – от 40 до 200 суток.

Стронций-90 накапливается в костях, биологический период полувыведения составляет 49,3 года.

Плутоний-238, плутоний-239, америций-241 накапливаются в скелете (45 %), в печени (45 %), 10 % – в остальных органах и тканях. Биологический период полувыведения их из костей – 100 лет, из печени – 40 лет, т.е. попав однажды в организм, они закрепляются в нем практически навсегда.

Выводящими системами из организма являются желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, кожа и почки. Установлено, что при внутреннем облучении относительно активно противостоять радиации могут печень, почки, иммунная и кровеносная системы. Почки являются пассивным фильтром, очищающим кровь от токсинов и продуктов распада. Они регулируют состав жидкостей организма, поддерживают кислотно-щелочной баланс крови, влияющий на чувствительность к радиации, вырабатывают мочу для ускорения вывода ядов из организма, в том числе и радионуклидов. Факторами, перегружающими почки и снижающими эффективность их работы, являются стресс, повышенное содержание мяса в рационе питания, зашлакованность и др. В любом случае нарушение работы почек повышает нагрузку на другие органы выделения. Если шлаки и продукты распада не удаляются с мочой, то они выделяются через поры кожи с потом.

Очищению организма от радионуклидов способствует работа печени, которая в организме является «химической лабораторией». *Работу печени ухудшают повышенное содержание в рационе питания жиров, углеводов, переизбыток и злоупотребление алкоголем, зашлакованность организма.* Улучшают работу печени витамины групп В, С, серосодержащие аминокислоты, периодическая очистка печени от шлаков по специальным методикам.

Снижению негативных последствий облучения способствует иммунная система (селезенка, вилочковая железа (тимус), костный мозг, кровь, лимфоциты), которая защищает человека от вирусов,

бактерий, аллергенов, токсинов и от роста злокачественных клеток. Эффективности работы иммунной системы способствует здоровый образ жизни, сбалансированное питание, занятия физкультурой.

5.3. Физические, химические и биологические способы защиты от радиационного излучения

К физическим способам защиты человека от радиации относятся: защита временем и расстоянием, использование экранов от источников облучения, дезактивация продуктов питания, воды, различных поверхностей, использование средств защиты органов дыхания, вентиляция помещений и рабочих объемов и др. Эти способы применяются, в основном, персоналом, обслуживающим радиационно-опасные объекты.

К химическим средствам защиты относятся: радиопротекторы, отдельные лекарственные препараты, микроэлементы.

К биологическим средствам защиты относятся: некоторые радиопротекторы, отдельные продукты питания, витамины. Часто все три или два способа применяются в комплексе.

Радиопротекторы. Как уже отмечалось, при облучении тела человека разрушаются клетки и молекулы ДНК, нарушаются жизненные процессы в организме. Замечено, что при вводе в организм некоторых химических или биологических веществ последние стимулируют процессы восстановления клеток и молекул ДНК. Такие вещества называют радиопротекторами. Механизм воздействия радиопротекторов до конца не изучен, имеются только гипотезы.

Различают следующие виды радиопротекторов:

– серосодержащие (цистеин, цистеамин, АЭТ). Эти препараты дают эффект только при дозах до 300 бэр, если их принимать за 30–45 минут до облучения. При этом за счет нейтрализации свободных радикалов доза подавляется примерно в 2 раза. Они эффективны только при гамма- и рентгеновском облучении, неэффективны при нейтронном облучении. Очень токсичны, поэтому необходимо соблюдать нормы приема. Лучше вводить в организм внутривенно, так как таблетки быстро разрушаются в кислой среде в желудке;

– амины (серотонин, мегафен, аминазин, мексамин и др.). Эти препараты создают кислородное голодание, замедляют обмен

веществ (их иногда используют при хирургических операциях) и обладают некоторыми радиопротекторными свойствами. Дают эффект только при дозах 400–500 бэр, но этот эффект незначителен и не защищает половые клетки;

- антибиотики (пенициллин, актиномицин и др.). Эти препараты увеличивают сопротивляемость организма бактериям. Особенностью антибиотиков является то, что они способны восстанавливать пептидные связи. Этим объясняются их радиопротекторные свойства;

- фенольные соединения. Они имеют полимерную структуру. Учеными США был выделен препарат меланин. В сочетании с витамином С он показал достаточно высокую эффективность.

Радиопротекторными свойствами обладают и ряд продуктов. Тот же меланин содержится в кофе, какао, красном вине, винограде, грибах.

Ускоренное выведение радионуклидов из организма. Учитывая, что радионуклиды выводятся из организма за счет процессов обмена, этот обмен можно ускорить следующими способами:

- за счет массажа и занятий спортом;
- при помывке в бане с парилкой;
- при голодании;
- при употреблении мочегонных и желчегонных средств (настои белой ромашки, зверобоя, бессмертника, тысячелистника, мяты, шиповника, укропа, тмина, зеленого чая);
- при употреблении фруктовых соков, чая, компотов;
- при употреблении фруктов, мармелада, т.е. продуктов, содержащих пектины. Последние аккумулируют радионуклиды (яблоки, персики, крыжовник, клюква, слива, черная смородина, клубника, вишня, черешня, цитрусовые) с дальнейшим выводом их из организма;
- путем регулярного опорожнения кишечника, для чего включают в рацион питания: хлеб грубого помола, пшено, крупы (гречку, перловую, овсяную), капусту, свеклу, чернослив; рекомендуется также употреблять отвары семян льна, крапивы, ревеня, чернослива;
- путем использования продуктов, связывающих радионуклиды (гречка, зерновые, овощи и продукты, содержащие клетчатку);
- за счет употребления повышенного количества зеленых овощей, содержащих повышенное количество солей кальция и калия, выводящих из организма цезий-137 и стронций-90;

– путем применения специальных медицинских препаратов: для выведения цезия-137 используют, в частности, гексацианоферрат железа; для выведения стронция-90 применяют хлорид аммония, сульфат бария или фосфат алюминия; для выведения плутония применяют внутривенное введение кальциевой соли с диамином или с триамином;

– для стимуляции лимфатического дренажа используют лекарственные травы: овес обыкновенный (семена, овсяные хлопья), листья черной смородины, подорожник, цветки календулы, кукурузные рыльца.

Как уже отмечалось, особую опасность представляют радионуклиды в сочетании с нитратами или тяжелыми металлами.

Существует и специальный рецепт, ускоряющий выведение радионуклидов и тяжелых металлов из организма. Берут 3 литра молочной сыворотки, стакан сахара, стакан чистотела и ложку сметаны. Через 2–3 недели сформируются молочно-кислые бактерии. Продукты их жизнедеятельности обладают способностью обновлять и очищать все поверхности, в том числе желудка. Соли цезия и стронция не усваиваются организмом из-за образования нерастворимых комплексов на основе солей радионуклидов и желудочных ферментов (пепсина).

Совместное ускоренное выведение из организма радионуклидов с нитратами достигается за счет насыщения организма водой с одновременным применением мочегонных средств.

Применение принципа конкурентного замещения. Радионуклиды по своим химическим свойствам и, соответственно, путям метаболизма сходны с некоторыми стабильными элементами: цезий с калием и рубидием; стронций с кальцием; плутоний с трехвалентным железом. При этом организм человека усваивает, прежде всего, калий и кальций, а при их дефиците – их радиоактивные конкуренты цезий-137 и стронций-90. Поэтому необходимо больше потреблять продуктов, содержащих калий, рубидий, кальций, железо.

Источниками калия являются (суточная потребность 3 г): курага, урюк, изюм, чернослив, чай, орехи, лимон, фасоль, картофель, пшеница, рожь, редька, овсяная крупа, яблоки, хурма, черешня, томаты, черешня, капуста, чеснок, черная смородина, свекла, абрикосы.

Источником рубидия является красный виноград.

Источником кальция (суточная потребность 1 г в сутки) являются: творог, сыр, мясо, рыба, яйца, капуста, зеленый лук, бобы, укроп, репа, петрушка, хрен, шпинат, зеленый горошек, яблоки, огурцы, морковь, овсяная крупа, апельсины, семечки.

Источником железа (суточная потребность 15–30 мг в сутки) являются: мясо, рыба, яблоки, изюм, салат, черноплодная рябина, зеленый лук, яичный желток. Лучше усваивается железо животного происхождения.

Кроме продуктов питания для насыщения организма кальцием и калием используют и медицинские препараты, в частности, такие антагонисты стронция, как кальция хлорид, кальция альгинат, кальция лактат. Употребление продуктов, слабо аккумулирующих радионуклиды. Слабо накапливающими цезий-137 культурами являются: ячмень, пшеница, овес, томаты, огурцы, морковь, чеснок, лук, свекла, капуста, все фрукты, малина, рябина, белая смородина, крыжовник, земляника. Картофель занимает промежуточное положение по накоплению радионуклидов, но, учитывая, что при приготовлении он, как правило, очищается от кожуры, можно считать его относительно «чистым». Необходимо только учесть, что при использовании вышеперечисленных культур их необходимо мыть в проточной воде и очищать от земли.

Слабо накапливают стронций-90 картофель, томаты, капуста, хрен, редька.

Насыщение организма микроэлементами. В противостоянии радиации и укреплении здоровья человека микроэлементы играют важную роль. Рассмотрим наиболее важные.

Железо способствует образованию эритроцитов, блокирует поглощение плутония (продукты, содержащие железо, рассмотрены выше).

Селен поглощает радикалы воды в значительных количествах, восстанавливает иммунную систему, снижает частоту опухолей молочной и щитовидной железы. Его содержат рис, ячмень, овес, зелень.

Сера повышает сопротивляемость клеток организма к действию радиации, помогает восстанавливаться молекулам ДНК, обладает антиоксидантным действием. Содержится в капусте, петрушке, водяном крессе.

Магний способствует обмену углеводов и белков, а, следовательно, и выведению радионуклидов из организма. Содержится в орехах, бобовых, зерне, морской капусте, листовых овощах, яичном желтке, в печени, овсе.

Йод способствует укреплению иммунной и других систем, нормальной работе щитовидной железы, которая играет важную роль в секреции гормонов. Йод содержится в яйцах, гречке, моркови, овсе, морской капусте, чесноке, фасоли, картофеле, клубнике.

Фосфор – способствует нормальной работе системы кроветворения, подавляет раковые клетки. Он содержится в рыбе, яблоках, зеленом горошке, овсе, мясе, яйцах, огурцах.

Калий не только блокирует цезий-137, но и регулирует деятельность сердца, почек, скелетных мышц, улучшает работу печени (продукты, содержащие калий, рассмотрены выше).

Кальций не только блокирует стронций-90, но и укрепляет кости, иммунную и кровеносную системы (продукты, содержащие кальций, рассмотрены выше).

Медь необходима для нормального функционирования антиоксидантной и иммунной систем организма. Медь содержат свекла, картофель, яблоки, горох, фасоль, орехи, соя, гречка, сыр, рыба, мясо, яйца, молочные продукты.

Кобальт необходим для системы кроветворения, входит в состав витамина В₁₂. Его содержат щавель, груша, укроп, свекла, зеленый лук, черная смородина, рыба, морковь, клюква, рябина, орехи, горох, фасоль, бобы, сливочное масло, печень, почки.

Употребление повышенного количества отдельных витаминов.
Витамин А – обладает антиоксидантными свойствами, укрепляет кожный покров, защищает от инфекций, помогает освободиться от свободных радикалов воды. Его содержат говяжья печень, сливочное масло, яичный желток, морковь, кукуруза, капуста, тыква, хурма, чеснок, сельдерей, красный сладкий перец, облепиха, петрушка.

Витамины группы В стимулируют нервную и иммунную системы. Особенно активно помогают противостоять радиации прямо или косвенно витамины В₆ и В₁₂.

Витамин В₆ повышает кроветворение и иммунитет. Его содержат зерновые, капуста, морковь, зелень.

Витамин В₁₂ способствует образованию эритроцитов, помогает работе нервной системы. Его содержат соя и продукты животного происхождения.

Витамин С активизирует процессы кроветворения, обладает антиоксидеским действием, укрепляет надпочечники, повышает иммунитет, выводит из организма свободные радикалы. Его содержат шиповник, черная смородина, сладкий перец, облепиха, черноплодная рябина, цитрусовые, земляника, томаты, капуста, зеленый лук.

Витамин Е помогает избавиться от свободных радикалов, улучшает кровообращение, является антиоксидантом. Его содержат облепиха, кукуруза, бобовые, нерафинированные масла (лучше оливковое), гречка, семечки подсолнуха, орехи, чеснок, лук, яблоки, персики.

Витамин РР улучшает обменные процессы в организме, следовательно, стимулирует выведение радионуклидов из организма. Его содержат рисовые и пшеничные отруби, сухие дрожжи, печень, почки, сердце.

Важную роль в воздействии витаминов на организм играет правильное их сочетание, назначение с учетом возраста и состояния здоровья человека.

Рациональное питание. Правильный режим питания в условиях радиоактивного загрязнения местности является одним из основных способов противостояния радиации. Понятие «правильный режим питания» включает:

- употребление достаточного количества полноценного белка. При этом повышается устойчивость к хроническому внутреннему облучению, снижается всасывание радионуклидов, повышается резистентность организма к инфекциям;

- ограничение пищи, богатой жирами. Жиры являются основой для перекисного окисления липидов, участвуют в образовании радиотоксинов (поражается иммунная система), являются проводниками в организм и накопителями гидрофобных ксенобиотиков.

Потребление белков должно быть на 10–12 % выше суточной нормы. Много белков содержат мясо, морская рыба, яйца, молочные продукты. Кроме того, в рационе питания должно быть больше овощей, особенно капусты, репчатого лука и петрушки. Именно

они снижают риск заболеть раком и обладают радиопротекторными свойствами.

Существуют разные варианты рационального питания, которые может предложить врач каждому человеку с учетом его состояния здоровья, возраста, условий радиоактивного облучения и т.д.

Для детей грудного и раннего возраста предлагается:

- обеспечение экологически чистыми продуктами питания как матерей, кормящих грудью, так и детей;

- обеспечение сбалансированного питания по содержанию белков, жиров, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов-антиоксидантов, минеральных веществ и микроэлементов;

- обеспечение продуктами, в которых содержатся компоненты с радиопротекторными свойствами. В питании детей ясельного возраста преимущество отдается молочным продуктам. В продаже имеются смеси детского питания. В питании детей дошкольного возраста преимущество отдается молочным продуктам, сокам, фруктам, яйцам. В питании детей школьного возраста преимущество отдается молочным продуктам, рыбе, мясу, сливочному маслу, фруктам, сокам, меду. Рацион питания применяется с учетом рекомендаций врача.

Употребление пищевых добавок. Введение таких добавок направлено на повышение устойчивости организма к радиационному воздействию и выведение радионуклидов из организма. К ним относятся:

- зерна проросшей пшеницы, которые содержат значительное количество антиоксидантов и иммуномодуляторов. Курсовой прием составляет три недели ежедневно натоцак за 30 минут до еды;

- спирулина (из сине-зеленых водорослей) содержит до 70 % протеинов. В состав ее входят все незаменимые аминокислоты, большинство витаминов и минеральных веществ;

- мипровит (из культуры мицелия высших грибов). Содержит аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, витамины группы В, другие витамины. Обладает иммуномодулирующими и антиоксидантными свойствами, антианемическим действием, нормализует биоценоз кишечника.

Периодическая очистка органов и систем человека от шлаков. Неблагоприятные условия жизни и работы, не совсем экологически

чистые продукты питания, экологическое загрязнение воздуха и воды, нерациональное питание и другие причины вызывают засорение организма различными шлаками, что еще больше ухудшает работу органов и систем. Сопrotивляемость организма радиации и различным болезням резко падает.

По этим причинам рекомендуется периодически освобождаться от шлаков и токсинов. Существуют методики по очистке почек, печени, крови, сосудистой системы и др. Вместе со шлаками обычно выводятся и радионуклиды. Очистку организма от шлаков рекомендуется проводить под наблюдением врача.

5.4. Классификация приборов для измерения радиоактивности

В задачах радиационного контроля используют три основных типа приборов: *спектрометры*, *радиометры* и *дозиметры*.

Спектрометры дают наиболее полную информацию об излучении. Наиболее распространены спектрометры для измерения спектров гамма-излучения. В них используют полупроводниковые или сцинтилляционные детекторы, обладающие энергетическим разрешением. Наиболее информативная часть гамма-спектра конкретного радионуклида – пик полного поглощения. Его положение определяется энергией гамма-излучения, а высота – интенсивностью. Таким образом, спектрометры позволяют проводить *качественный и количественный* анализ содержания радионуклидов в образце, то есть определение состава радионуклидов и нахождение их активностей. Задача обработки спектров обычно возлагается на персональный компьютер.

При измерениях бета- или альфа-излучения, в силу их низкой проникающей способности, вклад в регистрируемое излучение дает слой образца, обращенный к детектору. Прохождению излучения не должны мешать стенки используемого сосуда и входного окна детектора. Влияние стенок можно вообще исключить, растворяя пробу в жидком сцинтилляторе.

Измерение спектров бета-излучения чаще всего проводят с использованием сцинтилляционных детекторов на основе пластиковых сцинтилляторов. Именно такой метод используется в отечественном спектрометре МКС-АТ1315 (рис. 5.10). Для повышения

чувствительности измерений исследуемые образцы подвергают термическому концентрированию (до частичного озоления). Жидкие образцы (вода, молоко) пропускают через волокнистый катионит, который после высушивания используют в качестве пробы.



Рис. 5.10. Бета-гамма спектрометр MKS-AT1315

Наиболее сложны альфа-спектрометры. В силу очень низкой проникающей способности альфа-излучения измерения обычно производят в вакуумной камере с использованием полупроводникового детектора. Определение состава радионуклидов возможно на «тонких» образцах, получаемых методом электролитического осаждения на специальные подложки. Более простая задача – определение суммарной активности, которое возможно и для «толстых» образцов. Обычно их получают путем истирания, термического или химического концентрирования.

Основное назначение радиометров – измерения активности и удельной (объемной) активности источников излучения. Наиболее распространены радиометры для радионуклидов, испускающих гамма-излучение.

В простейших радиометрах активность определялась на основе подсчета всех импульсов детектора за вычетом фона, с учетом геометрии измерений. Однако во многих задачах необходимо,

чтобы радиометр обладал *избирательными (селективными) свойствами*, то есть реагировал на излучения определенного радионуклида. Селективность обеспечивается электронными схемами, отбирающими сигналы детектора только с определенными значениями амплитуды, и микропроцессорным блоком обработки. Современные радиометры, такие как РКГ-АТ1320 (рис. 5.11), фактически представляют собой усеченный вариант спектрометра.



Рис. 5.11. Гамма-радиометр РКГ-АТ1320

Счетчики излучений человека (СИЧ), предназначенные для измерения активности радионуклидов цезия-137 в теле человека, также можно отнести к классу радиометров. В их составе кресло для человека с несколькими сцинтилляционными детекторами для различных частей тела. Показания прибора позволяют оценить дозу внутреннего облучения. СИЧ для измерения содержания стронция-90 – значительно более сложный прибор. В мире эксплуа-

тируется лишь несколько подобных установок. Одна из них создана в Беларуси.

Дозиметры предназначены для оценки эквивалентной или эффективной дозы излучения. Простейшие из них рассчитаны только на фотонное излучение: гамма и рентгеновское. Обычно они строятся на основе недорогих счетчиков Гейгера-Мюллера, сигналы которых не несут информацию об энергии фотонов. Зависимость поглощенной дозы от энергии фотонов учитывается установкой перед детекторами специальных корректирующих фильтров с определенной зависимостью ослабления интенсивности прошедшего излучения в зависимости от его энергии.

Некоторые дозиметры, например, современный прибор МКС-АТ6130 (рис. 5.12), позволяют определять величину плотности потока бета-излучения с загрязненной поверхности. В этом режиме крышка с фильтром, установленная на специальном шарнире, откидывается. Отметим, что измерение плотности потока традиционно относится к задачам радиометрии, потому такие приборы называются дозиметрами-радиометрами. Заслуживает упоминания еще один комбинированный прибор – радиометр-дозиметр МКС-01 «Советник» (рис. 5.13).



Рис. 5.12. Дозиметр гамма- и рентгеновского излучений МКС-АТ6130



Рис. 5.13. Прибор МКС-01 «Советник»

Он использует сцинтилляционный детектор большого объема (196 см^3) и оригинальные алгоритмы функционирования и обработки информации. В режиме дозиметра он обладает значительно более высокой, чем у простейших приборов, чувствительностью, что позволяет достигнуть 10 % статистической погрешности измерения всего за 2–3 секунды. Поэтому с его помощью можно производить эффективный контроль однородности партий продукции. Как радиометр прибор особенно удобен для прижизненной радиометрии скота.

В названии любого прибора первые три буквы несут информацию о его назначении, остальные знаки – о предприятии-изготовителе и номере разработки. Расшифровка первых букв названий для наиболее распространенных приборов представлена в табл. 5.4.

Значения букв в названиях приборов

Первая буква		Вторая буква		Третья буква	
Д	Дозиметры	Р	Мощность экспозиционной дозы	Б	Бета-излучение
Р	Радиометры	Б	Мощность эквивалентной дозы	Г	Гамма-излучение
С	Спектрометры	У	Удельная активность радионуклида	Д	Рентгеновское излучение
М	Комбинированные	К	Две и более физические величины	С	Смешанное излучение

Учитывая сказанное, можно определить, например, что название РКГ-АТ1320 означает радиометр, измеряющий две или более физические величины, характеризующие гамма-излучение. Прибор выпускается предприятием АТОМТЕХ.

Особенности устройства приборов. Сутью работы любого прибора является преобразование и обработка информации, содержащейся в сигналах детектора. Такое преобразование обычно ведется вначале *аналоговыми* схемами, затем – *цифровыми*. Об аналоговой форме представления информации говорят тогда, когда физическая величина, несущая сигнал, может принимать непрерывный ряд значений. Именно такую форму имеют импульсы напряжения на выходе детектора. Аналоговая обработка обычно производится усилителями импульсов и схемами амплитудной селекции (*дискриминаторами*), которые осуществляют отбор импульсов с амплитудами, лежащими в определенном диапазоне.

Дальнейшая обработка информации производится цифровыми схемами, сигналы в которых имеют конечное множество значений (дискретны). В простейшем дозиметре такая обработка сводится к подсчету импульсов на выходе дискриминатора. Это осуществляется одной из простейших цифровых схем – счетчиком.

Другие цифровые схемы выполняют функции управления и вывода результатов. В их числе *таймер*, задающий время измерения, а также схемы, которые следят за состоянием кнопок управления и производят вывод данных. Отображение результатов чаще всего выполняет *жидкокристаллический индикатор* (ЖКИ), достоинство которого – очень малое потребление энергии. В некоторых приборах, например, спектрометрах, необходимы *аналого-цифровые преобразователи* (АЦП), которые преобразуют величину амплитуды импульсов в цифровой (двоичный) код.

Во всех современных приборах функции цифровой обработки информации возлагают на микропроцессор, или персональный компьютер. И тот и другой представляют собой универсальные устройства обработки цифровой информации. В зависимости от написанной *программы*, которая хранится в их *памяти*, они реализуют произвольные алгоритмы функционирования.

Показания дозиметра чаще всего определяются уровнем естественного радиационного фона. В задачах радиометрии интенсивность излучений, испускаемых содержащимися в образце радионуклидами, обычно значительно меньше фоновой. Чтобы снизить влияние фона на процесс измерения активности, образец вместе с детектором помещают в «домик» из свинца, стали или комбинации металлов (рис. 5.14).

Эти материалы должны иметь как можно меньшее содержание радионуклидов природного или техногенного происхождения.

При измерениях объемной активности необходимо учитывать объем пробы. Проще всего это достигается помещением образца в сосуд заданного объема до полного его заполнения. Когда сосуд помещается в домик для измерений, сцинтиллятор детектора оказывается в углублении нижней части сосуда. Такая геометрия измерений повышает эффективность работы детектора, поскольку гамма-кванты попадают в него с нескольких сторон, а не только сверху.

Алгоритм работы и устройство радиометра сложнее, чем дозиметра. Дополнительно к тем электронным схемам, которые есть в дозиметре, радиометр содержит и некоторые другие. Одни

из них служат для ввода в прибор значения массы образца и ее учета, что необходимо при измерениях удельной активности. Поскольку даже при наличии защиты невозможно полностью избавиться от фоновых излучений (космических гамма-квантов, радионуклидов, содержащихся в конструктивных элементах прибора), необходимо предусмотреть процедуры измерения фона и его автоматического вычитания.

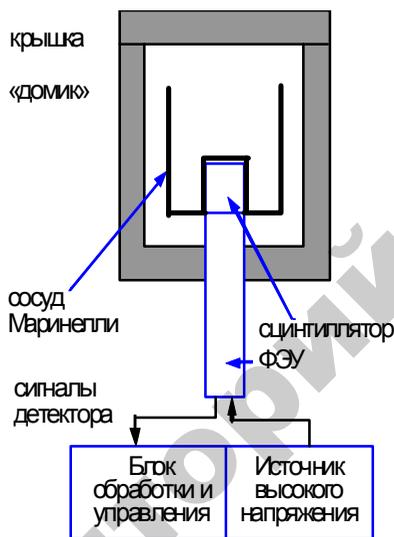


Рис. 5.14. Устройство радиометра

Сложнее других приборов устроен спектрометр (рис. 5.15).

Напомним, что спектр – распределение интенсивности излучения в зависимости от его энергии. Если детектор обладает энергетическим разрешением, судить о спектре излучения можно по спектру амплитуд выходных импульсов детектора. Распределять импульсы детектора в зависимости от значения их амплитуды и хранить полученное распределение в памяти прибора проще, если амплитуда импульсов представлена в цифровом виде. Этот процесс (оцифровка) производится аналого-цифровым преобразователем.

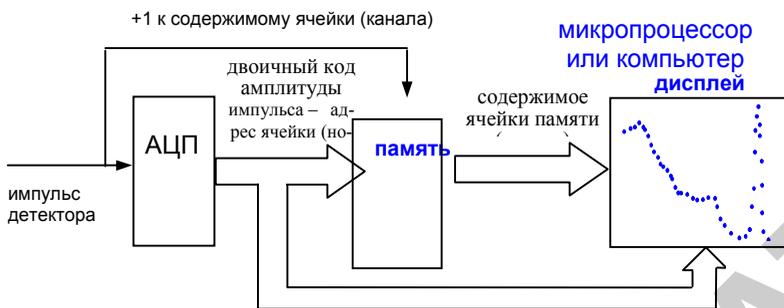


Рис. 5.15. Устройство спектрометра

С его помощью каждому значению амплитуды ставится в соответствие определенное число. Полученное число используют как адрес ячейки памяти (*номер канала*), где хранятся все случаи регистрации импульсов с данным значением амплитуды. Одновременно с каждым срабатыванием АЦП производится добавление единицы к содержимому соответствующего канала.

Спектр, выводимый на дисплей, строится как совокупность точек. Горизонтальная координата каждой точки – номер канала, пропорциональный энергии частиц, а вертикальная – содержимое канала, пропорциональное числу зарегистрированных частиц, то есть интенсивности. Дискретный характер спектра (конечное число точек) является результатом оцифровки. Число каналов в спектрометре обычно составляет $2^{10} = 1024$, но может быть равным и другой степени числа 2.

6. ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

6.1. Космическое излучение и земная радиация, их воздействие на человека и биологический мир

Космическое излучение – электромагнитное или корпускулярное излучение высокой энергии (10^{20} – 10^{21} эВ и выше). Оно представлено элементарными частицами и ядрами атомов, родившимися-

ся, ускоренными до высоких энергий во Вселенной и приходящими к нам на Землю. Космические лучи делят на первичные и вторичные. Первичное космическое излучение бывает:

- метагалактическим;
- галактическим;
- солнечным;
- межпланетным.

Различают первичное и вторичное космические излучения.

Первичное космическое излучение изотропно в пространстве и неизменно во времени. Оно состоит на 90 % из протонов, на 7 % из α -частиц и на 3 % из других атомных ядер, вплоть до самых тяжелых, электронов, позитронов и фотонов большой энергии. Поток нейтронов и рентгеновского излучения космических тел имеет диапазон энергий фотонов от 100 эВ до 10^5 эВ.

Вторичное космическое излучение является результатом взаимодействия на высотах порядка нескольких десятков километров (10^4 м) от поверхности Земли первичного космического излучения с ядрами элементов, входящих в состав атмосферы. Образуются π - и K -мезоны различных зарядов, протоны, нейтроны, γ -кванты, радионуклиды ^3H ($T_{1/2} = 12,3$ года), ^7Be ($T_{1/2} = 53,3$ суток), ^{22}Na ($T_{1/2} = 2,6$ года), ^{14}C ($T_{1/2} = 5730$ лет). У поверхности Земли поток космических лучей равен ~ 1 част./см в одну секунду.

Космическое галактическое и межгалактическое излучения – это поток протонов (92 %), альфа-частиц (7 %). Остальное (около 1 %) – это, в основном, ядра легких элементов: лития, бериллия, азота, углерода, кислорода, фтора и др. Средний возраст галактического излучения от 1 млн до 10 млн лет, а плотность потока частиц – величина постоянная и составляет $1\text{--}2$ част./см²·с. Галактическое излучение обладает очень высокой энергией – $10^{12}\text{--}10^{15}$ МэВ. С ростом высоты интенсивность облучения с каждым километром увеличивается вдвое.

Космические лучи, проходя через атмосферу, вызывают появление космогенных радионуклидов (тритий с периодом полураспада 12,3 года, углерод-14 с периодом полураспада 5730 лет, бериллий-7, сера-32, натрий-22, 24). Эти радионуклиды, распадаясь, испускают β -частицы. Углерод-14 поступает в организм человека через желу-

дочно-кишечный тракт и через легкие. В организме распределяется равномерно. Период биологического полувыведения из организма – около 200 суток. Он вызывает трансмутационный эффект: встраиваясь в азотистые основания нуклеиновых кислот, углерод при распаде превращается в стабильный азот-14, что вызывает изменение структуры азотистых оснований ДНК, в результате чего меняется смысл генетического кода. Доля от всех мутаций составляет около 10 %.

Вклад в космическое излучение вносят и вспышки на Солнце – выброс в космическое пространство протонов с энергией до 40 МэВ, иногда энергия достигает и 100 МэВ. Человек, живущий на уровне моря, получает в среднем от космического облучения 0,315 мЗв/год, в том числе за счет внешнего облучения 0,3 мЗв/год и за счет внутреннего облучения 0,015 мЗв/год.

Земная радиация. Возраст Земли около 5 млрд лет, поэтому на Земле сохранились только природные радионуклиды с большим периодом полураспада, или продукты их распада, остальные распались.

Основными радионуклидами земного происхождения являются продукты распада урана-238, урана-235, тория-232.

Одним из продуктов распада радиоактивного урана является радон-222, α -излучатель с периодом полураспада 3,8 суток. Это бесцветный инертный газ, не имеющий вкуса и запаха, тяжелее воздуха примерно в 7,5 раз. Радон является причиной заболеваний раком легких, желудка, надпочечников, гонад и костного мозга.

Половину земной радиации человек получает за счет радона, который выделяется из земли, воды, атмосферы, природного газа.

Радон считается предвестником землетрясений. С геологической точки зрения радоноопасными участками местности являются места геологических разломов. По литературным данным, более 40 % территории Беларуси относится к радоноопасной. Исследованиями геофизической экспедиции ПО «Беларусьгеология» аномально высокие содержания радона в почвенном воздухе надразломных зон установлены на Горецко-Шкловском и других участках Могилевской области. При среднефоновых концентрациях около 1000 Бк/м³ содержание радона в почвенном воздухе зон активного разлома возросло до 15000–25000 Бк/м³.

Концентрация радона в закрытых помещениях летом выше в 8 раз, зимой – в 5000 раз по сравнению с атмосферным фоном. На

кухне и в ванной комнате концентрации радона выше, чем в жилой комнате, в 20–40 раз. Допустимая норма содержания радона составляет 100 Бк/м^3 воздуха.

Для уменьшения концентрации радона в жилых помещениях необходимо чаще проводить проветривание, особенно кухни и ванной комнаты.

Существенным источником поступления радона могут быть строительные материалы.

К земным радионуклидам с большим периодом полураспада относится калий-40 (1,3 млрд лет). В природном калии содержится 0,01 % радиоактивного калия-40, поэтому на отдельных участках (в районе добычи калийных удобрений) активность калия-40 достигает $1\text{--}2 \text{ Ки/км}^2$. Смесь изотопов калия входит в состав мышечной ткани человека.

По подсчетам НКДАР ООН (Научный комитет по действию атомной радиации) средняя эффективная доза внешнего облучения, которую человек получает за год от земных источников естественной радиации, составляет 0,35 мЗв. В целом от естественного радиационного фона человек получает дозу: от радона – около 55 %, от калия-40 – около 13 %, от космических лучей – 15–16 %, от других естественных источников – около 15 %.

Земная радиация создается содержащимися в почве 40 α -радиоактивных изотопов объединены в три радиоактивных ряда, которые начинаются с тория (^{232}Th) и урана (^{238}U и ^{235}U). К ним можно отнести также и четвертый ряд – ряд нептуния, начинающийся с ^{237}Np (многие радионуклиды из этого семейства уже распались). Отдельно от этих семейств находится калий-40 (^{40}K) и рубидий-87 (^{87}Rb), ^{40}K уранового и ториевого радиоактивных рядов и др. Они создают, в основном, β - и γ -облучение человека.

Значения фона на улице в г. Минске – 8–12 мкР/ч, в помещении – 15–20 мкР/ч. Чернобыльская авария добавила к этому значению еще 0,2 мЗв. Нормальный радиационный фон, обеспечивающий облучение 1 мЗв в год, равен: $1 \text{ мЗв}/365 \text{ (дней)} = 0,0027 \text{ мЗв/сут}$, $0,0027 \text{ мЗв}/24 = 0,0001125 \text{ мЗв/ч} = 0,1125 \text{ мкЗв/ч} = 12,9 \text{ мкР/ч}$.

6.2. Антропогенные источники ионизирующих излучений

В Республике Беларусь находится более 1000 объектов, на которых применяются радиоактивные вещества (более 55 тысяч устройств и установок). Потенциальная опасность радиационного объекта определяется его возможным радиационным воздействием на население при радиационной аварии.

Потенциально более опасными являются радиационные объекты, в результате деятельности которых при аварии возможно облучение не только работников объекта, но и населения. Наименее опасными радиационными объектами являются те, где исключена возможность облучения лиц, не относящихся к персоналу. По потенциальной радиационной опасности устанавливаются четыре категории объектов:

- к первой категории относятся радиационные объекты, при аварии на которых возможно радиационное воздействие на население и введение мероприятий по его радиационной защите;

- ко второй категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии на которых ограничивается территорией санитарно-защитной зоны;

- к третьей категории относятся объекты, радиационное воздействие которых ограничивается территорией объекта;

- к четвертой категории относятся объекты, радиационное воздействие от которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

Основные источники радиации:

- тепловые электростанции;

- добыча, хранение и применение минеральных удобрений (калийных с радиокалием-40), фосфорных (с содержанием радионуклидов уранового и ториевого рядов);

- домашние приборы – цветные телевизоры и дисплеи компьютеров;

- предметы личного пользования – часы, компасы со светящимся циферблатом, украшения, антистатические салфетки и установки;

- пожарные дымовые детекторы;

- рентгеновские установки в терминалах аэропортов;

- установки и приборы для контроля (дефектоскопии) качества и износа материалов, деталей, конструкций;
- установки для стерилизации медицинских материалов и инструментов;
- медицинское оборудование для диагностики заболеваний человека;
- радиоизотопные материалы для исследования в медицине;
- радиационная терапия для лечения онкологических заболеваний;
- приборы для бесконтактного контроля агрессивных сред;
- краски, содержащие повышенное количество урана;
- радиолокаторы для обеспечения слепой посадки самолетов;
- места захоронения радиоактивных отходов.

Антропогенные источники излучения (АИИ) – специально созданные для полезного применения или являющиеся побочными продуктами этой деятельности. Они созданы в связи с увеличивающимся использованием ядерных технологий в медицине, промышленности и энергетике. Медицинские источники ионизирующего излучения являются одним из наиболее значимых факторов облучения человека. К ним относят рентгеновскую аппаратуру, лучевую терапию и радиоизотопную диагностику.

Промышленные радиоактивные источники используют для облучательных установок, промышленной дефектоскопии, стерилизации, дезинфицирования продуктов, обеззараживания отходов и др. Многие производственные оборудование имеет радиоактивные изотопы или генераторы рентгеновского излучения. Это датчики толщины, уровня, вискозиметры, приборы γ -графии. Важную роль играют также рентгеновские установки для проверки пассажиров и их багажа в аэропортах, установки для контроля качества и структуры сплавов, установки для исследования смазочных материалов, установки для холодной стерилизации перевязочного материала и медицинского инструмента, установки для облучения автомобильных шин с целью увеличения срока их пробега, установки для снятия статического электричества и др.

Одним из основных источников антропогенного облучения человека стали медицинские обследования. Например, рентгенография зуба – 0,03–3 мЗв, рентгеноскопия желудка – до 0,25 Зв, флюорография – 0,1–0,5 мЗв, рентгенография грудной клетки – 2–4 мЗв (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Дозы, получаемые от различных источников излучения

Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза в Зивертах (Зв)
Просмотр кинофильма по цветному телевизору на расстоянии от экрана около 2 м	0,01 мкЗв
Ежедневный, в течение года, трехчасовой просмотр цветных телепрограмм	5–7 мкЗв
Облучение за счет радиоактивных выбросов АЭС в районе расположения станции (за год)	0,2–1 мкЗв
Облучение за счет дымовых выбросов с естественными радионуклидами ТЭС на угле (за год)	2–20 мкЗв
Полет в течение одного часа на сверхзвуковом самолете (высота полета 18–20 км)	10–30 мкЗв
Полет в течение 1 суток на орбитальном космическом корабле (без вспышек на солнце)	0,18–0,35 мЗв
Полет в течение 1 суток на орбитальном космическом корабле (без вспышек на солнце)	0,18–0,35 мЗв
Прием радоновой ванны	0,01–1 мЗв
Флюорография	0,1–0,5 мЗв
Рентгеноскопия грудной клетки	2–4 мЗв
Рентгенография зубов	0,03–3 мЗв
Рентгеновская томография	5–100 мЗв
Рентгеноскопия желудка, кишечника	0,1–0,25 мЗв
Лучевая гамма-терапия после операции	0,2–0,25 Зв

Источником дополнительного облучения человека являются радиоизотопы, широко используемые в медицине для диагностики

и лечения многих заболеваний. Средняя индивидуальная доза облучения населения в Республике Беларусь от радиоизотопной диагностики составляет около 5 мЗв/год.

6.3. Атомные электростанции и ядерные боеприпасы как источники радиационной опасности

Ядерное оружие и атомная энергетика представляют опасность как источники облучения человека и загрязнения окружающей среды радионуклидами. *Атомная электрическая станция (АЭС)* – комплекс сооружений, предназначенных для выработки электрической энергии путем использования энергии, выделяемой при контролируемой реакции деления ядер атомов урана-235 в ядерном реакторе (рис. 6.1).

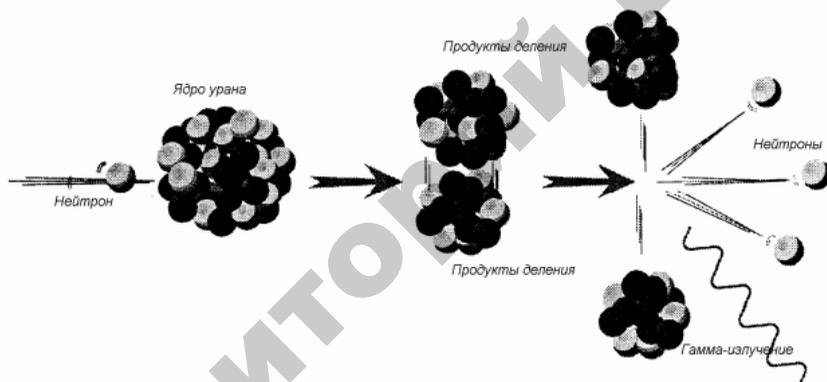


Рис. 6.1. Расщепление урана

На АЭС разогретый в ядерном реакторе теплоноситель перекачивают насосами в теплообменник. Проходя через теплообменник, либо парогенератор, разогретый теплоноситель отдает тепло теплоносителю внешнего контура.

Перенос тепла и движение его носителей происходит по схеме: реактор → теплообменник → парогенератор → паротурбинная установка → генератор → конденсатор → насос. Образовавшийся пар приводит в действие паровую турбину и турбогенератор (рис. 6.2).

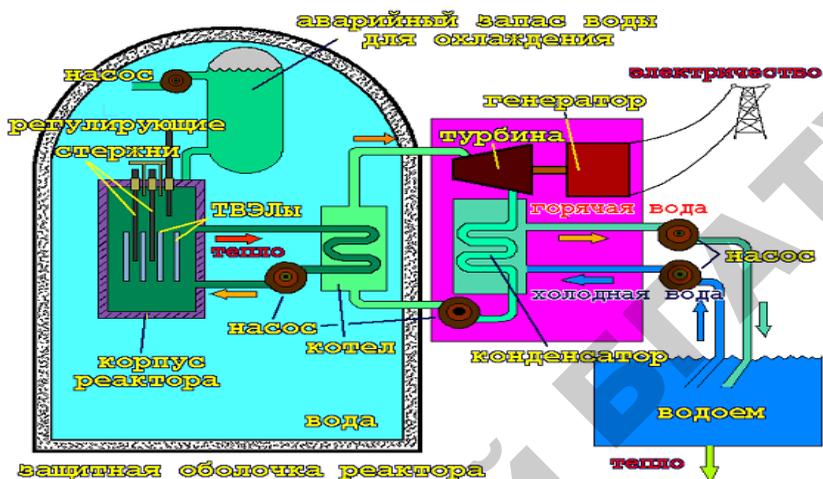


Рис. 6.2. Схема АЭС

Основные используемые типы ядерных реакторов:

- *графитоводяные реакторы* (ГВР) – реакторы с водяным теплоносителем и графитовым замедлителем. Пароводная смесь кипящего теплоносителя проходит через сепаратор. Вода возвращается на вход реактора. Пар попадает непосредственно на турбину. Представителем такого типа реакторов является реактор большой мощности канальный (РБМК) мощностью 1000 МВт;
- *водородные энергетические реакторы* (ВВЭР) – с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя. В качестве топлива используют обогащенный до 4,5 % ^{235}U . Реактор имеет два контура. Энергетическая мощность большинства реакторов типа ВВЭР 1000 МВт;
- *тяжеловодные реакторы* (ТВР) – с водяным теплоносителем и тяжелой водой (иногда – легкой воды) в качестве замедлителя;
- циркуляции теплоносителя и замедлителя разделены. Реакторы работают на небогащенном топливе;
- *графитогазовые реакторы* (ГГР) – реакторы с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем.

Радиационная безопасность населения при их эксплуатации на АЭС обеспечивается глубоко эшелонированной защитой:

- созданием ряда последовательных барьеров на пути выхода в окружающую среду накопленных при эксплуатации радиоактивных продуктов;

- высоким уровнем надежности за счет реализации специальных требований к обеспечению и контролю качества при конструировании, изготовлении и монтаже, поддержании достигнутого уровня при эксплуатации за счет проведения контроля и диагностики (непрерывных или периодических) состояния физических барьеров и устранения обнаруженных дефектов, повреждений и отказов;

- создания защитных и локализирующих систем, предназначенных для предотвращения повреждений физических барьеров, ограничения или снижения размеров радиационных последствий, при возможных нарушениях пределов и условий нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций.

Атомная энергетика связана с повышенной опасностью ее объектов для людей, которая проявляется в крайне неблагоприятных последствиях аварий с разрушением атомных реакторов. Всего в мире на сегодняшний день работает примерно 440 атомных реакторов. Разрушений и аварий таких реакторов в истории развития ядерной энергетики было много. Некоторые даже с человеческими жертвами. Только в СССР за 50 лет (начиная с 1954 г.) в результате 176 радиационных аварий и инцидентов от поражения радиацией пострадало 568 человек, в том числе погиб 71 человек. Чернобыльская авария затронула жизнь более 7 млн человек и коснется многих, в том числе и неродившихся детей. Средства же на ликвидацию последствий катастрофы могут превысить экономическую прибыль от работы всех АЭС.

Опасность представляют и обычно работающие АЭС, обуславливающие радиоактивное облучение персонала и радиоактивные выбросы в окружающую среду. Их количество и характер зависит от конструкции реактора и качества его сборки и эксплуатации. У РБМК они наибольшие, у реактора с шаровой засыпкой – наименьшие. Большую опасность представляют также радиоактивные ядерные отходы. Их переработка и утилизация –

одна из основных проблем, касающаяся не только представителей атомной промышленности, но и экологов. Захороненные радиоактивные вещества проникают вглубь Земли и имеют возможность просачиваться в грунтовые и проточные воды. Опасность атомной энергетики отождествляют с опасностью ядерного оружия, с его чудовищной разрушительной силой, продемонстрированной в Хиросиме и Нагасаки.

7. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

7.1. Воздействие ионизирующих излучений на молекулы и клетки и их реакция на облучение

Воздействие ионизирующей радиации на атомном и молекулярном уровнях живой ткани начинается с:

- образования заряженных частиц,
- электрического взаимодействия,
- физико-химических изменений,
- химических изменений и завершается проявлением радиобиологических эффектов.

ИИ оказывает как *прямое действие* на молекулы ДНК, белка, воды, липидов, углеводов и клетки организма, когда энергия излучения поглощается непосредственно облучаемым веществом и вызывает ионизацию или возбуждение его молекул, так и *непрямое действие*, характеризующееся образованием химически высокоактивных агентов, способных передавать энергию ионизирующих излучений молекулам биологического субстрата. ИИ вызывают *дисперсное повреждение* – изменения клеточных мембран и других множественных структур, инактивацию жизненно важной системы и др.

Под действием ионизирующего излучения вода, являющаяся составной частью организма человека, расщепляется и образуются ионы с разными зарядами. Образующиеся свободные радикалы вызывают разрушения целостности цепочек макромолекул (белков,

нуклеиновых кислот, липидов, углеводов и др.), что приводит как к массовой гибели клеток, так и канцерогенезу и мутагенезу. Наибольшему воздействию ИИ подвергаются активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки.

Наступают одностранные (одиночные) и двустранные (двойные) разрывы в молекуле ДНК, нарушения связи ДНК с белком, повреждения структуры ДНК мембранного комплекса, разрушение ядерной мембраны и повреждения митохондриальной мембраны. Происходит остановка деления и гибель клеток и трансформация их в злокачественные клетки.

Основной радиобиологический закон – *радиопоражаемость клеток ткани пропорциональна их митотической активности и обратно пропорциональна степени дифференцированности клеток.*

Реакция органов и систем человека на облучение характеризуется поражением центральной нервной системы, костного мозга, желудочно-кишечного тракта. Возникает вероятность гибели человека, обусловленная злокачественным ростом. Наступают смерть или сокращение продолжительности жизни, вызванные радиацией. У отдельных индивидуумов происходят изменения генетической характеристики под влиянием генных и хромосомных мутаций.

Эти изменения развиваются под воздействием внешнего и внутреннего облучений человека. *Внешнее облучение* – источники ионизирующих излучений (ИИИ) находятся снаружи. Внешняя поглощенная доза составляет почти 33 % общей дозы облучения и создается потоком частиц или квантов от земли и зданий (главным образом калием-40), космическим излучением и антропогенными источниками. При внешнем облучении 14 % дозы создаются лучами Земли и зданий, 12 % – пищей и напитками, 10 % – космическими лучами. Жители Беларуси получают также дополнительное облучение за счет чернобыльских радионуклидов. 90 % его создается цезием-137, 9 % – стронцием-90 и 1 % – изотопами плутония. После ядерного взрыва проникающая радиация создается потоком γ -лучей и нейтронов, испускаемых примерно в течение 10–25 с с момента ядерного взрыва.

Если же радиоактивные вещества, находящиеся в воздухе, пище

и воде, поступают внутрь организма, то они создают *внутреннее облучение* за счет α -, β - и γ -облучений. Имеются три возможные пути поступления радиоактивных веществ в организм человека: 1) через легкие при дыхании; 2) через желудочно-кишечный тракт вместе с пищей; 3) через здоровую кожу или повреждения и разрезы на ней.

Источники внутреннего облучения можно условно разделить на источники *чернобыльского происхождения* (в настоящее время большая их часть цезия-137, стронция-90 и плутония-239, 240 содержится в продуктах питания) и *естественного происхождения*. Последние создают почти 67 % суммарной дозы облучения.

Длительность воздействия радионуклидов определяется периодом полураспада источника, попавшего в организм, и временем, в течение которого он выводится из организма.

Воздействие ИИ на человека характеризуется следующими особенностями:

- ИИ способно глубоко проникать в облучаемую ткань и оказывать суммарное кумулятивное действие;
- поражающий эффект возникает при малых количествах поглощенной энергии ИИ;
- ИИ способно вызвать отдаленные последствия (злокачественные опухоли, сокращение длительности жизни, снижение иммунитета).

7.2. Радиочувствительность органов и систем человека, животных, микроорганизмов и растений при внешнем и внутреннем облучениях

Радиочувствительность – это чувствительность организма, его органов, тканей и клеток к воздействию ИИ, сравнительная радиопоражаемость органов и тканей. К *биологическим факторам, влияющим на радиочувствительность*, относят:

- пол человека (мужчины более радиочувствительные, чем женщины);
- возраст облучаемого человека (наиболее радиочувствительные молодые и старые люди);

- общее состояние организма и активность его иммунной системы;
- биологические особенности клеток тканей и органов, величину объема облучаемой ткани;
- состояние гомеостаза в организме и степень кровоснабжения органа;
- генетическую радиочувствительность клеток;
- характер дополнительного, помимо радиационного, воздействия на организм (ультрафиолетовое излучение и курение повышают чувствительность к облучению).

Самыми радиочувствительными являются стволовые клетки костного мозга (лимфоидные органы, красный костный мозг), клетки зародышевого эпителия тонкого и толстого кишечника, семенных канальцев, желудка, легких, гонады. Среднюю степень радиочувствительности имеют кожа, эндокринные железы. Радиорезистентными (не чувствительными) являются печень, почки, головной мозг.

Радиочувствительность всего организма приравнивают к радиочувствительности кроветворных клеток. Но она не одинаковая для всей человеческой популяции: 14–20 % людей радиорезистентны, 10–20 % обладают повышенной радиочувствительностью и 7–10 % сверх радиочувствительны. Радиочувствительность у взрослых и детей различается многократно.

Различают внешнее и внутреннее облучения.

В зависимости от воздействия радиации на критический орган выделяют три *основных радиационных синдрома*:

- костно-мозговой – развивается при облучении в диапазоне доз 1–10 Гр (средняя продолжительность жизни – не более 40 суток, на первый план выступают нарушения гемопоэза);
- желудочно-кишечный – развивается при облучении в диапазоне доз 10–80 Гр, средняя продолжительность жизни около 8 суток, ведущим является поражение тонкого кишечника;
- церебральный – развивается при облучении в дозах более 80–100 Гр (продолжительность жизни менее 2 суток; развиваются необратимые изменения в ЦНС).

Радиобиологические эффекты делятся на детерминированные

(острая и хроническая лучевая болезнь и др.), стохастические (опухоли, лейкемия, генетические расстройства и др.) и тератогенные.

Детерминированные эффекты излучения – вредные эффекты, у которых существует порог, ниже которого они отсутствуют, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы облучения.

Пороговая доза облучения для большинства клеток достаточно большая (не менее 0,1 Зв). Для различных радиочувствительных органов и тканей пороговая доза облучения неодинаковая. Они бывают:

- ближайшие – первичная реакция и поражение организма наступают в течение нескольких недель после острого облучения (острая и хроническая лучевая болезнь, местные лучевые поражения и др.);

- отдаленные – проявляются через годы после облучения.

Включают 21 заболевание, в том числе *нарушения склеротических процессов, лучевую катаракту, изменения в половой системе, временную или постоянную стерилизацию, иммунодепрессию и иммунодефицит, сокращение средней и ожидаемой продолжительности жизни и др.*

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) – одномоментная радиационная травма всех органов и систем организма, развивающаяся после острого облучения различными видами ИИ в дозах, превышающих «пороговую» дозу облучения, равную 1 Гр. Является общим заболеванием со специфическими симптомами. *Основными клиническими синдромами* ОЛБ являются:

- костно-мозговой (кровотворный);
- желудочно-кишечный;
- токсемический;
- церебральный.

Костно-мозговая форма ОЛБ развивается после облучения в дозе 1–10 Гр, кишечная – 10–20 Гр, токсемическая – 20–80 Гр и церебральная – более 80 Гр.

Костно-мозговую форму болезни делят на *четыре степени тяжести*:

- легкую степень – возникает после облучения в дозе 1–2 Гр

(табл. 7.1);

- среднюю степень – после облучения в дозе 2–4 Гр;
- тяжелую степень – после облучения в дозе 4–6 Гр;
- крайне тяжелую степень – после облучения в дозе 6 и более Гр.

Таблица 7.1

Характеристика основных форм лучевой болезни (ЛБ)

Степень острой ЛБ	Доза облучения, Гр	Характеристика болезни
Легкая	1–2	Слабость, головная боль, тошнота. Скрытый период до месяца, затем головокружение, рвота. Восстановление крови через 4 месяца
Средняя	2–4	Через 2-3 часа признаки легкой ЛБ. Затем расстройство желудка, депрессия, нарушения сна, повышение температуры тела, кожные кровоизлияния, кровотечение из десен. Восстановление крови через 6 месяцев. Возможны смертельные случаи
Тяжелая	4–6	Через час неукротимая рвота. Все признаки ЛБ проявляются резко: озноб, отказ от пищи. Смерть в течение месяца до 60 % облученных
Крайне тяжелая	> 6	Через 15 мин неукротимая рвота с кровью, потеря сознания, непроходимость кишечника. Смерть наступает в течение 10 суток

Течение острой лучевой болезни характеризуют 4 периода (этапа) ее развития:

- общая первичная реакция;
- скрытый (латентный) период;
- период разгара болезни;
- период восстановления или смерти.

Хроническая лучевая болезнь представляет собой заболевание, вызванное повторным или продолжительным облучением

организма в малых дозах, либо является результатом перенесенной острой лучевой болезни. Характеризуется длительным и волнообразным течением болезни. Имеет три степени тяжести: легкая, средняя и тяжелая.

Стохастическими (вероятностными) называют вредные эффекты, не имеющие дозового порога. Для них вероятность возникновения рассматривают как функцию дозы, а тяжесть проявления не зависит от дозы облучения. Возникают *при облучении малыми дозами* и проявляются при любой дозе, отличной от нуля. Вероятность возникновения стохастических беспороговых эффектов пропорциональна дозе облучения. При увеличении дозы облучения повышается ожидаемое число случаев лейкозов, опухолей и генетических последствий облучения, а не их тяжесть. Латентный (скрытый) период возникновения этих эффектов у облученного человека составляет от 2–5 до 30–50 и более лет.

Тератогенное действие радиации – возникновение пороков развития и уродств плода вследствие облучения его в утробе матери. Тератогенные эффекты в виде различных пороков развития, задержки умственного развития и уродств возникают даже после незначительных доз облучения ($> 0,1$ Гр) в первые 38 дней эмбрионального периода. Они являются разновидностью соматических эффектов, т.к. возникают у ребенка в результате непосредственного облучения его на стадии эмбриона или плода.

Радиопротекторы – химические вещества, используемые для повышения устойчивости (радиорезистентности) организма к облучению. Большинство радиопротекторов принимают за 5–30 мин до облучения. *Средства ранней терапии* эффективны при введении непосредственно или в ближайшее время после облучения. Радиозащитное действие препаратов реализуется благодаря их взаимодействию с рецепторами радиочувствительных клеток.

Диапазон *устойчивости к радиации в живой природе* необычайно широк. Наиболее устойчивы к действию ионизирующих излучений микроорганизмы (бактерии, простейшие, дрожжи и др.). По мере усложнения биологической организации объектов их устойчивость к радиации снижается. Наиболее радиочувстви-

тельными являются млекопитающие. Хладнокровные животные более радиорезистентны, чем теплокровные организмы. По степени возрастания чувствительности к ионизирующим излучениям живые организмы располагаются в следующем порядке: вирусы → амеба → черви → кролик → крыса → мышь → обезьяна → собака → человек. Человек по уровню радиочувствительности занимает примерно срединное положение среди млекопитающих. Растения выносливее, чем животные, однако их радиочувствительность тоже колеблется в больших пределах в зависимости от вида.

Радиационный риск – вероятность того, что у человека в результате облучения возникнет какой-либо конкретный вредный эффект от ионизирующего излучения (заболевание, нарушение трудоспособности, преждевременная смерть). В качестве основного критерия принят индивидуальный радиационный риск. Для расчетов радиационного риска используют усредненные коэффициенты пожизненного риска смерти от рака (повышенная вероятность смерти от рака облученного организма), отнесенные к дозе излучения. Степень риска зависит от вида и способа излучения, дозы и мощности дозы, радиочувствительности облученных органов. На показатели риска влияют пол, возраст в момент облучения и др. факторы.

Принимают, что стохастические эффекты, приводящие к сокращению ожидаемой продолжительности полноценной жизни, проявляются у 7,3 человека (для персонала, работающего с ионизирующим излучением, – у 5) на 100 облученных людей при коллективной дозе 1 Зв. Чтобы определить уровень пожизненного коллективного или индивидуального риска, эти коэффициенты умножают на эффективную дозу, коллективную или индивидуальную. По величине пожизненного риска, обусловленного воздействием излучения в течение одного года, можно оценить уровень радиационной безопасности персонала и населения. Риском можно пренебречь, если он меньше 0,0000001.

Оценка уровней радиационного риска необходима для выработки необходимых мер предотвращения ущерба, защиты населения и ликвидации последствий возможных аварий. Для оценки радиационных эффектов используют модели абсолютного (МАР) и относительного (МОР) риска. Различия между этими

моделями заключаются в не одинаковой оценке влияния существующего радиационного фона на дополнительный радиационный риск. В первом случае (МАР) дополнительный радиационный риск не зависит от существующего радиационного фона и является аддитивным, во втором (МОР) – увеличивает существующий риск мультипликативно.

Синергизм в действии радиации. Эффект радиации может многократно усиливаться при ее воздействии одновременно с другими факторами среды – химическими (пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др.) и физическими (электромагнитные, температурные воздействия) загрязнениями. Оказалось, например, что малые количества пестицидов могут усиливать действие радиации. То же самое происходит при действии радиации в присутствии небольших количеств ртути. Недостаток селена в организме усиливает тяжесть радиационного поражения. У курильщиков, подвергающихся облучению в 15 мЗв/год, риск заболеть раком легких возрастает более чем в 16 раз по сравнению с некурящими. На фоне небольшого по величине хронического облучения разовое кратковременное дополнительное облучение дает эффект много более значимый, чем при простом суммировании этих доз. Возможно, эффект такого взаимодействия радиации с другими факторами риска основан на сенсбилизации (повышении чувствительности) организма, испытавшего воздействие малых доз облучения, к химическим мутагенам и канцерогенам.

8. ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

8.1. Международные нормы радиационной безопасности

Радиационная безопасность – комплекс научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих защиту человека и объектов окружающей среды от вредного воздействия ионизирующих излучений (ИИ).

Международные нормы радиационной безопасности разработа-

тываются МАГАТЭ ООН в виде предложений и Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ), в виде публикаций (к настоящему времени их издано более 100). Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР ООН) обобщил научные сведения о радиации в восьми томах. Основной величиной, предлагаемой международными организациями для применения мер радиационной защиты, является величина предотвращенной дозы.

Принципы радиационной безопасности:

– *принцип нормирования* – принцип ограничения индивидуальных доз облучения и риска. Эффективная и эквивалентная дозы облучения отдельных лиц от всех видов практической деятельности не должны превышать установленных пределов дозы. Ни один человек не должен подвергаться риску от облучения, считающегося неприемлемым для практической деятельности;

– *принцип обоснования* – принцип оправданности применения. Никакой вид использования источников ионизирующих излучений не должен вводиться в практику, если он не приносит реальной пользы;

– *принцип оптимизации радиационной безопасности*. Значения индивидуальных доз и число облученных лиц, а также возможность подвергнуться облучению должны поддерживаться на таких низких уровнях, какие только можно разумно достичь с учетом экономических и социальных факторов.

В условиях радиационной аварии принципы радиационной безопасности относят к защитным мероприятиям:

– *принцип обоснования* – в качестве критерия оценки использует предотвращенную данным защитным мероприятием дозу и проводят мероприятия, направленные на восстановление контроля над источниками излучения;

– *принцип оптимизации* – учитывает предотвращаемую дозу облучения и ущерб, связанный с вмешательством. Мероприятия по ликвидации последствий радиационной аварии должны приносить больше пользы, чем вреда. Величину пользы оценивают по предотвращенной данным мероприятием дозе облучения. Сводят к минимуму дозы облучения, количество облученных лиц, радиоактивное загрязнение окружающей среды,

экономические и социальные потери, вызванные радиоактивным загрязнением.

Виды и масштаб деятельности по ликвидации последствий радиационной аварии реализуют таким образом, чтобы польза от снижения дозы ионизирующего излучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной.

В случае аварии уровни вмешательства должны исключить серьезные детерминированные эффекты путем реализации контрмер, ограничивающих индивидуальные дозы облучения до уровней ниже порогов возникновения этих эффектов. Риск же стохастических последствий должен быть ограничен за счет осуществления оправданных с социально-экономической точки зрения контрмер, позволяющих добиться положительного эффекта для здоровья пострадавших лиц. Общее число стохастических эффектов должно быть ограничено настолько, насколько это возможно за счет уменьшения коллективной эффективной дозы.

Основными принципами обеспечения радиационной безопасности при практической деятельности являются:

- принцип нормирования;
- принцип обоснования;
- принцип оптимизации.

Принцип нормирования. Нормирование ИИ для практической деятельности.

ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ:

- индивидуальная годовая эффективная доза – 2 сЗв/год, за 5 последующих лет – до 10 сЗв с допущением не превышать ее за любой отдельный год выше 5 сЗв/год;
- для хрусталика и кожи, а также ступней и кистей рук предел эквивалентной дозы составляет соответственно 15, 50 и 50 сЗв/год;
- коэффициенты риска стохастических эффектов = $5,6 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$, из которой $4 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$ приходится на фатальный рак, а по $0,8 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$ – на не смертельный рак и тяжелые наследственные эффекты.

ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ:

- один мЗв/год – для эффективной дозы;
- 15 и 50 мЗв/год – для эквивалентной дозы на хрусталик глаза и на кожу;
- коэффициенты риска стохастических эффектов = $7,3 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$, из

которой $5 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$ приходится на фатальный рак, а 1 и $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1}$ – на не смертельный рак и тяжелые наследственные эффекты.

8.2. Нормативные правовые акты Республики Беларусь в области радиационной безопасности населения

Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного воздействия ионизирующего излучения.

Правовое регулирование в области радиационной безопасности в Республике Беларусь осуществляется:

– Законом Республики Беларусь от 5 января 1998 г. № 122-3 «О радиационной безопасности населения»;

– Законом Республики Беларусь от 30 июля 2008 г. № 426-3 «Об использовании атомной энергии»;

– Законом Республики Беларусь от 6 января 2009 г. № 9-3 «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий»;

– Законом Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-3 «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

– Санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. № 213;

– Гигиеническими нормативами «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. № 213;

– Санитарными нормами и правилами «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2013 г. № 137;

– другими нормативными правовыми актами.

В Республике Беларусь *нормативными правовыми актами*, имеющими высшую юридическую силу и отражающими радиационную безопасность, являются конституция, декреты Президента

и законы Республики Беларусь. Например, Закон Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» принят Палатой представителей 16 декабря 1997 г. и одобрен Советом Республики 20 декабря 1997 г. (редакция от 5 января 1998 г. № 122-З). Определяет основы правового регулирования в области обеспечения радиационной безопасности населения. Предусматривает создание условий, обеспечивающих охрану жизни и здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения. В Законе определяются функции государства в области обеспечения радиационной безопасности. Устанавливаются гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Республики Беларусь в результате воздействия источников ионизирующего излучения. Представлены общие требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками ионизирующего излучения, воздействию радона и γ -излучения природных радионуклидов, при потреблении пищевых продуктов и питьевой воды, в условиях медицинского облучения и др. Определены меры по обеспечению радиационной безопасности при радиационной аварии, права и обязанности граждан и общественных объединений в области обеспечения радиационной безопасности и ответственность за невыполнение требований по ее обеспечению. Основными законами в области радиационной безопасности являются также Законы Республики Беларусь: «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» (принят 12 ноября 1991 г., ред. 12 мая 1999 г. и 24 июля 2002 г.), «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий» (от 6 января 2009 г.), «О ратификации Международной конвенции о борьбе с актами ядерного терроризма» (принят 20 октября 2006 г.), «Об использовании атомной энергии» (от 30 июля 2008 г.).

8.3. Национальные нормы радиационной безопасности

В Республике Беларусь введены «Нормы радиационной безопасности, НРБ-2000» – система дозовых пределов и принципы их применения (табл. 8.1).

Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год. За трудовую деятельность (50 лет) – 1000 мЗв	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. За жизнь (70 лет) – 70 мЗв
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза ³¹⁾	150 мЗв	15 мЗв
Коже ³²⁾	500 мЗв	50 мЗв
Кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

НРБ-2000 с дополнениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 195, обеспечивают безопасность человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного и природного происхождения.

Они являются основным документом, регламентирующим уровни воздействия ионизирующих излучений на человека. Для каждой категории облучаемых лиц значение допустимого уровня радиационного воздействия определяют так, чтобы при воздействии только облучения в течение года величина дозы равнялась величине соответствующего годового предела (усредненного за пять лет).

Ограничение облучения населения достигается путем ограничения воздействия от всех основных видов облучения. Регламентацию разных видов облучения осуществляют раздельно с применением разных методологических подходов и технических способов. Принимают меры как по снижению дозы облучения у отдельных лиц, так и числа лиц, подвергающихся облучению, в соответствии с принци-

пом оптимизации. На основе этих норм разработаны основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений – ОСП-2002, которые зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 14 марта 2002 г. № 8/7859 и являются документом, регламентирующим требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения. Правила содержат требования по обеспечению радиационной безопасности персонала учреждений и населения, а также по охране окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами; учету, хранению и перевозке источников ионизирующего излучения; сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких радиоактивных отходов. Правила являются обязательными для исполнения на территории Республики Беларусь всеми юридическими и физическими лицами, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей.

8.4. Допустимые уровни облучения

Допустимые уровни облучения регламентируются НРБ-2000. Это уровни воздействия ионизирующих излучений на человека, при которых исключено возникновение нестохастических (ближайших) последствий облучения организма, а риск отдаленных соматикостохастических (злокачественных новообразований) и генетических последствий минимален. Они основаны на следующих основных принципах:

- не превышении установленного дозового предела;
- исключении всякого необоснованного облучения;
- снижения дозы излучения до возможно низкого уровня.

Установлены две категории облучаемых лиц:

- персонал – лица, которые постоянно или временно непосредственно работают с ИИИ;
- население Республики Беларусь.

В реальных условиях различные органы или ткани человека облучаются неодинаково при попадании радиоактивных веществ внутрь организма, поскольку различные радионуклиды по-

разному распределяются по органам и тканям человека. Учитывая эти обстоятельства, а также необходимость ограничить облучение различных органов и тканей человека введены *Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и в питьевой воде* (РДУ). Они ограничивают поступление радионуклидов с продуктами питания и регламентируют содержание радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах, включая импортные.

Действие РДУ распространяется на всю территорию Республики Беларусь. Превышение регламентируемых уровней содержания радионуклидов в продуктах питания дает основание для уполномоченных на то органов запретить реализацию населению данных продуктов через торговую сеть и сеть общественного питания. Поставка продуктов питания за пределы Республики Беларусь осуществляется по нормативам страны-импортера.

Контроль за содержанием радионуклидов в продуктах питания осуществляется в соответствии с требованиями Положения о контроле радиоактивного загрязнения от Чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь, утвержденного приказом Министерства по чрезвычайным ситуациям от 06.02.1995 № 5 (зарегистрировано в Реестре государственной регистрации 28.02.1995 № 767/12), а также в соответствии с утвержденными министерствами и ведомствами положениями и программами радиационного контроля.

Регулирующий контроль в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности начинается со стадии проектирования радиационно опасных объектов. Он включает в себя оценку степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая не превышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также территорий и зданий с повышенным уровнем природного облучения. Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения, кроме исключенных из их действия.

Радиационный контроль окружающей среды в Беларуси проводит ГУ «Республиканский центр радиационного контроля

и мониторинга окружающей среды» (ГУ РЦРКМ) при Департаменте по гидрометеорологии. В последнем в 2005 г. создан информационно-аналитический центр радиационного мониторинга Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.

9. КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (ЧАЭС) И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

9.1. Катастрофа на ЧАЭС, особенности радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь

26 апреля 1986 года на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС произошли два взрыва, которые полностью разрушили реактор. *Причинами аварии* были непрофессиональные действия персонала энергоблока ЧАЭС по проведению эксперимента. Ошибки в их работе способствовали реализации конструктивных и физических недостатков ядерного реактора РБМК-1000. Такими недостатками были: возможность проявления положительного парового коэффициента реактивности, высокая чувствительность нейтронного поля к возмущениям реактивности, большое количество тепловой энергии, аккумулированной в металлоконструкциях, ТВЭЛах, графитной кладке реактора, несовершенство системы аварийной остановки реактора, отсутствие защитной оболочки.

В развитии аварии на ЧАЭС важную роль сыграл пожар. Остатки активной зоны расплавились, смесь из расплавленного металла, песка, бетона и фрагментов топлива растеклась по подреакторным помещениям. В результате катастрофы произошел выброс в окружающую среду более 200 радионуклидов 36 химических элементов радиоактивных веществ, в том числе изотопов урана, плутония, йода-131, цезия-134, -137, стронция-90 и др.

В окружающую среду было выброшено более 30 % от 180–190 т ядерного топлива, находившегося в реакторе, его продукты деления, трансурановые элементы, все благородные газы, содер-

жавшиеся в реакторе, примерно 55 % йода в виде смеси пара, твердых частиц и органических соединений, и аэрозоли цезия и теллура. Суммарная активность веществ, выброшенных в окружающую среду, достигла более $14 \cdot 10^{18}$ Бк.

Последствия катастрофы на ЧАЭС оказали серьезное влияние на здоровье людей. Были зарегистрированы 134 случая острой лучевой болезни среди людей, выполнявших аварийные работы. К 2004 г. уровень заболеваемости злокачественными образованиями среди хронически больных детей увеличился и составил 13,9 случая на 100 000 детского населения. В 1990–1998 гг. было выявлено более 4000 случаев заболевания раком щитовидной железы среди тех, кому в момент аварии было менее 18 лет. С 2001 г. его число увеличилось в 3,5 раза, а заболеваемость доброкачественными новообразованиями – более чем в 2 раза. Острой проблемой остаются болезни эндокринной системы, которые на загрязненных территориях превысили на 20 % средний уровень по республике. Достоверно возросло число болезней, сопровождающихся повышенным артериальным давлением, цереброваскулярными изменениями, инфарктом миокарда среди населения трудоспособного возраста. В различных районах Республики Беларусь обнаружено увеличение числа врожденных патологий в период между 1986–1994 гг.

Особенно высокая заболеваемость у ликвидаторов последствий Чернобыльской катастрофы, у эвакуированных из 30-километровой зоны в 1986 г. и у людей, проживавших и проживающих в зонах первоочередного и последующего отселений.

9.2. Основные типы радионуклидов, выпавших на территории Республики Беларусь, и особенности их миграции

После взрыва на ЧАЭС во внешнюю среду были выброшены радиоактивные вещества (около 450 радионуклидов) общей активностью около 10 ЭБк (эксабеккерели, $1 \text{ Э} = 10^{18}$). Было выброшено 50–60 % йода и 30–35 % цезия, содержащихся в реакторе.

За время активного выброса из реактора (с 26 апреля по 5 мая 1986 г.) ветер вокруг Чернобыля развернулся на 360° , в результате чего радиационные выбросы (разного радионуклидного состава в разные дни) покрыли большое пространство. Формирование ра-

диоактивного загрязнения Беларуси началось сразу же после взрыва реактора. 27–28 апреля 1986 г. территория Беларуси находилась под влиянием пониженного атмосферного давления. 28 апреля во всех областях республики прошли дожди, носившие ливневый характер. С 29 апреля переместившиеся в северном направлении воздушные массы с радиоактивными выбросами в связи со сменой направления движения воздушных потоков начали перемещаться из Прибалтики в Беларусь. Такой перенос воздушных потоков сохранялся до 6 мая. С 8 мая произошло повторное изменение направления движения воздушных масс, и их траектория вновь проходила от Чернобыля в северном направлении.

Метеорологические условия движения радиоактивно загрязненных воздушных масс с 26 апреля по 10 мая 1986 г. в совокупности с дождями, особенно в конце апреля и начале мая, определили масштабность радиоактивного загрязнения территории Европы.

Выпадения из чернобыльских облаков затронули территории, на которых живет не меньше трех миллиардов человек. В 13 европейских странах более 50 % территорий были загрязнены радионуклидами из Чернобыля, еще в 8 странах – более 30 % территорий.

После аварии в разной степени загрязненными радионуклидами оказались 11 областей СССР, в которых проживало 17 млн человек.

Выброшенные радионуклиды примерно распределились: Республика Беларусь – 34 %, Украина – 20 %, Российская Федерация – 24 %, Европа – 22 %. В результате первоначального радиоактивного загрязнения цезием-134, цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239 в зонах загрязнения оказалось 3668 населенных пунктов с населением более 2 млн человек, в том числе 500 тыс. детей.

Полностью оказались в зоне радиоактивного загрязнения Гомельская и Могилевская области, 10 районов Минской области, 6 районов Брестской области, 6 районов Гродненской области и 1 район Витебской области.

Основной вклад в радиоактивное загрязнение местности Республики Беларусь в первые дни после аварии внесли короткоживущие радионуклиды: йод-131, йод-132, телур-132, рутений-103, барий-140 и др.

Йод-131. 25 % от общего количества выброшенных радионуклидов составлял йод-131. Практически вся территория Республики Беларусь была загрязнена йодом-131. Являясь β- и γ-излучателем, находясь в аэрозольном состоянии, йод-131 нанес основной удар по щитовидной железе людям с дефицитом йода.

После распада йода-131 и других короткоживущих радионуклидов основными источниками радиоактивного загрязнения в Республике Беларусь в настоящее время остались:

- цезий-137 – загрязнил 23 % территории республики (46450 км²);
- стронций-90 – загрязнил 10 % территории республики (2070 км²);
- плутоний-239 – загрязнил 2 % территории республики (430 км²).

Цезий-137. Хорошо сорбируется почвами (особенно черноземами). β- и γ-излучатель, период полураспада составляет 30 лет. На территорию Беларуси выпал в виде дисперсных частиц размером от 2 мкм до нескольких сотен микрометров.

В организм человека радиоцезий поступает через желудочно-кишечный тракт. Легко всасывается в желудочно-кишечном тракте (50–80 %) и свободно циркулирует в составе крови по всему телу. Основная часть цезия накапливается в мышцах (80 %), в костях – 8 %. Выводится из организма с мочой, калом и потом.

Стронций-90. β-излучатель. Период полураспада – 29 лет. Входит в состав биологической ткани животных и растений. В растениях в основном накапливается в корневой системе. Его также много в зерне, листовых овощах. Всасывание стронция в организм человека зависит от ряда факторов:

- возраста (у детей процент всасывания выше);
- физиологического состояния организма (период беременности, лактации);
- приема витамина D (витамин ускоряет всасывание стронция);
- количества поступающего в организм кальция (чем больше поступает кальция, тем меньше всасывается стронция);
- пола (у мужчин всасывание идет активней).

У кур стронций переходит в скорлупу яиц, у коров значительная часть переходит в молоко. Стронций-90 вызывает различные онкологические и другие заболевания.

Плутоний-238, -239, -240, -241 – α -излучатель. Обладает также слабым гамма-излучением и мягким рентгеновским излучением. Период полураспада плутония-239 – 24065 лет. Особо опасен при попадании в органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и на поврежденную кожу. При дефиците кальция и стронция избирательно накапливается в костях, но при попадании в кровеносное русло 45 % плутония задерживается в печени, откуда половина выводится только через 20 лет. Однако, на практике уже через 2–3 месяца возникает цирроз печени. Плутоний-239 также аккумулируется в скелете и в лимфатических узлах, подавляет системы кроветворения и иммунную. Загрязнение почвы изотопами плутония охватывает около 430 км² или 2 % площади Республики Беларусь. Эти территории преимущественно находятся в Гомельской области (Брагинский, Наровлянский, Хойникский, Речицкий, Добрушский и Лоевский районы) и Чериковском районе Могилевской области. Загрязнение изотопами плутония с высокой плотностью характерно для 30-километровой зоны ЧАЭС.

Америций-241 является продуктом распада плутония-241, α - и γ -излучатель. На территорию Республики Беларусь плутония-241 выпало незначительное количество, однако этот элемент опасен тем, что в отличие от других радионуклидов обладает очень жестким гамма-излучением. Оно более опасно, чем рентгеновское излучение. По своему воздействию на организм человека он аналогичен плутонию-239, но с более тяжелыми последствиями, связанными с микровзрывами.

Учитывая, что америций-241 имеет большой период полураспада (432 года), он будет представлять опасность в течение тысячелетий. Через 100 лет после аварии на ЧАЭС (в 2086 г.) общая активность почвы на загрязненных им территориях Республики Беларусь будет в 2,4 раза выше, чем в начальный послеаварийный период. Снижение α -активности почвы от ²⁴¹Am до 3,7 кБк/м² ожидается после 2400 г.

Наряду с аэрозолями отдельных радионуклидов в чернобыльском выбросе имелись и аэрозоли диспергированного ядерного топлива (частички топлива). Они были различной величины (от 2 мкм до сотен микрометров), активности и радионуклидного состава. В настоящее время основное количество этих частиц (до

70 %) находится в верхнем слое почвы (до 1 см). Эти частицы представляют опасность для всего живого ввиду высокой концентрации в них радионуклидов с разными видами излучений.

При попадании таких частиц в организм человека последствия для здоровья могут быть крайне тяжелыми и зависеть от особенностей каждого типа радионуклида, содержащегося в «горячей» частице.

Радиационная ситуация на территории Беларуси улучшается со временем по причине снижения активности загрязненных объектов согласно закону радиоактивного распада. К 2016 г. пройдет период полураспада радионуклидов цезия-137 и стронция-90, т.е. уровень радиации уменьшится в 2 раза.

Выпавшие радионуклиды находятся в постоянной миграции в зоне непосредственного выпадения (вертикальная миграция), а также распространяются в «чистую» зону (горизонтальная миграция).

На радиационную обстановку большое влияние оказала *вертикальная и горизонтальная миграция* ^{137}Cs и ^{90}Sr . Миграция их вглубь почвы происходит медленно. У ^{90}Sr скорость заглубления выше, чем у ^{137}Cs , особенно в глинистых и песчано-подзолистых почвах. Средняя скорость миграции радионуклидов составляет 0,3–0,5 см в год. Темпы миграции увеличиваются с повышением влажности почвы. Движущими силами вертикальной миграции радионуклидов являются конвективный перенос (фильтрация атмосферных осадков вглубь почвы), капиллярный перенос радионуклидов с влагой к поверхности в результате испарения, перенос радионуклидов с влагой под действием градиента температур; перенос по корневым системам растений, роющая деятельность почвенных животных, хозяйственная деятельность человека и др. Горизонтальная миграция радионуклидов происходит с ветром, во время лесных пожаров и пожаров торфяников, со стоками поверхностных вод, паводковыми и дождевыми потоками, дикими животными, птицами и др. Определенную роль в горизонтальном перемещении нуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Значительное количество радионуклидов распространяется по республике с выращенным на загрязненных территориях урожаем.

9.3. Прогнозирование состояния радиоактивного загрязнения территории

Прогноз распространения радионуклидов в основном связан с горизонтальной миграцией, деятельностью человека, состоянием погоды и способностью растений аккумулировать радионуклиды. Долгосрочный прогноз показывает, что самоочищение почв, особенно от цезия-137, вследствие вертикальной миграции будет происходить крайне медленно. Ввиду длительного пребывания цезия-137 в пахотном слое на десятилетия остается опасность радиоактивного загрязнения продукции растениеводства за счет корневого и аэрального поступлений.

Радиоактивному загрязнению подверглась более 46 тыс. км² (23 %) территории Республики Беларусь (рис. 9.1).



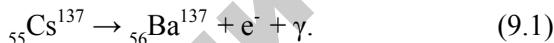
Рис. 9.1. Загрязнение в 1986 г. территории Республики Беларусь цезием-137

Загрязнение оказалось неравномерным и «пятнистым» по всей территории Беларуси. Наиболее сильно пострадали области, в которых в это время прошел дождь (Гомельская, Могилевская, Брестская области). Йод распространился почти на всю территорию республики.

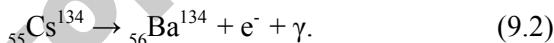
Загрязнение территории Беларуси – в окружающую среду попали изотопы ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I и ^{135}I .

Поступление радиоактивного йода в щитовидную железу человека приводит к нарушению образования в ней гормонов (тироксина, трийодтиронина и кальцитонина). Изменяются процессы роста, созревания тканей и органов, обмена веществ и энергии, обмена кальция в клетках, процессы роста и развития костного аппарата. Отмечают изменения и в генетическом аппарате клеток щитовидной железы, приводящие к развитию в ней ракового заболевания.

Имеется 20 радиоактивных и 1 стабильный *изотоп цезия*. При β -распаде *цезия-137* ($T_{1/2} = 30,2$ года) энергия *электрона* составляет 514 кэВ (макс. – 1,18 МэВ), *γ -кванта* – 661 кэВ, что способствует превращению его в стабильный изотоп бария:



При β -распаде *цезия-134* ($T_{1/2} = 2,06$ года) энергия *электрона* достигает 662 кэВ, *γ -кванта* – 128 и 796 кэВ:



Главными депо цезия в организме человека являются мышцы, сердце, печень.

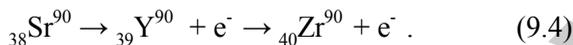
Распределяются изотопы в организме равномерно и вызывают развитие опухолей.

Известно 12 радиоактивных *изотопов стронция* с атомной массой 81–83, 85, 89–96. Наиболее опасным является *стронций-89* (${}_{38}\text{Sr}^{89}$, $T_{1/2} = 51$ день), который, излучая β -частицу с энергией 1,462 МэВ, переходит в стабильный Y:



Стронций-90 (${}_{38}\text{Sr}$, $T_{1/2} = 29,12$ лет) испускает электрон с энер-

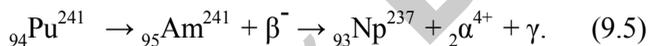
гией 546 кэВ, превращаясь в иттрий-90 (${}_{39}\text{Y}^{90}$, $T_{1/2} = 64,8$ ч). Последний испускает электрон с максимальной энергией 2,27 МэВ и превращается в цирконий-90 (Zr^{90}):



Изотопы стронция накапливаются в костях скелета, в особенности в позвонках, зонах активного роста и перестройки костей, скелете плода. Они вызывают развитие опухолей.

Известны 7 изотопов плутония с периодом полураспада $T_{1/2} > 2$ лет.

Плутоний-241 ($T_{1/2} = 14,4$ года) испускает α - и β -частицы (122 и 524 кэВ), γ -кванты (2,54 МэВ) и превращается в америций-241:



$$T_{1/2} = 432 \text{ года.}$$

Изотопы плутония накапливаются в костях, печени, легких. Вызывают развитие хронической анемии, остеопороза, рака костей, легких и др.

В 2016 г. площадь загрязнения ${}^{137}\text{Cs}$ выше 37 кБк/м² уменьшится с 46 тыс. км² до 33 тыс. км² или с 23 % до 16 % от всей территории республики. Примерно в такой же пропорции уменьшится загрязнение радиоактивным ${}^{90}\text{Sr}$. Рост активности почв, загрязненных трансурановыми изотопами, за счет америция будет продолжаться до 2060 г. и его вклад в загрязнение почв составит 66,8 %. В частности, в 2086 г. α -активность почвы на загрязненных плутонием территориях Республики Беларусь будет в 2,4 раза выше, чем в начальный послеаварийный период.

В результате загрязнения почв радиоактивными веществами пострадали флора и фауна Полесья и др. регионов, леса, болота и др. Особую тревогу вызывает опасность распространения радионуклидов через водную среду.

В первые дни катастрофы на ЧАЭС около 80 % всех радиоактивных выпадений на лесные площади было задержано над-

земными частями древесных растений и около 20 % их осели на почвенный покров. В зоне радиоактивного загрязнения оказалось ~1,73 млн га лесов, или 25 % лесных угодий республики. Продолжается накопление радионуклидов в древесине основных лесообразующих пород. Вклад во внутреннюю дозу облучения жителей «лесных» населенных пунктов вносят грибы, лесные ягоды, дичь и др.

Накопление радионуклидов в растениях происходит благодаря поступлению их с водой и минеральными веществами через корневую систему и с поверхности листьев. Величина его зависит от коэффициентов *перехода радионуклидов в продукты питания из почвы* – соотношения между содержанием радионуклидов в продуктах питания и в почве. Они колеблются для ^{137}Cs от 0,5–0,6 в хлеб пшеничный до 60 (Бк/кг)/(кБк/м²) в грибы и для ^{90}Sr – от 0,2 в мясо говяжье до 2 (Бк/кг)/(кБк/м²) в рыбу. В результате *хлебобулочные изделия и мясо, например, имеют несколько большую радиоактивность, чем молоко, сметана, масло, кефир, овощи и фрукты.*

Организмы, которые накапливают радионуклиды в особенно высоких концентрациях, называют «*биоиндикаторами радиоактивного загрязнения*». Так, водоросль кладофора особенно интенсивно накапливает ^{91}Y , а моллюск большой прудовик – ^{90}Sr . Их можно использовать для оценки загрязненности окружающей среды.

В организм человека (и животных) радионуклиды поступают через легкие, желудочно-кишечный тракт и кожу. Если в первые дни аварии на ЧАЭС актуальными были все три способа поступления, то в настоящее время превалирует поступление через желудочно-кишечный тракт.

Основным является поступление радионуклидов из почвы в организм человека по пищевым цепочкам – путям прохождения радионуклидов через промежуточные продукты питания к человеку. Таких пищевых цепочек много (рис. 9.2).

В качестве примера приведем несколько из них: почва – растение – животное – молоко – человек, почва – растение – животное – мясо – человек, вода – водоросли – рыба – человек и др. Удельная активность радионуклида в каждом последующем звене цепочки выше, чем в предыдущем.



Рис. 9.2. Пищевые цепочки радионуклидов черновыльсого происхождения

Высокие уровни накопления радионуклидов растительным комплексом исключают их использование человеком. Максимальное количество радиоактивного цезия находят у птиц и хищных животных, являющихся объектами охоты. Остается на высоком уровне также содержание радионуклидов у копытных млекопитающих, обитающих в наиболее загрязненных районах. Загрязнены радионуклидами также и водные экосистемы.

10. ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ЛИКВИДАЦИИ

10.1. Социально-экономические потери Республики Беларусь

Социально-экономический ущерб от катастрофы на ЧАЭС намного больше затрат на обеспечение безопасности ядерной установки. Ущерб, нанесенный нашей республике Чернобыльской

катастрофой в расчете на 30-летний период ее преодоления, равен 235 млрд долларов США, что соответствует 32 бюджетам Беларуси в 1985 г. Наибольший ущерб нанесен здоровью населения, агропромышленному и лесному хозяйствам, промышленности, социальной сфере, строительному комплексу, транспорту, связи, жилищно-коммунальному хозяйству, сырьевым ресурсам, земельным, водным, лесным и другим ресурсам. Социальные потери включают потери в жилищном хозяйстве, охране здоровья, образовании и культуре, торговле и общественном питании, бытовом обслуживании. Делятся на непосредственный и косвенный ущерб от катастрофы.

Социально-экономические последствия. Из сельскохозяйственного оборота выведено 2,64 тыс. км² сельхозугодий. Ликвидировано 54 сельскохозяйственных предприятия, закрыто девять предприятий перерабатывающей промышленности агропромышленного комплекса. Резко сократились посевные площади и валовой сбор сельскохозяйственных культур, существенно уменьшилось поголовье скота.

В зоне загрязнения оказались 132 месторождения различных видов минерально-сырьевых ресурсов Республики Беларусь, в том числе 47 % промышленных запасов формовочных, 19 % строительных и силикатных, 91 % стекольных песков, 20 % промышленных запасов мела, 13 % запасов глин для производства кирпича, 40 % тугоплавких глин, 65 % запасов строительного камня и 16 % цементного сырья. Из планов проведения геологоразведочных работ исключена территория Припятской нефтегазоносной области, ресурсы которой оценены в 52,2 млн т нефти.

Большой урон нанесен лесному хозяйству. Около четверти лесного фонда Республики Беларусь – 17,3 тыс. км² леса подверглись радиоактивному загрязнению. Ежегодные потери древесных ресурсов превышают 2 млн м³. В Гомельской и Могилевской областях, где загрязнено радионуклидами соответственно 51,6 и 36,4 % общей площади лесных массивов, заготовка древесины на территории с плотностью загрязнения по цезию-137 555 кБк/м² и выше полностью прекращена.

В зоне загрязнения находятся около 340 промышленных предприятий, условия функционирования которых существенно ухуд-

шились. В связи с отселением жителей из наиболее пострадавших районов деятельность ряда промышленных предприятий и объектов социальной сферы прекращена. Другие же несут большие потери и продолжают терпеть убытки от снижения объемов производства, неполной окупаемости средств, вложенных в здания, сооружения, оборудование, мелиоративные системы. Существенными являются потери топлива, сырья и материалов.

На радиоактивно загрязненных территориях резко проявляются спад производства, отток из этих районов населения, неразвитость потребительского сектора, низкий уровень удовлетворения потребностей в социально-бытовом и медицинском обслуживании населения.

Если рассматривать структуру видов потерь, то прямые и косвенные потери составят 12,6 %, упущенная выгода – 5,8 %, дополнительные затраты, связанные с ликвидацией последствий катастрофы на ЧАЭС, – 81,6 %.

Агропромышленный комплекс. Из всех отраслей экономики Беларуси от чернобыльского взрыва наиболее пострадало сельскохозяйственное производство. Радиоактивному загрязнению подверглись 56 районов Беларуси. В хозяйствовании этих районов оказалось 1866 тыс. га сельхозугодий с уровнем загрязнения радионуклидами более 37 кБк/м². В результате из оборота выведено 264 тыс. га сельхозугодий, ликвидированы 54 агропредприятия. Остановка производства на зараженных территориях на весь период выхода земель из оборота обусловила большой недобор сельскохозяйственной продукции. Упущенная выгода за 1986–2015 годы достигает 10,3 млрд долларов. Одна из самых острых послекастрофных проблем – осуществление сельхозпроизводства на загрязненных территориях и получение продукции с безопасным для здоровья людей количеством радионуклидов, что требует больших дополнительных ресурсов. Например, для того чтобы уменьшить переход радиоактивных элементов из почвы в растения, а из кормов – к животным, необходимы организационные, агротехнические, агрохимические и зооветеринарные мероприятия. Одной из важных мер является переспециализация сельхозпроизводства – смена структуры посевных площадей, поголовья скота, птицы (при обязательном откорме мясного скота на «чистых» кормах). На практике это привело к уменьшению чистой прибыли.

10.2. Биологические и экологические аспекты последствий загрязнения территории Республики Беларусь

В результате аварии на Чернобыльской АЭС территория Белорусского Полесья подверглась глобальному загрязнению радиоактивными изотопами. Последствия катастрофы серьезнейшим образом затронули все сферы жизнедеятельности региона.

Несмотря на то, что к настоящему времени значительная часть радионуклидов с небольшим периодом полураспада прекратила свое существование, естественные и сельскохозяйственные экосистемы Полесья по прежнему загрязнены цезием-137, стронцием-90, изотопами плутония, америцием-241, имеющими периоды полураспада от 14 до 24065 лет. В этой связи чрезвычайно важным является изучение характера загрязнения территории региона, его населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, лесных массивов, пойменных земель, лугов, болот, осушенных земель. Системные исследования в этом направлении, учитывающие влияние природных особенностей Полесья на поведение радионуклидов и формирование дозовых нагрузок, позволяют установить истинное воздействие на человека, среду его обитания, флору и фауну дополнительной дозы радиации, прибавившейся к природному фону и фону глобальных выпадений, а также избрать наиболее оптимальную стратегию инвестирования, направленную на восстановление природно-хозяйственного потенциала загрязненных территорий.

Последствия Чернобыльской катастрофы затронули в той или иной мере всю Республику Беларусь, однако в наибольшей степени пострадало именно Полесье.

В первые недели после катастрофы значительные уровни радиации за счет короткоживущих изотопов, прежде всего йода-131, регистрировались на всей территории Полесья. В некоторых местах мощность дозы излучения достигала 27 мР/час (примерно в тысячу раз выше естественного фона), уровни выпадения йода-131 на почву в пределах нынешней зоны отчуждения превышали 37000 кБк/м², а вне ее достигали 11100 кБк/м².

Загрязнение йодом-131 обусловило большие дозы облучения щитовидной железы, что привело в последующем к значительному увеличению ее патологии, особенно у детей. Усугубляющее влия-

ние на радиочувствительность и уязвимость щитовидной железы оказывал дефицит природного стабильного йода в почвах и воде, характерный для биогеохимической провинции Белорусского Полесья, эндемичной по зубной патологии.

В настоящее время радиоэкологическая обстановка определяется действием долгоживущих изотопов. Среди них цезий-137, стронций-90, трансурановые элементы: плутоний – 238, 239, 240, 241 и америций-241. И эта ситуация в обозримом будущем не изменится. Цезиевое загрязнение территории имеет весьма неравномерный характер (рис. 10.1, 10.2), причем нередко градиенты изменения содержания цезия-137 в почве, превышающие один порядок, выявляются в пределах одного урочища (населенного пункта).

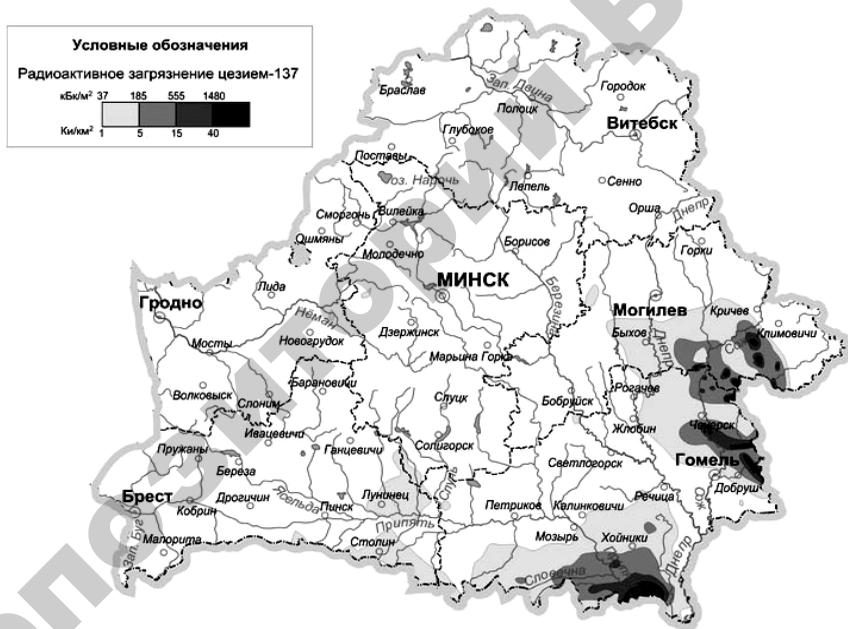


Рис. 10.1. Прогноз радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь цезием-137 (более 37 кБк/м²) на 2016 г.

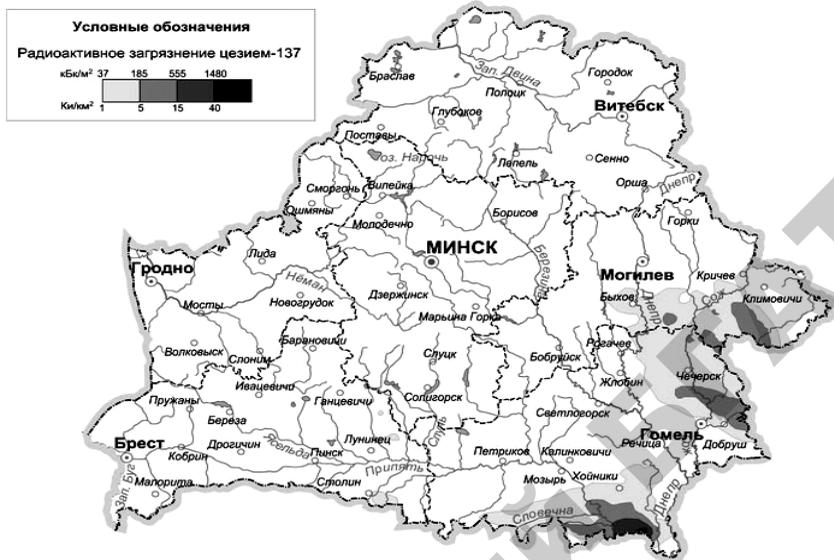


Рис. 10.2. Прогноз радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь цезием-137 (более 37 кБк/м²) на 2046 г.

Загрязнение территории стронцием-90 выше 5,5 кБк/м² обнаружено на площади около 15 тыс. км², в основном в Гомельской области. Загрязнение почвы изотопами трансурановых элементов с уровнем, превышающим 0,37 кБк/м², охватывает около 4 тыс. км² территории шести районов южной части Гомельской области.

Для трансурановых элементов характерен рост удельной активности за счет естественного распада плутония-241 и образования дочернего продукта – америция-241, причем радиотоксичность и период полураспада америция значительно выше, чем материнского нуклида.

Радиоактивное загрязнение почв влечет за собой значительные проблемы в сельском хозяйстве, связанные, прежде всего, с приемлемым качеством производимых продуктов питания. Значительно пострадали и почвы природных экосистем. Физико-химическое состояние радионуклидов в почве и, в первую очередь, количество их мобильных форм являются определяющим фактором в процессах

миграции радиоактивных веществ в почвенном профиле и по трофическим цепям. В настоящее время доля подвижных форм цезия в дерново-подзолистых почвах составляет около 10 %, стронция – до 70 %; в торфяных почвах – 15 и 50 % соответственно. Содержание мобильных форм америция и плутония в почвах не превышает соответственно 12,5 и 9,5 %. Это свидетельствует о том, что основная доля радиоактивных изотопов будет находиться на протяжении десятилетий в корнеобитаемом слое наиболее типичных для Полесья дерново-подзолистых и торфяных почв. Радиоактивное загрязнение почв, являющихся основным депо радионуклидов в экосистемах и начальным звеном трофических цепей, обуславливает накопление изотопов в организмах растений, животных и человека, а также формирование дозовых нагрузок и развитие патологий.

Поверхностные воды – основной фактор, определяющий миграцию радионуклидов в экосистемах. Особенно важна оценка транзитной роли рек, которые являются основными переносчиками радионуклидов и способствуют в том числе их трансграничному перемещению. Для больших и средних рек (Днепр, Припять, Сож, Беседь, Ипуть) в постчернобыльский период проявилась тенденция к резкому снижению концентрации радионуклидов в воде (превышение допустимых уровней не наблюдалось с 1987 г.) и уменьшению объема выноса радиации за счет речного стока. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись малые реки бассейнов Днепра, Сожа, Припяти, дренирующие Полесье. В настоящее время наиболее высокое содержание стронция-90 (до 2,7 Бк/л) наблюдается в полесских малых реках – Брагинке, Несвици, Желони, Ротковке и др. Причем концентрация стронция начинает превышать содержание цезия вследствие высвобождения первого из активных («горячих») частиц, под которыми принято понимать агрегаты микронных и субмикронных размеров, альфа-, бета- и гамма-активность которых многократно превышает активность окружающей среды. Речные воды обладают способностью к самоочищению, что объясняется постоянным выносом водных масс и выпадением взвешенных радиоактивных частиц на дно водоемов. В замкнутых и слабопроточных водных системах озерного типа происходит и будет происходить в дальнейшем сток радионуклидов с территорий водосборов в котловины водоемов, где они кон-

центрируются в донных отложениях, которые, вместе с водной биотой, вносят основной вклад в общую радиоактивность как замкнутых (озера, пруды, водохранилища), так и проточных (реки, каналы) водных экосистем.

Проблема радиоактивного загрязнения воздушных масс остается актуальной для территорий, прилегающих к зоне отселения. Оно определяется содержанием радиоактивной пыли в приземном слое атмосферы. Пылеобразование значительно возрастает во время проведения сельскохозяйственных и других работ с активным техногенным воздействием на почву. На радиоактивное загрязнение приземного воздуха существенное локальное влияние оказывают некоторые стихийные явления, в первую очередь лесные и торфяные пожары.

В результате Чернобыльской катастрофы в зоне радиоактивного загрязнения оказались полесские леса. В настоящее время в наземной части древесных растений находится 5–7 % от общего запаса выпавших на лесные экосистемы радионуклидов. В ближайшие 10 лет наземная фитомасса накопит до 10–15 % от общего количества цезия-37 в лесных массивах. Из пищевой продукции леса наиболее загрязнены грибы (масленок, польский гриб, груздь, зеленка, волнушка) и ягоды (черника, голубика, клюква, земляника). Содержание в них цезия-137 превышает допустимые нормативы даже на территориях с незначительной плотностью загрязнения почвы.

Луговая растительность, в зависимости от почвенно-ландшафтных условий, характера увлажнения, видовых особенностей и других факторов, по-разному накапливает радионуклиды. По средней способности аккумулировать цезий-137 в наземной фитомассе травянистые растения можно расположить следующим образом: вересковые (коэффициент накопления – 0,341), осоковые (0,089), злаковые (0,069), сложноцветные (0,037), гречишные (0,026), бобовые (0,021), кипрейные (0,014), зверобойные (0,012), крестоцветные (0,011).

Растительность территорий радиоактивного загрязнения составляет основу кормовой базы диких животных, у которых наблюдается повышенное содержание радионуклидов, накапливающихся в мышечной ткани и костях. У охотничье-промысловых копытных обнаруживается четко выраженная сезонная зависимость накопле-

ния радионуклидов (увеличение в летне-осенний период). Существенные изменения претерпевает состав и структура зооценозов в зонах отчуждения и отселения.

Прогноз динамики радиационно-экологической ситуации в Полесье позволяет предполагать, что в ближайшее время не ожидается существенного ее изменения. Внешнее гамма-облучение будет по-прежнему определяться цезием-137. Со временем будет возрастать доля обменных форм у стронция-90. В прилегающей к ЧАЭС зоне существенную опасность станет представлять америций-241. Самоочищение почв за счет вертикальной миграции радионуклидов будет протекать медленно. Горизонтальная миграция радионуклидов за счет воздушного и водного переноса не окажет существенного влияния на структуру радиоактивного загрязнения территории. Можно предположить некоторое снижение поступления радионуклидов в древесно-кустарниковый полог леса. Переход радиоцезия в травянистые растения будет увеличиваться, особенно на пойменных, полу- и гидроморфных песчаных местообитаниях. В результате радионуклиды, попавшие в почву и включившиеся в миграционные процессы, еще долгое время будут находиться в биологической цепочке «почва – растение – животное». Возможно воздействие радиационного фактора на физиологическое состояние животных повлияет на половое созревание, сезонность половых циклов, возрастную структуру и численность отдельных популяций.

Таким образом, радиационно-экологическая обстановка в Полесье характеризуется сложностью и неоднородностью загрязнения территории альфа-, бета- и гамма-излучающими радионуклидами, присутствием радионуклидов практически во всех компонентах экосистем и вовлечением их в геохимические и трофические циклы миграции. Это обуславливает множественность путей внешнего и внутреннего облучения населения и создает риск для его здоровья.

Такая ситуация усугубляется природными особенностями Полесья. Преобладание в структуре почвенного покрова почв легкого гранулометрического состава (песчаные, супесчаные) и торфяных служит причиной значительных коэффициентов перехода радионуклидов в растительность даже при сравнительно невысоких

уровнях загрязнения почвы, что особенно характерно для западного Полесья.

Сохранившиеся, несмотря на широкомасштабную осушительную мелиорацию, значительные болотные массивы являются своеобразными радиогеохимическими аномалиями, в которых переход радионуклидов в хозяйственно-ценные растения особенно велик.

Своеобразный водный режим Полесья создает ситуацию, при которой реки, дренирующие загрязненные территории Украинского Полесья, впадают в Припять, переносящую радиоактивные вещества в Днепр, являющийся на территории Беларуси транзитной рекой (двойной трансграничный перенос радионуклидов).

Высокий уровень подземных вод создает угрозу их радиоактивного загрязнения, а, следовательно, загрязнения питьевых и хозяйственных водозаборов.

Богатейшая по спектру биологического разнообразия флора и фауна Полесья подвергается существенным дозовым нагрузкам, а также опосредованному влиянию радиационного фактора.

Таким образом, радиоэкологический мониторинг в полесской части зоны радиоактивной контаминации позволяет качественно и количественно оценить потоки трансграничного переноса радионуклидов за счет биогенных и абиогенных (водный и воздушный) факторов миграции. Проблема сохранения биологического разнообразия флоры и фауны рассматривается с точки зрения прямых и косвенных пострадиационных сукцессий. Определяется вклад в дозу внутреннего облучения населения за счет потребления «даров природы» – грибов, ягод, дичи, рыбы и других, который может в отдельных регионах превышать 50 %. Одним из важных результатов исследований может стать прогноз устойчивого развития Полесья в условиях хронического действия радиационного фактора.

Своеобразие сложившейся в Полесье экологической ситуации заключается в том, что прямое радиационное воздействие на экосистемы не повлекло за собой изменений установившегося механизма их функционирования (управляемость или самоуправляемость, прямые и обратные, положительные и отрицательные связи, потоки вещества, энергии и информации), однако косвенное воздействие, которое проявилось в виде вывода части территории из хозяйственного оборота, введения ограничений на все или отдельные виды

природопользования, изменения технологии сельскохозяйственного производства, исключения или, наоборот, внесения значительного количества вещества извне привело к тому, что большая часть экосистем подверглась существенной реконструкции. Экосистемы на таких территориях, в зависимости от уровней радиоактивного загрязнения, формируют параметры, с той или иной степенью характеризующие направления их перехода в другое качество. Интегрирующим фактором радиационного воздействия, который в подавляющем большинстве случаев определяет характер хозяйственной эксплуатации экосистем, является уровень дозовых нагрузок на население.

Экологические последствия катастрофы предопределяются не только величиной и характером загрязнений, но и специфическими особенностями самих загрязненных экосистем, рассматриваемых как объект внешнего воздействия и требующих, с учетом указанных обстоятельств, специальной систематизации.

Решая проблему выбора оптимальных вариантов реабилитации загрязненных территорий, необходимо дифференцировать экосистемы, учитывая их качественные особенности, характер хозяйственного использования и специфику загрязнения. Следовательно, в Полесье могут быть выделены лесные, луговые, болотные, разнотипные сельскохозяйственные, селитебные и другие природные и природно-техногенные экосистемы, которые должны особо рассматриваться для районов с различным режимом эксплуатации и характером радиоактивного загрязнения.

10.3. Последствия радиоактивного загрязнения территории для здоровья населения, животного и растительного мира

Оценка состояния здоровья основных категорий пострадавших проводится путем анализа результатов диспансеризации 1,6 млн человек, в том числе 344 тыс. детей, данных, поступающих в Государственный регистр лиц, пострадавших от Чернобыльской катастрофы (180 тыс. человек), и результатов исследований, выполняемых научными учреждениями Минздрава в рамках государственных программ и международных проектов.

На состояние здоровья населения оказывает влияние комплекс факторов радиационной и нерадиационной природы, обуславливающий изменение основных тенденций заболеваемости. Распределение жителей по зонам загрязнения в 1996 г. составило:

- 1–5 Ки/км² – более 1 млн. 400 тыс. человек;
- 5–15 Ки/км² – примерно 700 тыс. человек;
- 15–40 Ки/км² – 120 тыс. человек;
- более 40 Ки/км² – около 10 тыс. человек.

Выделяют следующие основные факторы Чернобыльской катастрофы, влияющие на здоровье населения:

- радиационные: внешнее и внутреннее облучения (дозообразующие радионуклиды йода, цезия, стронция, трансурановых элементов);
- нерадиационные: социальные, экономические, стресс, восприятие риска.

Считается, что в целом на состояние здоровья влияют: плохое питание, отравления тяжелыми металлами, нитратами, пестицидами, неудовлетворительное бактериальное состояние питьевой воды, радиоактивное загрязнение территории, недостаточное медицинское обеспечение и др.

Последствия для здоровья населения, которые вызваны радиоактивным загрязнением местности и коррелируют с дозовыми нагрузками:

– *увеличение количества онкологических заболеваний* (в среднем по Беларуси – в 7 раз, по раку щитовидной железы в Гомельской области – в 22 раза, а в отдельных районах – в 40 раз, а в среднем по Беларуси заболеваемость раком щитовидной железы увеличилась в 13 раз по состоянию на январь 2000 г. При этом корреляция по степени загрязнения территории сохраняется; максимальное количество заболеваний приходится на 1990–1991 гг.);

– *ослабление иммунной системы* (рост простудных и других заболеваний);

– *рост числа генетических последствий* (по республике увеличилось – в среднем на 18 %, на загрязненной территории – в среднем на 30 %; число врожденных пороков развития у детей, проживающих на территориях с высокими уровнями радиации, – в 5 раз);

- преждевременное старение организма;
- обострение хронических болезней;
- усиление тяжести заболеваний и их длительности;
- медленное выздоровление после болезней и медленное заживление хирургических ран;
- уменьшение чувствительности организма к действию лекарственных препаратов;
- преждевременные роды и выкидыши;
- увеличение количества аллергических реакций;
- увеличение количества заболеваний катарактой глаз с последующей потерей зрения (в основном у людей пожилого возраста);
- рост количества случаев отклонений в психике (в загрязненных радионуклидами районах проявляется в виде задержки психического развития у детей, а у взрослых – в виде апатии, безразличия к работе, жизни, близким и т.п.);
- возникновение диспропорций в росте детского организма, медленное увеличение веса ребенка (особенно это характерно для детей, родившихся в зонах с высокими уровнями радиации);
- рост количества заболеваний органов дыхания (особенно это касается детей);
- рост заболеваний желудочно-кишечного тракта (тенденция роста заболеваний органов пищеварения сохраняется как у взрослых, так и детей);
- рост заболеваний системы кровообращения, крови;
- рост заболеваний эндокринной системы;
- рост заболеваний сердечно-сосудистой системы;
- рост заболеваний нервной системы;
- рост заболеваний мочеполовой системы;
- рост заболеваний костно-мышечной системы;
- рост количества заболеваний туберкулезом.

В результате Чернобыльской катастрофы радиоизотопы йода, прежде всего йод-131, были одним из главных источников облучения населения, которые воздействовали прежде всего на щитовидную железу. Самыми облученными жителями Беларуси оказались дети и подростки, особенно дети в возрасте до 7 лет. Результаты прямых измерений 1986 г. показали, что около 30 % детей в воз-

расте до 2 лет получили дозы выше 1 Гр. В наиболее загрязненных сельских населенных пунктах средние дозы облучения щитовидной железы детей младших возрастов достигали 3 Гр и более. Коллективная доза облучения щитовидной железы у жителей Беларуси в «йодный» период составила более 500 тыс. чел.-Гр.

Облучение щитовидной железы продолжается и после йодного периода, хотя и в гораздо меньших дозах за счет внешнего и внутреннего воздействия радиоактивного цезия. За послеаварийный период коллективная доза облучения щитовидной железы за счет радиоцезия у жителей республики составила более 21 тыс. чел.-Гр.

Продолжающееся в настоящее время радиационное воздействие на жителей республики, более чем на 90 % обусловленное долгоживущими радионуклидами цезия, формирует разные по величине и вкладу дозы внешнего и внутреннего облучения в зависимости от радиозэкологических условий и уровней загрязнения территорий цезием-137. Примерно половина коллективной дозы облучения населения республики была реализована в первый год и около 80 % – в первые пять лет.

Уровни заболеваемости лиц, участвовавших в 1986–1987 гг. в ликвидации последствий аварии, оказались выше по сравнению с населением аналогичного возраста, не проходящего специальную диспансеризацию. Особенно высоки различия в уровнях заболеваемости болезнями эндокринной системы, системы кровообращения, пищеварения, ишемической болезнью сердца, новообразованиями.

У населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях, регистрируется более высокая заболеваемость болезнями нервной и эндокринной системы, злокачественными новообразованиями щитовидной железы по сравнению с населением, не проходящим специальную диспансеризацию.

В целом действующая в Республике Беларусь система динамического наблюдения за пострадавшими от катастрофы на Чернобыльской АЭС с проведением ежегодных медицинских осмотров позволяет выявлять заболевания и своевременно проводить необходимые лечебно-реабилитационные мероприятия, что способствует сохранению здоровья пострадавших.

10.4. Дезактивация территории, объектов, техники

В ходе ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС возникали проблемы в дезактивации территории, различных объектов, техники, имущества, воды, продуктов и т.д. Учитывая, что дезактивация будет продолжаться и в дальнейшем, рассмотрим эту проблему подробнее.

Дезактивация – это процесс удаления радиоактивных веществ с различных поверхностей, жидкостей, продуктов и т.д. Этот процесс является обратным радиоактивному загрязнению. Цель дезактивации – обеспечить радиационную безопасность, прежде всего, людей, а также и экологическую безопасность в биосфере. Цель считается достигнутой, если уровни радиоактивного загрязнения объектов снижаются ниже допустимых норм. Для оценки качества дезактивации введен ряд показателей.

Коэффициент дезактивации:

$$K_d = A_n / A_k, \quad (10.1)$$

где A_n и A_k – соответственно начальное (до дезактивации) и конечное (после дезактивации) радиоактивное загрязнение поверхностей объектов.

Помимо K_d , эффективность дезактивации можно оценить посредством доли удаленных в процессе дезактивации радиоактивных загрязнений β_f или оставшихся на поверхности загрязнений после дезактивации α_f . Эти величины соответственно равны:

$$\alpha_f = (A_k / A_n) \cdot 100 \% ; \quad \beta_f = [(A_n - A_k) / A_n] \cdot 100 \% . \quad (10.2)$$

Для оценки качества очистки воды и воздуха вводятся соответственно коэффициенты очистки воды и воздуха:

$$K_{оч} = C^н A / C^к A, \quad (10.3)$$

где $C^н A$, $C^к A$ – концентрация радиоактивных веществ (или объемная активность) до и после дезактивации соответственно.

Если учитывать опасность попадания радиоактивных веществ в организм человека, то требуемые значения коэффициента очистки можно представить в виде

$$K_{\text{оч}}^{\text{тp}} = C^{\text{н}}/D_{\text{к}}, \quad (10.4)$$

где $D_{\text{к}}$ – допустимая концентрация.

Снижение уровня радиоактивного загрязнения местности может произойти и без применения средств дезактивации как вследствие естественного распада радионуклидов, так и под действием атмосферных осадков, воздушных потоков и других причин. Так, в Чернобыльской зоне по истечении 90 суток количество радионуклидов на кронах деревьев уменьшилось в восемь раз. Однако такая самодезактивация больше связана с миграцией, чем непосредственно с дезактивацией.

Способы дезактивации. Объектами дезактивации в результате радиоактивного загрязнения обычно являются: почва, воздух, водоемы, посевы, пастбища, растения, животные, сооружения, дороги, транспорт, одежда, продукты питания, человек. Очевидно, что способы дезактивации этих объектов будут разными.

Что же касается способов дезактивации, то выделяют следующие:

– *жидкостные* (струей воды, дезактивирующими растворами, пеной, электрическим полем, ультразвуком, стиркой и экстракцией, использованием сорбентов);

– *безжидкостные* (струей газа, в том числе воздуха, пылеотсасыванием, механическим снятием загрязненного слоя, изоляцией загрязненной поверхности);

– *комбинированные* (фильтрация, протирание щетками, ветошью, паром, при помощи затвердевающих пленок).

Одним из наиболее эффективных способов дезактивации (рис. 10.3) считается применение дезактивирующих растворов (ДР). Так, ДР на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) смачивают поверхность, из пор которой радиоактивные вещества переводятся в раствор. Обычно в такие растворы добавляют комплексообразующие вещества, связывающие радионуклиды. Последние извлекаются из пор сооружений, бетонных или асфальтовых дорог,

металлических и деревянных поверхностей за счет адсорбции и перевода в ДР. Для повышения адсорбции в ДР часто добавляют органические и неорганические добавки, выполняющие роль активаторов моющего процесса. Последние используются и для дезактивации одежды.



Рис. 10.3. Классификация способов дезактивации

Вторая группа ДР представляет собой окислительно-восстановительные ДР. Основу этой группы, кроме ПАВ, составляют кислоты и щелочи.

После аварии на ЧАЭС для дезактивации были опробованы новые и старые ДР, в том числе и зарубежные. Результаты дезактивации показали, что ДР типа СФ (ПАВ + комплексообразователь) оказались неэффективными. ДР на базе кислот и щелочей оказались более эффективными при дезактивации замасленных поверхностей и поверхностей подвергшихся коррозии.

Высокие показатели дезактивации достигнуты с помощью ДР, основным компонентом которых являются сорбенты.

Дезактивация зданий и сооружений. Здания из кирпича, бетона и деревянные обрабатывались разными способами. Среди них выделяют:

- обмывание струей воды среднего давления (8 МПа), $K_d = 1,8-10$;

- обработку паром ($K_d = 4$);
- обработку металлической щеткой ($K_d = 2,5$);
- пылеотсасывание и последующая обработка щеткой с песком, ($K_d = 3$);
- обработку пескоструйным аппаратом ($K_d = 20$);
- обработку латексными пленками ($K_d = 3,3-10$).

Лучше дезактивируются окрашенные поверхности, хуже – кирпичная кладка, бетонные плиты.

Дезактивация транспорта. В ликвидации последствий аварии на ЧАЭС принимало участие более 15 тысяч автомобильной, инженерной и другой техники. До настоящего времени сохранились пункты специальной обработки (ПуСО), где по особой технологии производится дезактивация транспорта. На ПуСО имеется несколько площадок с эстакадами, последовательно проходя через которые транспорт дезактивируется различными способами.

На площадке № 1 техника подвергается очистке от естественной грязи, проходит дозиметрический контроль.

На площадке № 2 техника обрабатывается струей воды и специальным раствором. На площадке № 3 ставится задача дезактивации глубинных загрязнений. Для этого используется ряд ДР, обеспечивающих и удаление лакокрасочных покрытий. Обработка проводится средненапорной водной струей, паром и парожидкостной струей. На площадке № 4 производится дезактивация моторно-ходовой части с частичной разборкой. Дезактивация проводится водной струей с давлением до 10 МПа и давлением пара до 0,4 МПа. Иногда применяют пленки и пескоструйные аппараты для дезактивации ходовой части. Если после дозиметрического контроля результаты неудовлетворительны, то проводится повторная дезактивация. На площадке № 5 проводится техническое обслуживание (замена масел, прокладок и т.д.) и дозиметрический контроль. На площадке № 6 сосредотачивается техника для использования по прямому назначению.

Дезактивация одежды. Способ дезактивации одежды определяется особенностями радиоактивного загрязнения и свойствами материала, из которого она изготовлена. Поэтому одежда сначала сортируется по типу материала и степени загрязнения, затем определяется способ дезактивации. Одежда может обрабатываться

как жидкостными, так безжидкостными способами. Если применяют оба способа, то вначале проводят пылеотсасывание, отдельные части очищаются щетками, снятая одежда либо выколачивается, либо вытряхивается. После этого применяется или стирка, или экстракция.

Перед стиркой одежду обычно вымачивают в 2 % растворе суспензии на основе глинистых сорбентов в течение 10 минут.

Стирка производится обычным способом, но в составе ДР используются разные компоненты. Эффективность дезактивации резко повышается, если в ДР добавляется глина.

Экстракцией называют разделение смеси твердых или жидких веществ с помощью избирательного растворителя. В качестве растворителя могут быть использованы дихлорэтан, трихлортрифторэтан и др. Как и стирка, процесс включает мойку, полоскание, отжим и сушку горячим воздухом.

Дезактивация дорог. Дороги бывают грунтовые и с покрытием (бетонным или асфальтовым). Для дезактивации обычно используют поливочно-моечные машины городского хозяйства. Созданы и специальные машины, которые спереди струей воды смывают радионуклиды с твердого покрытия, а сзади имеется всасывающее устройство, через которое отработанная вода поступает в специальный резервуар (содержимое которого потом хоронят). Коэффициент дезактивации такой машины не меньше 12,5.

Для дезактивации грунтовых дорог используют уборочные машины, при этом для исключения пылеобразования дорога предварительно поливается водой.

Дезактивация грунта. Дезактивируют только грунт, который не используется для сельскохозяйственных угодий и дорог. Дезактивация осуществляется снятием верхнего слоя и реже – изоляцией грунта. Дезактивация наиболее приемлема для супесей и суглинков. Не подлежат дезактивации заболоченная местность, ложбины и некоторые другие участки местности.

Снятие верхнего загрязненного слоя грунта проводится вручную там, где применение техники затруднено, или с помощью техники, где используется специальная технология.

Засыпка чистым грунтом толщиной 8–10 см производится в случаях, когда срезание грунта невозможно или нецелесообразно. Иногда дорожки бетонируют или асфальтируют.

Дезактивация воды. Массовое загрязнение водоемов радионуклидами вынуждает проводить их дезактивацию. Как правило, дезактивируют воду, используемую для питья. В воде могут быть как радиоактивные частицы, так и радионуклиды в растворенном виде.

Способы очистки от радиоактивных частиц: самопроизвольное оседание, вынужденное оседание, фильтрация, в том числе через сорбенты.

Способы очистки от растворенных радионуклидов: фильтрация, выпаривание, ионообменная адсорбция, мембранная технология.

Дезактивация лугов. В условиях первичного загрязнения радионуклидами целесообразно проводить дезактивацию путем скашивания травы, вместе с которой удаляется от 25 до 37 % радиоактивности. Дальнейшее использование этих трав определяется уровнем их радиоактивного загрязнения. Для удаления радионуклидов иногда целесообразно произвести вспашку лугов и засеять долголетними травами с последующим скашиванием травы и ее захоронением.

Вспашка может быть мелкой (на глубину до 30 см) и глубокой (на глубину до 70 см). Но в Республике Беларусь плодородный слой достаточно тонкий, поэтому в основном применяется мелкая вспашка. При этом вспашка может быть или с отвалом, или безотвальной.

Перепахивание сокращает коэффициент перехода радионуклидов из почвы в растения. Для цезия и стронция он снижается на 35–45 %.

Дезактивация сельскохозяйственных угодий. Вопросы дезактивации сельскохозяйственных угодий частично рассматривались в связи с обработкой лугов. Кроме названных способов, дезактивация осуществляется в процессе окучевания, после обработки растений опыскиванием, в результате агрохимических и других мероприятий.

Снижение концентрации радионуклидов происходит при увеличении биомассы в ходе созревания растений. Считается, что если плотность радиоактивного загрязнения не превышает 40 Ки/км^2 , то производить продукты растениеводства можно, но использовать их следует дифференцированно.

Одним из способов дезактивации угодий является применение различных сорбентов.

Санитарная обработка людей. Санитарная обработка людей, подвергшихся радиоактивному загрязнению, проводится по следующим направлениям:

- изоляция кожных покровов и биологическая защита;
- дезактивация кожных покровов и санитарная обработка.

Радиоактивные загрязнения воздействуют на человека в результате попадания на кожные покровы, облучения, при вдыхе воздуха и с пищей. Помимо средств индивидуальной защиты (СИЗ) для профилактики загрязнения кожных покровов открытых участков тела разработаны и применяются изолирующие пленки в виде мазей, паст и специальных кремов. Они же могут выполнять и дезактивирующие функции. При загрязнении кожных покровов соединениями плутония применяют высококонцентрированные (96 %) глиняные пасты с добавкой некоторых ПАВ и карбосиметилцеллюлозы. Для других радионуклидов вместо глины вводят каолин, а в качестве остальных добавок – хозяйственное мыло и кальцинированную соду.

Изолирующие пленки предотвращают радиоактивные загрязнения открытых участков кожи, но не исключают бета- и гамма-облучения людей. Для снижения этой опасности служит биозащита. Принцип действия биозащиты заключается в поглощении излучения изолирующим слоем, который упомянут ранее.

Биозащита может быть индивидуальной и групповой. Первая из них нашла применение в защитной одежде с накладками из свинца (жилеты, фартуки, плавки, юбки и др.), а также путем применения экранов из различных материалов.

Групповая биозащита в технических системах состоит из экранированных кабин техники.

Изолирующие пленки и биозащита не исключают возможности попадания радиоактивных загрязнений на отдельные участки кожных покровов. Различные радионуклиды по-разному проникают в кожу. Наиболее простой способ дезактивации – мытье кожи подогретой водой с мылом. Если кожа покрыта жиром, то она дезактивируется спиртом или эфиром. При попадании радиоактивной пыли в нос и уши, их промывают водой или водными дезинфицирующими растворами.

Дезактивация продуктов питания. Следует помнить, что при загрязнении территории радионуклидами активностью свыше 10 Ки/км^2 продукты животноводства и земледелия часто превышают допустимые уровни радиоактивности. Однако такие продукты можно употреблять, если провести их дезактивацию.

Мясные продукты. Следует отметить, что мясные продукты поступают в продажу относительно «чистыми». Обычно выпас откормочного скота разрешается на местности, где радиоактивность не превышает 5 Ки/км^2 , но за 1,5–2 месяца до убоя их кормят «чистыми» кормами. Однако это не всегда гарантирует чистоту мясных продуктов. Поэтому граждане сами должны уметь провести их дезактивацию, учитывая, что нормы их радиоактивного загрязнения значительные.

В мясе и мясных продуктах накапливаются радионуклиды цезия и стронция. Цезий накапливается, прежде всего, мышечной тканью, в почках, печени, сердце. Стронций накапливается в костях, особенно молодых. Количество радионуклидов в мясе можно значительно снизить, если провести его дезактивацию одним или несколькими способами. Например, промывка в проточной воде уменьшает радиацию в 1,5–3 раза, вымачивание в 85 % растворе поваренной соли в течение 2-х часов уменьшает радиацию не менее, чем в 3 раза. При этом, чем более измельчено мясо и дольше происходит вымачивание, тем больше радионуклидов уходит из него. Но следует помнить и другое: чем больше времени происходит вымачивание и чаще сливается вода, тем больше теряется питательных веществ.

Эффективным способом дезактивации мяса является слив отвара после варки в течение 10 минут. В этом случае радиация уменьшается примерно в 2 раза, а после варки в течение 30–40 минут радиация уменьшается в 3–6 раз. При засолке и вымачивании солонины (4-разовая обработка со сменой рассола) радиация может быть уменьшена в 100 раз.

При перетопке сала количество радионуклидов в нем уменьшается в 20 раз. Кости говядины для приготовления бульонов использовать не рекомендуется.

Куриное мясо, как правило, достаточно «чистое» и специальной обработки не требует, если кур кормят относительно чистыми продуктами, но баранина примерно такая же «грязная», как говядина, и ее дезактивация обязательна. Не рекомендуется:

– жарка мясных продуктов, содержащих предельное количество радионуклидов, так как этот процесс может увеличить концентрацию радионуклидов в готовом блюде из-за выпаривания жидкости;

- потребление мяса диких животных, особенно кабана, лося без предварительной проверки на радиоактивность;
- вяление и копчение мясных продуктов, содержащих предельные уровни радиоактивного загрязнения, так как в готовых продуктах могут быть превышены допустимые уровни.

Рыба. Наибольшее содержание радионуклидов находится в голове и во внутренностях рыбы, выловленной в водоемах республики. Свежую рыбу необходимо очистить от чешуи, удалить внутренности, а у донных рыб – и хребет. Затем рыбу разрезать на куски и вымочить в течение 10–15 часов, сменяя периодически воду. Этот способ уменьшает количество радионуклидов цезия на 70–75 %. Следует помнить, что в рыбе озер радионуклидов больше, чем в рыбе рек. При отварах количество радионуклидов в рыбе уменьшается в 2 раза по сравнению с очищенной. В жареной рыбе количество радионуклидов в 1,7 раза меньше, чем в сырой.

Молочные продукты. Количество радионуклидов в молоке зависит от используемых кормов. Переработка молока позволяет значительно уменьшить количество радионуклидов. Так, после сепарирования до 90 % радионуклидов остается в сыворотке и оброте. Дальнейшая переработка показывает, что в сливках остается 15 % цезия и 8 % стронция, в твороге обезжиренном – 10 % цезия и 12 % стронция, в сливочном масле – 2,5 % цезия и 1,5 % стронция, в топленом масле – 0. Наиболее безопасный способ пить молоко – разбавлять сливки кипяченой водой.

Иными словами, при переработке молока на сливки, творог и сметану количество цезия уменьшается в 4–6 раз, при переработке на сыр и сливочное масло – в 8–10 раз, при переработке на топленое масло – в 90–100 раз. Переработку молока можно проводить и в домашних условиях.

В молоке соотношение цезия и стронция примерно 50:1. Существуют промышленные способы дезактивации, к ним относятся: технологический, ионообменный и с помощью сорбентов.

Технологический способ заключается в переработке молока на сливки, сметану, масло, творог, сыр, сухое и сгущенное молоко. При этом основное количество радионуклидов остается в сыворотке и в пахте.

Так как стронций-90 соединяется с белками, которые его разрушают, переводя в растворимую форму, то, добавляя в молоко лимонную или соляную кислоту, можно получить растворимые соли стронция. Впоследствии эти соли удаляются вместе с пахтой.

Для получения казеина, творога и сыра необходимо провести свертывание молока. В этом случае в сыр российский, голландский, костромской переходит до 80 % стронция-90. В случае использования кислотного способа, наоборот, в сыре сохраняется до 80 % цезия-137, но стронций практически отсутствует.

Деактивация молока путем *ионного обмена* и применением *сорбентов* дает коэффициент очистки до 100 %. Для этого созданы специальные установки.

Чтобы выжить в условиях радиоактивного загрязнения местности каждый житель Республики Беларусь должен соблюдать выше перечисленные рекомендации, зная, что согласно РДУ-99 для каждого вида продуктов существуют допустимые уровни радиоактивного загрязнения. Для измерения радиации дозиметрические приборы имеются на рынках, на санитарно-эпидемических станциях, там и можно проверить продукты на содержание в них радионуклидов.

Овощи и фрукты. Деактивацию надо начинать с механической очистки их поверхности от земли, затем промыть в теплой проточной воде. Перед мытьем капусты, лука, чеснока необходимо удалить верхние наиболее загрязненные листья. Ботву корнеплодов и места прикрепления листьев (венчики) срезать. Более полная деактивация овощей происходит после варки. Самый «грязный» картофель можно употреблять в пищу, если воду сливать трижды после того, как она закипит. По степени накопления цезия и стронция овощи размещают в следующей последовательности: капуста, огурцы, томаты, лук, чеснок, картофель, морковь, свекла, редис, фасоль, горох, бобовые, шавель.

Заметим, что промывка в проточной воде картофеля, томатов, огурцов снижает степень загрязнения радионуклидами в 5–7 раз, удаление кроющих листьев у капусты снижает радиацию в 40 раз, срезание венчика у корнеплода уменьшает радиацию в 15–20 раз.

Среди ягод и фруктов менее восприимчивы к радиации яблоки и груши, более – красная и черная смородины. Перед употреблением огородные культуры, не требующие кулинарной обработки,

следует тщательно мыть под проточной водой, снимая кожуру 3–5 мм. Механическая очистка позволяет удалить 50 % радионуклидов, находящихся на поверхности. Засолка овощей и фруктов уменьшает это количество на 30–40 %, но, так как последние переходят в рассол, его употреблять нельзя. В процессе варки овощей количество радионуклидов еще больше уменьшается, но необходимо чаще сливать воду.

Грибы и ягоды. Они могут оказаться сильно радиоактивно загрязненными, поэтому их кулинарная обработка должна быть более тщательной и обязательно они должны проверяться на пунктах контроля.

Кулинарная обработка грибов зависит от их типа. Есть грибы слабо и средне накапливающие радионуклиды: белые, лисички, подберезовики, подосиновики. Их разрешается собирать на территориях с радиоактивностью менее 2 Ки/км². И существуют грибы, которые сильно накапливают радионуклиды: польский гриб, масленок, груздь настоящий и черный, моховики, желто-бурый, волнушка розовая, зеленка. Их разрешается собирать только на территориях с радиоактивностью менее 1 Ки/км² с обязательной проверкой на пунктах контроля.

Грибы очищают от грязи, промывают холодной водой и режут на кусочки, укладывают в эмалированную кастрюлю, заливают раствором поваренной соли, ставят на огонь и кипятят 10 минут. Раствор сливают, грибы промывают холодной водой, снова заливают водой и кипятят 20 минут. После этого процедуру повторяют и снова кипятят 20 минут. После промывки холодной водой количество радионуклидов уменьшается в 100–1000 раз.

Слабо и средне накапливающие радиоактивность грибы необходимо отварить, воду слить. Это уменьшает радиацию в 5 раз.

Дикорастущие ягоды, плоды и лекарственные травы собирать на местности, где активность более 2 Ки/км², запрещено. Следует помнить, что особенно радиоактивно загрязненными могут быть клюква и черника. Если лекарственные травы и ягоды собираются на территории с активностью более 2 Ки/км², то радиационный контроль обязателен. Обычно дикорастущие ягоды и лекарственные травы очищают от грязи, моют и затем проверяют на радиоактивность.

Заготовка березового сока разрешается в зонах радиоактивного загрязнения с активностью до 15 Ки/км² с обязательной проверкой его на содержание радионуклидов.

10.5. Организация агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения, реабилитация сельскохозяйственных угодий

Общие принципы организации агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения. При загрязнении сельскохозяйственных угодий радиоактивными элементами нельзя не учитывать одной важной особенности – долговременного характера радиоактивного загрязнения.

Это обусловлено, с одной стороны, длительным физическим распадом стронция-90 и цезия-137, с другой стороны – невысокой скоростью горизонтальной и вертикальной миграции радионуклидов. Поэтому при организации сельскохозяйственного производства на загрязненной территории необходимо планировать и осуществлять долго действующие мероприятия.

При этом решающее внимание должно быть уделено не только производству сельскохозяйственной продукции, но и целесообразному ее использованию.

Разумеется, требования органов здравоохранения о соблюдении норм предельно допустимого содержания радиоактивных веществ в сельскохозяйственной продукции и сырье должны быть решающим элементом в организации работы всех отраслей сельского хозяйства.

Для разработки планов ведения сельского хозяйства на загрязненной территории необходима информация о радиационной обстановке в соседних хозяйствах для руководителей хозяйств, в районе, области, крае – для руководителей агропромышленного производства этих административных единиц.

Такая информация позволяет правильно решать вопросы наиболее рационального использования территорий с различными уровнями радиоактивного загрязнения.

Получив всю необходимую исходную информацию, можно приступить к составлению планов проведения мероприятий. На первом этапе целесообразно разделить территорию на отдельные зоны в зависимости от плотности загрязнения. Таких зон можно выделить три. Разумеется, такое деление условно. К первой зоне можно отнести ту часть сельскохозяйственных угодий, которая наименее загрязнена и на которой можно получить продукцию с допустимым

уровнем содержания радионуклидов без проведения каких-либо дополнительных мероприятий и без изменения технологий.

Минеральные и органические удобрения вносятся в дозах, обеспечивающих получение оптимальных стабильных урожаев. Известкование кислых почв проводится в соответствии с планом, с учетом требований и отношения сельскохозяйственных культур к изменению кислотности почвенного раствора. В этой зоне все виды работ в сельском хозяйстве ведутся без ограничений по обычным технологиям, получаемая продукция используется по прямому назначению без каких-либо ограничений.

Ко второй зоне можно отнести сельскохозяйственные угодья, расположенные на территории со средними уровнями радиоактивного загрязнения. Ориентировочно плотность загрязнения радионуклидами в 3–4 раза выше, чем в первой зоне. Во второй зоне необходимо проводить мероприятия по снижению содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, весь комплекс агрохимических, агротехнических мероприятий. Для снижения содержания радионуклидов в продуктах питания рекомендуется широко использовать различные способы обработки и переработки сельскохозяйственной продукции.

К третьей зоне относятся сельскохозяйственные угодья с относительно высокими уровнями радиоактивного загрязнения. Ориентировочно плотность загрязнения радионуклидами в 8–10 раз выше, чем в первой зоне. На такой территории ведение сельского хозяйства разрешается только при строгом контроле. В третьей зоне совершенно необходимо применение всего комплекса агрохимических, агротехнических мероприятий. Однако даже при их осуществлении не всегда можно гарантировать снижение содержания радионуклидов в продукции до предельно допустимых уровней.

Перспективная урожайность сельскохозяйственных культур определялась с учетом результатов оценки земель и влияния агротехнических, организационных и других факторов освоения севооборотов, увеличения площади многолетних трав, применения органических и минеральных удобрений, повышения качества семян, выполнения полного комплекса противоэрозионных мероприятий, совершенствования способов защиты растений от сорняков, вредителей и болезней.

Предусмотренная урожайность сельскохозяйственных культур и естественных кормовых угодий позволит укрепить кормовую базу животноводства, обеспечить поголовье скота полноценными кормами в достаточном количестве, что положительно скажется на увеличении поголовья скота и его продуктивности.

Характер облучения растений и животных может быть различным: внешним, внутренним и смешанным. При внешнем облучении источник излучения находится вне организма. Наиболее важными внешними источниками излучения являются космические, рентгеновские лучи, гамма-излучение.

Излучаемые частицы при высоких дозах могут воздействовать на кожу крупных сельскохозяйственных животных, однако наиболее весомо этот вид излучения проявляется при внешнем облучении растений, так как пробег этих частиц может превышать толщину листьев и стеблей. Если источник излучения находится внутри организма, то имеет место внутреннее облучение. В растения радиоактивные вещества вовлекаются через корм и листья, а в организм животных основное количество радиоактивных веществ поступает с кормами.

Одновременное наличие источников внешнего и внутреннего облучения дает смешанное облучение. Биологические эффекты ионизирующего излучения связаны с поглощением живой материей энергии, которая высвобождается в результате радиоактивного распада нуклидов. Исключительно высокий повреждающий эффект ионизирующих излучений на живую клетку связан с тем, что в результате удаления или присоединения электрических зарядов к нейтральным атомам и молекулам, они становятся отрицательно или положительно заряженными.

Реакции животных на проникающее излучение определяются параметрами излучения и особенностями организма – возрастом, полом и пр.

Решая проблему выбора оптимальных вариантов реабилитации загрязненных территорий, необходимо дифференцировать экосистемы, учитывая их качественные особенности, характер хозяйственного использования и специфику загрязнения. Следовательно, в Полесье могут быть выделены лесные, луговые, болотные, разнотипные сельскохозяйственные, селитебные и другие природные

и природно-техногенные экосистемы, которые должны особо рассматриваться для районов с различным режимом эксплуатации и характером радиоактивного загрязнения.

Радиоактивное загрязнение является предельной техногенной нагрузкой на среду обитания человека, после которой она теряет экологическую привлекательность и становится частично или полностью непригодной для полноценной жизнедеятельности людей.

Достижение цели восстановления природно-хозяйственного потенциала загрязненных территорий возможно путем разработки и реализации системы инвестиционных проектов, которые предполагают возврат в той или иной форме вложенных средств. Для некоммерческих (государственных) проектов критерием ценности выступает вклад проекта в увеличение национального дохода и экономический (социальный, экологический), а не чисто финансовый эффект. Коммерческие проекты, направленные на увеличение занятости, замещение импорта, развитие инфраструктуры, в том числе экологической, способны решать задачи общественного развития и, вместе с тем, отличаться простым механизмом реализации и скоростью возврата вложенных средств.

Регулирование направления потока государственных инвестиций возможно с помощью законодательных механизмов. Гораздо сложнее, но и важнее это сделать для коммерческих проектов, поскольку именно они, в первую очередь, позволяют достичь положительного результата в конкретном месте и для конкретных людей. Инструментами регулирования инвестиций могут стать льготные кредиты, займы, налогообложение и другие преференции.

Обязательное условие инвестиционных проектов любого масштаба – оценка воздействия на природную среду. Традиционно экологическая составляющая проектов является затратной, особенно если речь идет не о предотвращении возможного ущерба, а о преодолении последствий причиненного воздействия. В ряду приоритетов целей любого проекта или производственной деятельности охрана окружающей среды стоит на последнем месте.

Однако статус территорий радиоактивного загрязнения регулируется Законом Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС», который устанавливает при-

оритет принципа радиационной безопасности при проведении всех мероприятий в загрязненных районах. Это значит, что на всех стадиях разработки и реализации инвестиционных проектов в Полесском регионе предпочтение должно отдаваться вариантам, в наибольшей степени способствующим снижению дозовых нагрузок. В этом случае имеет место редкий случай однонаправленности экономического и экологического критериев, так как затраты на снижение коллективных доз облучения населения всегда будут во много раз меньше затрат на лечение заболевших от облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астапов, В. П. Демеркуризационные работы : учебное пособие / В. П. Астапов, Б. С. Баринголец, В. Г. Тищенко, М. М. Шишканов, В. В. Врублевский. – Минск, 2001. – 88 с.

2. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС и пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – Москва : Фонд «Инфосфера» – НИА-Природа ; Минск : Белкартография, 2009. – 140 с.

3. Белехова, Л. Д. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях : практикум / Л. Д. Белехова, Л. В. Мисун, В. М. Раубо, В. Т. Пустовит. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.

4. Гурачевский, В. Л. Радиационный контроль: физические основы и приборная база : пособие / В. Л. Гурачевский. – Минск : Институт радиологии, 2010. – 166 с.

5. Гурачевский, В. Л. Введение в атомную энергетику. Чернобыльская авария и ее последствия / В. Л. Гурачевский. – Минск : Институт радиологии, 2013. – 168 с.

6. Дорожко, С. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие. В 3 ч. Ч. 1. Чрезвычайные ситуации и их предупреждение / С. В. Дорожко, И. В. Ролевич, В. Т. Пустовит. – 4-е изд. – Минск : Дикта, 2010. – 292 с.

7. Дорожко, С. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие. В 3 ч. Ч. 2. Система выживания населения и защита территорий в чрезвычайных ситуациях / С. В. Дорожко [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Дикта, 2010. – 388 с.

8. Дорожко, С. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие. В 3 ч. Ч. 3. Радиационная безопасность / С. В. Дорожко, В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Дикта, 2010. – 312 с.

9. Емельянов, В. М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие / В. М. Емельянов, В. М. Коханов, П. А. Некрасов. – Москва : Академический проект, 2003. – 497 с.

10. Ковалевич, З. С. Безопасность жизнедеятельности человека : учебное пособие / З. С. Ковалевич, В. Н. Босак. – Минск : МИТСО, 2015. – 392 с.

11. Люцко, А. М. Чернобыль: шанс выжить / А. М. Люцко, И. В. Ролевич, В. И. Тернов. – Минск : Полымя, 1996. – 181 с.

12. Мархоцкий, Я. Л. Основы защиты населения в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие / Я. Л. Мархоцкий. – Минск : Вышэйшая школа, 2007. – 206 с.

13. Мисун, Л. В. Экологическая безопасность на объектах АПК : пособие / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.

14. Мисун, Л. В. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух : пособие / Л. В. Мисун, В. М. Раубо, Г. А. Рускевич. – Минск : БГАТУ, 2011. – 116 с.

15. Мисун, Л. В. Экологическая безопасность на объектах АПК / Л. В. Мисун, И. Н. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск : БГАТУ, 2012. – 216 с.

16. Мисун, Л. В. Организация и управление экологической безопасностью на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун, А. А. Зеленовский, И. Н. Мисун, В. М. Раубо. – Минск : БГАТУ, 2009. – 238 с.

17. Михнюк, Т. Ф. Безопасность жизнедеятельности : учебник / Т. Ф. Михнюк. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 342 с.

18. НРБ-2000. Нормы радиационной безопасности. – Минск, 2000. – 109 с.

19. Об охране окружающей среды : Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992, № 1982-ХІІ : в ред. Закона Республики Беларусь от 26.10.2012, № 432-3 // КонсультантПлюс [электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2013.

20. ОСП-2002. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. – Минск, 2003. – 98 с.

21. Перетрухин, В. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях : учебно-методическое пособие / В. В. Перетрухин [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 118 с.

22. ППБ Беларуси 01 – 2014. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь. – Минск : НИИПБ и ЧС МЧС Республики

Беларусь, 2014. – 198 с.

23. Ролевич, И. В. Радиационная безопасность / И. В. Ролевич [и др.]. – Минск : Изд-во РИВШ, 2010. – 320 с.

24. Ролевич, И. В. Радиационная безопасность после техногенных аварий : курс лекций / И. В. Ролевич [и др.]. – Минск : Изд-во Дикта, 2010. – 632 с.

25. ТКП 474–2013 (02300). Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. 15.04.13. – Минск : МЧС Республики Беларусь, 2013. – 53 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ЧАЭС – Чернобыльская атомная электрическая станция.
ЧС – чрезвычайная ситуация.
АХОВ – аварийно-химически опасные вещества.
СПИД – синдром приобретенного иммунного дефицита.
СКЗ – средства коллективной защиты.
СИЗ – средства индивидуальной защиты.
КБ – комплексная безопасность.
МЧС – Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.
ДТП – дорожно-транспортная авария.
ОЭ – объект экономики.
ХОО – химически опасный объект.
ОчХП – очаг химического поражения.
СДЯВ – сильно действующие ядовитые вещества.
ПДК – предельно допустимая концентрация.
ЛД – летальная доза.
ГВС – газоздушная смесь.
УВВ – уровень взвешенных веществ.
РОО – радиационно опасный объект.
БОВ – боевые отравляющие вещества.
ЭМИ – электромагнитный импульс.
ОчЯП – очаг ядерного поражения.
БС – бактериальные средства.
ИЗВ – индекс загрязнения воды.
ТЭС – теплоэлектростанция.
ГСЧС – Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.
АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы.
ГО – гражданская оборона.
ГФГО – гражданские формирования гражданской обороны.
РТУ – радиотрансляционный узел.
ЗС – защитное сооружение.
ПРУ – противорадиационное укрытие.
БВУ – быстро возводимое убежище.
СИЗОД – средства индивидуальной защиты органов дыхания.

СИЗК – средства индивидуальной защиты кожных покровов.
ИПП – индивидуальный противохимический пакет.
ЗСГО – защитные сооружения гражданской обороны.
ЯВ – ядерный взрыв.
ИМР – инженерная машина разграждения.
СНЛК – сеть наблюдения и лабораторного контроля.
ЛВЖ – легко воспламеняющиеся жидкости.
ГЖ – горючие жидкости.
ТСППЗ – технические средства противопожарной защиты.
ПТМ – пожарно-технический минимум.
ДПД – добровольная противопожарная дружина.
АПИ – автономный пожарный извещатель.
ИИ – ионизирующее излучение.
ЛД – летальная доза.
ЖКТ – желудочно-кишечный тракт.
ЖКИ – жидкокристаллический индикатор.
АЦП – аналого-цифровые преобразователи.
НКДАР ООН – научный комитет Организации Объединенных
Наций по действию атомной радиации.
АИИ – антропогенные источники излучений.
ГВР – графитоводяные реакторы.
РБМК – реактор большой мощности канальный.
ВВЭР – водоводяные энергетические реакторы.
ТВР – тяжеловодные реакторы.
ЦНС – центральная нервная система.
ОЛБ – острая лучевая болезнь.
МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии.
МКРЗ – международная комиссия по радиологической защите.
НРБ – нормы радиационной безопасности.
ОСП – основные санитарные правила.
ИИИ – источники ионизирующих излучений.
РДУ – республиканские допустимые уровни.
РЦРКМ – республиканский центр радиационного контроля
и мониторинга окружающей среды.
ДР – дезактивирующий раствор.
ПАВ – поверхностно-активные вещества.
ПуСО – пункт специальной обработки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	4
1.1. Правовые, нормативно-технические и организационные основы защиты населения от чрезвычайных ситуаций.....	4
1.2. Философия и психология выживания человека в чрезвычайных ситуациях.....	14
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	17
2.1. Природные и биолого-социальные чрезвычайные ситуации.....	17
2.2. Техногенные чрезвычайные ситуации.....	23
2.3. Чрезвычайные ситуации и опасности, возникающие при угрозе, ведении военных действий или вследствие этих действий.....	30
2.4. Экологические чрезвычайные ситуации.....	38
3. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РЕАГИРОВАНИЕ НА НИХ	43
3.1. Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	43
3.2. Организация и особенности функционирования системы гражданской обороны объекта.....	51
3.3. Нормирование воздействия производственных объектов на окружающую природную среду.....	59
4. ДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ, СИЛ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	81
4.1. Мероприятия по защите населения от чрезвычайных ситуаций.....	81
4.2. Эвакуация и отселение пострадавших в чрезвычайных ситуациях.....	102
4.3. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объектах производственного и социального назначения.....	105

5. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ	114
5.1. Явление радиоактивности, виды распада, единицы радиоактивности, радиоактивные ряды	114
5.2. Влияние излучений на физические свойства материалов ..	127
5.3. Физические, химические и биологические способы защиты от радиационного излучения.....	135
5.4. Классификация приборов для измерения радиоактивности.....	142
6. ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ	150
6.1. Космическое излучение и земная радиация, их воздействие на человека и биологический мир.....	150
6.2. Антропогенные источники ионизирующих излучений	154
6.3. Атомные электростанции и ядерные боеприпасы как источники радиационной опасности	157
7. ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	160
7.1. Воздействие ионизирующих излучений на молекулы и клетки и их реакция на облучение	160
7.2. Радиочувствительность органов и систем человека, животных, микроорганизмов и растений при внешнем и внутреннем облучениях[.....	162
8. ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ И НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	168
8.1. Международные нормы радиационной безопасности.....	168
8.2. Нормативные правовые акты Республики Беларусь в области радиационной безопасности населения	171
8.3. Национальные нормы радиационной безопасности	172
8.4. Допустимые уровни облучения	174
9. КАТАСТРОФА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (ЧАЭС) И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	176
9.1. Катастрофа на ЧАЭС, особенности радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь	176
9.2. Основные типы радионуклидов, выпавших на территории Республики Беларусь, и особенности их миграции	177

9.3. Прогнозирование состояния радиоактивного загрязнения территории.....	182
10. ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ЛИКВИДАЦИИ.....	186
10.1. Социально-экономические потери Республики Беларусь....	186
10.2. Биологические и экологические аспекты последствий загрязнения территории Республики Беларусь	189
10.3. Последствия радиоактивного загрязнения территории для здоровья населения, животного и растительного мира.....	196
10.4. Дезактивация территории, объектов, техники	200
10.5. Организация агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения, реабилитация сельскохозяйственных угодий	211
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	216
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	219

Учебное издание

Мисун Леонид Владимирович, **Мисун** Александр Леонидович,
Севастьяк Татьяна Валерьевна

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *Л. В. Мисун*
Редактор *Н. А. Антипович*
Компьютерная верстка *Н. А. Антипович*

Подписано в печать 15.10.2016. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 10,18. Тираж 180 экз. Заказ 663.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.