**Федеральное агентство по образованию**

**Государственное учреждение высшего профессионального образования**

**Санкт-Петербургский Торгово-Экономический Институт**

**Кафедра Физического Воспитания и БЖД**

# Реферат

на тему:

«Источники и особенности радиационного загрязнения окружающей среды»

Выполнил: студент группы 343 Бичан Георгий

Проверил: Волокобинский М.Ю.

СПб.

2008

**CОДЕРЖАНИЕ**

1. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

2, ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА. БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

3. СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

**1. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

**АДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ**

Источники радиации разделяют на естественные и искусственные (техногенные), созданные человеком. Ниже описываются основные источ­ники ионизирующего, излучения (ИИЙ), а также тот вклад, который они вносят, в среднем, в облучение населения.

Космическая радиация и космические радионуклиды. Космическое пространство пронизывается ионизирующим излучением различного про­исхождения и энергии. Первичная космическая радиация солнечного или галактического происхождения состоит, в основном, из протонов с энерги­ей, изменяющейся в очень широком диапазоне. Вторичная космическая радиация включает продукты взаимодействия первичной радиации и атмо­сферы Земли. Глобальная годовая эффективная доза от космической ра­диации на одного человека составляет около 0,38 мЗв (38 мбэр), однако сильно зависит от абсолютной высоты (например, около 0,27мЗв (27 мбэр) на уровне моря (г. Мехико) и около 2 мЗв (200 мбэр) на высоте 3,9 км над уровнем моря (Ла-Пас, Боливия)). Космическое излучение в результате взаимодействия с элементами в атмосфере образует разнообразные радио­нуклиды. Наиболее значимым является углерод-74, который, попадая в ор­ганизм, приводит к образованию годовой индивидуальной эффективной дозы около 0,012мЗв (1,2мбэр) [1].

Земная радиация. Только долгоживущие радионуклиды с периодом полураспада, соизмеримым с возрастом Земли, до сих пор существуют в ее веществе. Воздействие земной радиации может осуществляться тремя пу­тями: прямое воздействие внешнего облучения, внутреннее облучение при потреблении пищи и внутреннее облучение при вдыхании воздуха. Годо­вая индивидуальная эффективная доза от внешнего облучения составляет около 0,46мЗв (46мбэр), хотя эта величина может значительно изменяться в зависимости от местных геологических условий; в некоторых регионах доза может оказаться больше в 10 раз, а для ряда ограниченных террито­рий - в 100 раз. Доза, вызванная поступлением естественных радионукли­дов из воздуха, продуктов питания и воды (исключая вдыхания радона), составляет около 0,23 мЗв (23 мбэр); калий-40 вместе с радионуклидами уранового и ториевого рядов составляет около 75% от этой дозы. Доза от калия-40 варьируется обычно незначительно, тогда как доза от урана и то­рия может изменяться значительно [2]

Радон представляет собой наиболее опасный природный источник радиации [3]. Он является инертным газом и представлен двумя изотопа­ми: радоном-222, радиологически наиболее значимым (продукт распада радия-226), и радоном-226, который часто называют тороном (продукт распада радия-225). Уровень концентрации радона в помещениях зависит от скорости его образования, определяемой концентрацией радия-226 в почве и других материалах, а также от интенсивности, с которой он пере­носится в воздух помещений и удаляется из них. На эти процессы влияют многие факторы (местные геологические условия, характеристики почвы, строительные материалы, тип постройки, тип вентиляционной системы и т.д.). В зависимости от этих факторов эффективная доза от вдыхания радо-на-222 и его дочерних продуктов оценивается в 1,2 мЗв (120 мбэр) и при­мерно в 0,07 мЗв (7 мбэр) - от вдыхания торона. Однако в некоторых гео­графических районах индивидуальная доза может в 10 раз превышать среднюю. Особенности геологического строения земной коры в регионе, а также тип постройки могут оказаться причиной увеличения дозы внутри помещения в несколько сот раз по сравнению со средними значениями. Поэтому снижение поступления радона в помещение является одной из главных задач в области радиационной экологии.

Основным путем решения этой задачи является оценка потенциаль­ной радоноопасности территорий застройки с целью определения требуе­мой радонозащиты зданий и сооружений. Концептуально подход к оценке потенциальной радоноопасности очевиден. Он должен быть основан на анализе фактических значений объемной активности (OA) радона в возду­хе помещений, изучении зависимости между плотностью потока радона с поверхности грунта и OA радона в помещениях и, наконец, установлении закономерностей процесса выделения радона с поверхности земли.

Искусственные источники. Определение групп населения, подвер­гающихся воздействию облучения от искусственных источников, и оценка степени этого облучения производятся исходя из сведений о способе про­изводства этих источников и характере их использования. Персонал, непо­средственно связанный с производством и применением источников ра­диации, подвергается воздействию облучения в процессе работы. Населе­ние подвергается как прямому (например, в медицине), так и косвенному (например, в результате выброса радиоактивных материалов в окружаю­щую среду при штатной работе ядерных установок или в аварийных си­туациях) воздействию.

В медицине ионизирущее излучение широко применяется как для диагностики, так и при лечении травм и заболеваний (рис.1). Индивиду­альная годовая эффективная доза в Европе при диагностике (рентгеновское излучение при медицинских обследованиях) составляет около 1,1 мЗв (ПО мбэр). Средние дозы в европейских странах сильно меняются (от 0,4 до 1,6 мЗв, или 40-160 мбэр). Индивидуальная эффективность терапии составляет около 0,7 мЗв (70 мбэр) (исключая воздействие на органа или ткани, спе­циально подвергшиеся терапии) и значительно меняется по странам.

Атмосферные испытания ядерного оружия. Атмосферные испы­тания ядерного оружия начались в 1945 г. и продолжались до 80-х гг.; бо­лее интенсивные периоды испытаний приходились на 50-е годы и начало 60-х годов. В результате таких испытаний в атмосферу были выброшены огромные количества радиоактивных продуктов. Прежде чем выпасть на земную поверхность, они равномерно рассеялись в стратосфере в глобаль­ном масштабе. Во время испытаний ядерного оружия в атмосферу выбра­сывались самые разнообразные продукты деления, образовавшиеся при взрыве, но современное глобальное загрязнение представлено наиболее долгоживущими радионуклидами. В основном это цезий-737 и стронций-90, имеющие период полураспада около 30 лет. Наиболее значительное облучение происходило в периоды испытаний ядерного оружия; с прекра­щением испытаний в 60-х гг. оно сильно уменьшилось. Индивидуальная годовая эффективная доза в 7996 г. на 40-50° северной широты (где уровни глобального загрязнения самые высокие) составляет около 0,009 мЗв (0,9 мбэр); при этом основной вклад вносит цезий-757 [4].Удобрения. Большинство разрабатываемых фосфатных месторождений содержат уран в довольно высокой концентрации. В процессе добычи и переработки руды выделяется радон. Удобрения также радиоактивны и содержащиеся в них радиоизотопы проникают из почвы в пищевые культуры. Радиоактивное загрязнение в этом случае обычно незначительно, но возрастает, если удобрения вносят в землю в жидком виде или содержащие фосфаты вещества скармливают скоту.

Другие источники. К другим источники облучения относится про­изводство атомной энергии в мирных и военных целях, исключая топлив­ный цикл (добыча урана, его обогащение, изготовление топлива, работа реактора, регенерация топлива и т.д.), производство ядерного оружия и ра­диоизотопов, падение спутников с ядерными двигателями, использование промышленных источников радиации (например, промышленная радио­графия, стерилизация, скважинный каротаж) и т.д. В целом, за исключени­ем крупных аварий (таких как Чернобыльская), влияние этих источников на формирование полной индивидуальной дозы по сравнению с другими источниками облучения невелико. По состоянию на конец 80-х - начало 90-х гг. годовая индивидуальная эффективная доза, вызванная производст­вом атомной энергии, оценивается в 0,1 мкЗв, а вызванная производством радиоизотопов - в 0,02 мкЗв. Несколько более высокие дозы получают лю­ди, проживающие вблизи ядерных установок. Так, проживающие вблизи работающих ядерных реакторов, могут получить дозу до 1-20 мкЗв, про­живающие вблизи крупных регенерационных установок - до нескольких сот мкЗв (несколько десятков мбэр). Источником облучения являются и многие общеупотребительные предметы, содержащие радиоактивные ве­щества. Едва ли не самый распространенный - часы со светящимся цифер­блатом. Они дают годовую дозу, в 4 раза превышающую обусловленную утечками на АЭС. Обычно при изготовлении таких часов используют ра­дий, что приводит к облучению всего организма, хотя на расстоянии 1 мот циферблата излучение в 10 ООО слабее, чем на расстоянии 7 см. Сейчас пы­таются заменить радий тритием, облучение от которого меньше. Радиоак­тивные изотопы используют также в светящихся указателях входа-выхода, компасах, телефонных дисках, прицелах и т.д.

При изготовлении особо тонких оптических линз применяют торий, который может привести к существенному облучению хрусталика глаза. Для придания блеска искусственным зубам широко используется уран, ко­торый может служить источником облучения тканей полости рта.

Источниками рентгеновского излучения являются цветные телеви­зоры, однако при правильной настройке и эксплуатации дозы облучения от современных их моделей ничтожны. При ежедневном просмотре передач по 4 ч доза за год составит 7 мбэр. Рентгеновские аппараты для проверки багажа пассажиров в аэропортах также практически не вызывают облуче­ния пассажиров.

Расчетные годовые дозы облучения человека показаны на рис.2 [5].

В результате реализации в послевоенные десятилетия широкомас­штабных программ использования атомной энергии в целях развития во­енной техники и мирных технологий существенно возросло влияние ан­тропогенных источников радиоактивных загрязнений окружающей среды.

* земная радиация
* космическая радиация

Рис.. Расчетные годовые дозы облучения человека: 1- космические лучи (0,37мЗв); 2 - радионуклиды (0,015 мЗв); 3 - калий-\*0 (0,33 мЗв); 4 - другие элементы (из серии V-238, Th-232) (0,4мЗв); 5-радон (1,3 мЗв); 6 - рубидий 87 (0,006мЗв)

Так, только на Центральном (Новая Земля) и Семипалатинском ис­пытательных полигонах за это время было произведено 586 ядерных взры­вов (атмосферных, подводных и подземных). Общее же количество ядер­ных испытаний и взрывов за период с 1949 по 1990 годы составило 715 [б].

По данным Госатомнадзора России, в настоящее время на террито­рии России расположено свыше 60 радиационно-опасных для населения и окружающей среды промышленных объектов, главным образом, предпри­ятий ядерно-топливного и ядерно-оружейного циклов. К концу 1993 года на территории России работало 9 атомных электростанций с 29 энергобло­ками и реакторами различных типов. На Европейской части России атом­ными электростанциями вырабатывается около 25% всей электроэнергии. Поскольку более эффективной альтернативы атомной энергетике в на­стоящее время нет, в ближайшей перспективе предусматривается увеличе­ние доли атомных электростанций в выработке электроэнергии до 35-37 %.

С ростом количества ядерных реакторов и взаимодействующих с ними обогатительных комбинатов повышается опасность того, что число стран, владеющих ядерным оружием, увеличивается [7]. Именно по этой причине была создана международная организация под эгидой ООН-МА­ГАТЭ (Международное Агентство по Атомной Энергии). Потенциал раз­рушающего военного применения ядерных технологий привел обществен­ность к учреждению дорогого и сложного органа контроля.

Вместе с тем, атомные электростанции являются потенциальными источниками катастрофической радиоэкологической опасности - особен­но в случае запроектных аварий с разрушением активной зоны реакторов (6-7-й класс по шкале МАГЛТЭ). Примером такой аварии является авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.) (рис.3), приведшая к крупномасштабным загрязнениям окружающей среды в 12 областях с населением более 5 млн.' человек только на территории Российской Федерации, большим матери­альным потерям, серьезным медико-биологическим и социально-экономи­ческим последствиям. Суммарная активность всего радиоактивного мате­риала, выбросы которого произошли во время аварии, в настоящее время составляет, согласно оценкам, около 12»1018 Бк, включая около 6-7»1018 Бк активности инертных газов (количество конкретного радионуклида выра­жается количественной величиной "активность", которая соответствует числу спонтанных ядерных превращений, испускающих излучение в еди­ницу времени). В выбросах содержалось около 3-4% топлива, находивше­гося в реакторе во время аварии, а также до 100% инертных газов и 20-60% летучих радионуклидов. Эта современная оценка активности содержаще­гося в выбросах материала превышает оценку активности, предложенную СССР, которая была сделана на основе суммирования активности мате­риала, выпавшего на территории стран бывшего СССР [8]. Тридцатикило­метровая зона повышенного риска вокруг Чернобыля обрекла город на не­определенное будущее без каких-либо надежд на восстановление внутри десятикилометровой зоны. По подсчетам советского правительства, ущерб от катастрофы составил более 14 миллиардов долларов. Западные источ­ники называют более высокие цифры [9]. По официальным данным, к ап­релю 2000 года количество погибших в результате Чернобыльской катаст­рофы составило порядка 55 ООО человек. По масштабам воздействия на ок­ружающую среду, здоровье и экономику Чернобыль также остается самой большой аварией в истории атомной индустрии.

Значительную группу радиационно-опасных объектов составляют объекты Минобороны России, в том числе атомные подводные лодки и специальные виды вооружений.

В процессе функционирования радиохимических предприятий, атомных реакторов АЭС, судов атомного флота и некоторых других ядерно-физических установок образуется большое количество радиоактивных отходов и отработанных материалов. Интенсивность накопления радиоак­тивных отходов возрастает в связи с истечением плановых сроков эксплуа­тации энергетических ядерных реакторов, снятием с вооружения большого количества атомных подводных лодок и ликвидацией значительного коли­чества ядерных боеголовок.

Проблема безопасного обращения с радиоактивными отходами и на­дежной защиты биосферы от их воздействия до сих пор не нашла удовле­творительного решения. Временные хранилища, в которых они сегодня находятся, не всегда отвечают требованиям безопасности.

Так, в результате ряда инцидентов, связанных с неудовлетворитель­ным обращением с радиоактивными отходами в Челябинском производст­венном объединении "Маяк", оказались существенно загрязненными не­сколько районов Челябинской и Свердловской областей, в которых прожи­вает более полумиллиона человек. Аналогичная ситуация имела место и в г. Виндскейл (переименован в Сэллафилд) в Великобритании [10]. Поэто­му хранилища радиоактивных отходов и места их захоронения требуют тщательного наблюдения и контроля как потенциальные высокоактивные источники радионуклидного загрязнения среды.

Старение оборудования, финансовые и материально-технические трудности в проведении плановых профилактических и ремонтных работ, снижение уровня технологической дисциплины, отток квалифицирован­ных кадров приводят к повышению вероятности возникновения аварийных ситуаций на радиационно-опасных объектах.

Внедрение радиационных технологий и методов в промышленность, медицину и науку привело к широкому распространению радиоизотопных источников. В настоящее время примерно в 13 тысячах учреждений и предприятий эксплуатируются источники ионизирующих излучений. Об­щее их количество по данным Госатомнадзора России превышает 700 ты­сяч единиц, а активность некоторых из них достигает десятков кКюри. Как свидетельствует международная практика, такие источники могут быть причиной серьезных радиационных ситуаций, причиняющих значитель­ный вред здоровью населения и окружающей среде. Социально-поли­тические и экономические изменения в стране создали дополнительные предпосылки для возникновения радиоэкологических ситуаций, связанных с попаданием радиоактивных веществ этих источников в окружающую среду в результате небрежного обращения с ними или преднамеренного вскрытия изотопных источников.

Во все более возрастающих масштабах осуществляются перевозки радиационно-опасных грузов по территории страны, в том числе в связи с реализацией программы частичного уничтожения ядерного оружия в соот­ветствии с международными договоренностями. Существенное увеличение общего числа случаев нарушения правил безопасности на транспорте, от­мечаемое в последнее время в стране из-за падения уровня трудовой и тех­нологической дисциплины, требует повышения эффективности радиацион­ного контроля на транспорте.

В настоящее время создалась реальная угроза радиоактивного заг­рязнения морей в экономической зоне страны. В декабре 1992 года Россия официально признала факты захоронения радиоактивных отходов и отра­ботанных ядерных реакторов атомных подводных лодок и ледоколов на дне морей. По состоянию на начало 1993 года в 20 местах захоронения в Баренцевом, Охотском, Карском и Японском морях затоплено 17 ядерных реакторов, несколько сотен контейнеров с радиоактивными отходами и слиты тысячи кубометров жидких радиоактивных отходов. Радиоактивное загрязнение омывающих Россию морей обусловлено также сбросами и за­хоронениями радиоактивных отходов Японией (Японское море), Англией, Францией и Бельгией (Балтийское, Баренцево и Карское моря). Контроль­ные замеры, проводимые радиологическими службами Северного и Тихо­океанского флотов, фиксируют превышения фоновых уровней по цезию-137 до 10-15 раз, а также появление других техногенных радионуклидов (например, кобальт-60), что может быть связано с процессами разрушения конструкционных элементов затопленных реакторов с невыгруженным то­пливом. Следует отметить, что официальное признание фактов морских захоронений и сливов радиоактивных отходов означает и принятие Росси­ей ответственности за ликвидацию их возможных последствий.

Одним из источников возможных радиационных загрязнений терри­тории страны являются трансграничные (главным образом атмосферные) переносы радиоактивных веществ с сопредельных территорий. Примером могут быть систематически фиксируемые выпадения радиоактивных за­грязнений в различных местах нашей территории после проведения про­должающихся до сих пор испытательных ядерных взрывов на полигоне Лобнор, расположенном на примыкающей территории Китая. Всего там было произведено около 50 ядерных взрывов [11].

Радионуклидное загрязнение окружающей среды происходит также в результате проникновения в нее и радионуклидов естественного проис­хождения. К источникам таких загрязнений и соответствующих дозовых нагрузок на население относятся тепловые электростанции, работающие на угле. По данным сравнительных исследований, уровни дозовых нагрузок от этих станций могут в десятки раз превышать уровни, создаваемые атом­ными станциями при их нормальной эксплуатации. Активность радионук-лидных выбросов крупных электростанций, работающих на угле, состав­ляет от 8 до 20 Кюри в сутки.

Источниками радиоактивного загрязнения, территорий и поверхно­стных вод естественными радионуклидами являются также отвалы горных пород на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях. Причем радиоэкологическую опасность представляют не только предприятия по добыче и переработке расщепляющихся материалов, но и предприятия до­бычи неурановых руд и органических энергоносителей. Отмечены случаи крупномасштабных радиационных загрязнений естественными радионук­лидами в районах добычи нефти и газа (например, на нефтепромыслах Ставропольского края). Добавим к этому усиливающуюся политическую нестабильность в мире. Все это означает, что вторая глобальная авария АЭС чернобыльского масштаба может случиться в пределах 10-20 лет [12]. Это вызывает необходимость организации действенного контроля за тех­ногенным проникновением радионуклидов естественного происхождения в биосферу.

Таким образом, представленные материалы позволяют констатиро­вать, что опасность, которую представляет собой ионизирующее излуче­ние, обуславливает необходимость осуществления не просто контроля, а непрерывного наблюдения (мониторинга), как за источниками ионизи­рующих излучений, так и за их распространением в окружающей среде.

**2, ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА.**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИАЦИОННОЙ**

**БЕЗОПАСНОСТИ**

Жизнь на Земле возникла и развивалась на фоне ионизирующей ра­диации. Поэтому биологическое действие ее не является каким-то новым раздражителем в пределах естественного радиационного фона. Считают, .что, часть наследственных изменений и мутаций у животных и растений связана с радиационным фоном [13].

В основе повреждающего действия ионизирующих излучений лежит комплекс взаимосвязанных процессов. Ионизация и возбуждение атомов и молекул дают начало образованию высокоактивных радикалов, вступаю­щих в последующем в реакции с различными биологическими структура­ми клеток. В повреждающем действии радиации важное значение имеют возможный разрыв связей в молекулах за счет непосредственного действия радиации, а также внутри- и межмолекулярной передачи энергии возбуж­дения. В последующем развитие лучевого поражения проявляется в нару­шении обмена веществ с изменением соответствующих функций.

Реакция человеческого организма на ионизирующее облучение зави­сит от дозы и времени облучения, размера поверхности тела, подвергшего­ся облучению, типа излучения и мощности дозы. Степень чувствительно­сти человеческих тканей к облучению различна. Чувствительность их в порядке уменьшения следующая: кроветворные органы, половые органы, ткань кожного покрова внутренних и наружных органов, ткань мозга и мышечная ткань, костные и хрящевые клетки, клетки нервной ткани. Чем моложе человек, тем выше его чувствительность к облучению. Человек в возрасте 30-50 лет наиболее устойчив к облучению.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса норма-
тивов: '

* основные пределы доз (ПД), приведенные в табл.1;
* допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного ра­дионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), яв­ляющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (Я/77), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и другие;
* контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.). Их значения должны учитывать достигнутый уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздей­ствие будет ниже допустимого [14].

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

* персонал (группы ,4 и Б);
* все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.
* Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Нормируемые | Пределыдоз |
| величины\* | Персонал (группа А)\*\* | Население |
| Эффективная доза | 20 мЗв в год в среднем | 1 мЗв в год в среднем |
|  | за любые последовательные | за любые последователь- |
|  | 5 лет, но не более 50мЗв | ные 5 лет, но не более |
|  | в год | 5мЗввтод |
| Эквивалентная доза за год: |  |  |
| в хрусталике глаза\*\*\* | 150мЗв | 15мЗв |

\*\* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы Л.

\*\*\* Относится к дозе на глубине 300 мг/см2.

\*\*\*\* Относится к среднему по площади в 1 см2 значению в базальном слое ко­жи толщиной 5 мг/см2 под покровным слоем толщиной 5 мг/см2. На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см2. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого / см2 площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспе­чивает непревышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Контроль за облучением при всех нормальных условиях необходимо осуществлять путем контгюля за источником, а не за окружающей средой [15].

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от при­родного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиацион­ных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные огра­ничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Начало периодов вводится с 1 января 2060 года.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз, установленных в табл.1.

,. Особую опасность представляют радиоактивные вещества, попав­шие внутрь организма в виде пара, газа, брызг и пыли вместе с воздухом, пищей и водой, а также через раны, кожные дефекты и даже через здоро­вую кожу (рис.4). Вредное воздействие радиоактивных веществ, попавших в организм, сильно зависит от степени их радиоактивности, скорости их распада и выведения из организма. Если радионуклиды, попавшие в орга­низм, однотипны элементам, которые потребляет человек с пищей (натрий, хлор, калий, вода и т.п.), то они не задерживаются длительное время в ор­ганизме и удаляются вместе с продуктами выделения.

Радиоактивные вещества распределяются в организме более или менее равномерно, но отдельные из них концентрируются во внутрен­них органах избирательно. Например, в костных тканях откладываются радий, уран, плутоний (альфа-источники), щитовидной железе - йод, селе­зенке и печени - полоний, легких - радон. Все радиоактивные элементы с большим атомным номером долгое время задерживаются в организме. Так, период полувыведения радия из организма достигает 45 лет и в течение всего времени пребывания в костной ткани он интенсивно поражает кост ный мозг. Легче всего из организма удаляются газообразные радиоактив­ные вещества.

Чрезмерное местное внутреннее облучение обычно вызывает злока­чественные новообразования (рак, саркому) через разные сроки (10-20 лет при введении небольших количеств).

Основные особенности действия излучений:

* отсутствие первичных ощущений у человека при облучении;
* видимые поражения проявляются спустя некоторое время;

 большие однократные дозы вызывают смерть или серьезные забо­левания, малые дозы, получаемые ежедневно, переносятся в течение дли­тельного времени.

Так, пороговая величина, которая вызывает помутнение роговицы и ухудшение зрения при остром облучении рентгеновскими и гамма-лучами, составляет 200-1000 рад/год, при хронической многолетней экспозиции -15 рад/год.

Большие дозы облучения приводят к комплексу болезненных явле­ний в органах и системах человеческого организма — лучевой болезни:

- менее 50 рад - явного лучевого поражения не происходит;

* 50-200 рад — рвота у 50% облученных через 24 ч после облучения, снижение работоспособности, смертность - до 5% вследствие различных осложнений. Это - признаки лучевой болезни первой степени, она излечи­ма с восстановлением работоспособности;
* 200-400 рад - лучевая болезнь средней тяжести, смертность - до 50%, потеря работоспособности;
* 400-600 рад - тяжелая лучевая болезнь, смертность - от 50% до 95% к концу второй недели болезни;
* свыше 1000 рад - молниеносная форма болезни, смертность, как правило, 100% в течение нескольких часов или дней.

Соматические последствия облучения проявляются через много ме­сяцев или лет после облучения. К ним относятся: лейкемия (рак крови), со­кращение продолжительности жизни, катаракты, стерильность, рак раз­личных органов. Кратковременное местное облучение кожи в дозе свыше 1000 рад может вызвать рак кожи. Как показывают эксперименты на жи­вотных, каждый рентген (0,96 рад) общего лучевого воздействия укорачи­вает среднюю продолжительность жизни на 1-10 дней.

В промышленно развитых странах, продолжительность жизни в ко­торых составляет, в среднем, 70 лет, около 20% смертных случаев прихо­дится на рак. Рак - наиболее серьезное из всех последствий облучения че-18 ловека при малых дозах. Обширные обследования, охватившие около 100000 человек, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нага­саки в 1945 г., показали, что пока рак является единственной причиной по­вышенной смертности в этой группе населения.

Самые распространенные виды рака, вызываемые действием радиа­ции, - рак молочной железы и рак щитовидной железы . По оценкам, примерно у 10 человек из 1000 облученных отмечается рак щитовидной железы, л у 10 женщин из 1000 - рак молочной железы (в расчете на каж­дый грэй (Гр) индивидуальной поглощенной дозы).

Радиация может воздействовать на разные химические и биологиче­ские агенты, что может приводить в каких-то случаях к дополнительному увеличению частоты заболевания раком. Серьезные доказательства были получены только для одного агента - табачного дыма. Оказалось, что шах­теры урановых рудников из числа курящих заболевают раком гораздо раньше. В остальных случаях данных явно недостаточно и необходимы дальнейшие исследования.

Наконец, и это, пожалуй, самое трагичное, генетические изменения, полученные в результате радиоактивного облучения, могут передаваться от поколения к поколению, потенциально поражая потомство всего живу­щего на Земле .

Например, в Саратовской области, в том числе в Балаково, мирный атом принес увеличение раковых заболеваний и болезней крови. За период работы БАЭС количество раковых заболеваний на 100 тысяч человек воз­росло со 189 до 258 случаев. Число заболеваний щитовидной железы у де­тей дошкольного возраста за этот период увеличилось на 19%, лейкопени­ей - на 36%, моноцитопенией - на 59% .

Во всем мире понимают опасность, которую представляет ионизи­рующее излучение, и поэтому уделяют должное внимание радиационной безопасности людей, обеспечению их жизнедеятельности.

Главной целью радиационной безопасности является охрана здоро­вья населения, включая персонал, от вредного воздействия ионизирующе­го излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиацион­ной безопасности без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, в науке и медицине.

Основу системы радиационной безопасности составляют современ­ные международные научные рекомендации, опыт стран, достигших высо­кого уровня радиационной защиты населения, и отечественный опыт. Данные мировой науки показывают, что соблюдение основных международ­ных норм безопасности надежно гарантирует безопасность работающих с источниками излучения и всего населения.

Радиационная безопасность достигается путем ограничения воздей­ствия от всех основных видов облучения (природных источников излуче­ния, медицинского облучения, в результате радиационных аварий и в ус­ловиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения). Возможности регулирования разных видов облучения существенно различаются, поэтому регламентация их осуществляется раздельно с примене­нием разных методологических подходов и технических способов.

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следую­щими основными принципами:

* непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облу­чения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);
* запрещение всех видов деятельности по использованию источни­ков излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным об­лучением (принцип обоснования).

Для обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации принимается, что облучение в коллективной эф­фективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере 1 чел.-года жизни населения. Величина денежного эквивалента по­тери 1 чел.-года жизни населения устанавливается методическими указа­ниями федерального органа Госсанэпиднадзора в размере не менее 1 годо­вого душевого национального дохода.

Годовая доза облучения населения не должна превышать основные пределы доз (табл.1). Указанные пределы доз относятся к средней дозе критической группы населения, рассматриваемой как сумма доз внешнего облучения за текущий год и ожидаемой дозы до 70 лет вследствие поступ­ления радионуклидов в организм за текущий год.

Облучение населения техногенными источниками излучения огра­ничивается путем обеспечения сохранности источников излучения, контроля технологических процессов и ограничения выброса (сброса) радио­нуклидов в окружающую среду, а также другими мероприятиями на ста­дии проектирования, эксплуатации и прекращения использования источ­ников излучения.

Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается.-Снижение облучения населения достигается путем установ­ления системы ограничений на облучение населения от отдельных при­родных источников излучения.

Принципы контроля и ограничения радиационных воздействий в ме­дицине основаны на получении необходимой и полезной диагностической информации или терапевтического эффекта при минимально возможных уровнях облучения. При этом не устанавливаются пределы доз, но исполь­зуются принципы обоснования назначения радиологических медицинских процедур и оптимизации мер защиты пациентов. Имеет место много ава­рий в лечебных учреждениях и еще большее число случаев, когда такие источники использовались небрежно или не по назначению. Одним из примеров является лечение онкологических заболеваний, когда предпи­санная доза радиации должна быть исключительна точной, с тем чтобы оказывать необходимое терапевтическое воздействие, с одной стороны, и в то же время не причинять ненужного вреда.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загряз­нения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятия­ми, применимыми, как правило, к окружающей среде и (или) к человеку. Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедея­тельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории, т.е. являются вмешательством, влекущим за собой не только экономический ущерб, но и неблагоприятное воздействие на здоровье на­селения, психологическое воздействие на население и неблагоприятное изменение состояния экосистем. Поэтому при принятии решений о харак­тере вмешательства (защитных мероприятий) следует руководствоваться следующими принципами:

* предлагаемое вмешательство должно принести обществу и, преж­де всего, облучаемым лицам больше пользы, чем вреда, т.е. уменьшение ущерба в результате снижения дозы должно быть достаточным, чтобы оп­равдать вред и стоимость вмешательства, включая его социальную стои­мость (принцип обоснования вмешательства);
* форма, масштаб и длительность вмешательства должны быть оп­тимизированы таким образом, чтобы чистая польза от снижения дозы, т.е. польза от снижения радиационного ущерба за вычетом ущерба, связанного с вмешательством, была бы максимальной (принцип оптимизации вмешательства).

Если предполагаемая доза излучения за короткий срок (2 суток) дос­тигает уровней, при превышении которых возможны клинически опреде­ляемые детерминированные эффекты (табл. 2), необходимо срочное вме­шательство (меры защиты). При этом вред здоровью от мер защиты не должен превышать пользы здоровью пострадавших от облучения.

I Таблица 2

Прогнозируемые уровни облучения, при которых необходимо срочное

|  |  |
| --- | --- |
| Орган или ткань | Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр |
| Все тело | 1 |
| Лекгие | 6 |
| Кожа | 3 |
| Щитовидная железа | 5 |
| Хрусталик глаза | 2 |
| Гонады | 3 |
| Плод | 0,1 |

При хроническом облучении в течение жизни защитные мероприя­тия становятся обязательными, если годовые поглощенные дозы превы­шают значения, приведенные в табл.2. Превышение этих доз приводит к серьезным детерминированным эффектам.Так, при радиационной аварии на Южном Урале, в качестве мер ра­диационной защиты населения были предприняты: эвакуация (отселение) населения, дезактивация части сельскохозяйственной территории, кон­троль за уровнем радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной про­дукции продовольствия, введение режима ограничения сельского и лес­ного хозяйства с созданием специализированных совхозов и лесхозов, ра­ботающих по специальным рекомендациям. Непосредственно вскоре после аварии (в течение 7-10 дней) было выселено из близлежащих населенных пунктов 1150 человек, в после­дующие 1,5 года - около 9000 человек. Всего было отселено 10730 чело­век.аким образом, сложившаяся сегодня в стране радиационная обста­новка определяется следующими основными факторами.

 увеличение глобального радиационного фона, связанное с добы­чей и переработкой радиоактивных ископаемых,

* последствия Чернобыльской аварии,
* последствия ядерных испытаний, работа предприятий ядерно-энергетического комплекса и хранилищ

радиоактивных отходов,

- деятельность предприятий, использующих в своих технологиях радиоактивные материалы.

Все это указывает на необходимость создания новых или дальней­шего развития существующих систем радиационного мониторинга по фактору радиационной безопасности.

**3. СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО**

**МОНИТОРИНГА**

Опыт работ по ликвидации последствий крупнейших аварий и ката­строф техногенного характера (например, катастрофа на Чернобыльской АЭС, аварии на химических предприятиях в Бхопале, Индия, Севезо, Ита­лия, и др.) свидетельствует о том, что проведение \*их в полном объеме тре­бует огромных финансовых затрат, привлечения большого числа специа­листов, техники, материальных ресурсов [26]. С учетом указанных обстоя-, тельств в общем комплексе чрезвычайных мер по обеспечению экологиче­ской безопасности окружающей среды, а также защиты населения приле­гающих районов при экстремальных ситуациях сейчас за рубежом особое значение придается решению задачи быстрого и точного контроля склады­вающейся реальной обстановки на зараженных территориях. С этой целью на практике используются авиационные средства, передвижные лаборатории, полевые измерения.

Аэро-гамма-спектрометры, установленные на борту самолетов или вертолетов, приспособленных к полетам на малых высотах (25-100 м) со скоростью 100-300 км/ч, использовались для проведения оперативной съемки радиоактивного загрязнения поверхности земли и акваторий. Этот метод изначально разрабатывался для использования в геологии, но впо­следствии стал чаще применяться для измерения радиоактивного загрязне­ния. Съемка на изучаемой территории проводится обычно путем проложе-ния параллельных маршрутов, находящихся на расстоянии 0,1-10 км друг от друга, в зависимости от необходимого вида деятельности исследования и наличия летных ресурсов. Вдоль маршрута фиксируются спектры гамма-излучения и информация о пространственном положении летательного ап­парата, получаемая с помощью навигационных систем (таких как радио­маяки или системы GPS - всемирная система расположений), а также дан­ных измерений высоты с помощью радара. При надлежащей обработке данных этот метод позволяет дать оценку уровня мощности дозы и загряз­нения местности радионуклидами с точностью, превышающей точность наземных методов, при этом охват территории при одном измерении с уче­том дальности обзора бортовых спектрометров может превосходить охват при наземном пробоотборе на 6-7 порядков. В современных авиационных спектрометрах используются сцинтилляционные детекторы большого объ­ема (обычно 1-50 л) и полупроводниковые детекторы, обладающие более высокой разрешающей способностью, но меньшей чувствительностью.

Данные системы могут работать в автоматическом и полуавтоматическом режиме и дают надежные результаты измерений даже при низких уровнях загрязнения (время одного измерения при этом составляет несколько секунд для сцинтилляционных и минуты для полупроводниковых детекторов).

Однако крупномасштабные съемки радиоактивного загрязнения для целей мониторинга могут выполняться без отбора почвенных проб средст­вами наземной гамма- спектрометрии.При использовании этого метода гамма-спектрометры устанавливаются в фиксированном положении отно­сительно земной поверхности. Этот метод может быть стационарным (гамма-спектрометрия in-situ) иГ мобильным (гамма-спектрометрическая аппаратура устанавливается на автомобиле). Мобильная гамма-спектро­метрия применялась, например, в Финляндии, где для построения карты загрязнения цезием-757 на территории около 19000 кв. км использовалась комбинация гамма-спектрометрических и GM-tube измерений с использо­ванием автомобильной техники. Современные оперативные действия по­добных подвижных сил и средств радиационно-химической разведки (РХ-разведки) обеспечивают быстрый сбор, обобщение и выдачу непосредст­венно на пункты управления необходимой информации из пострадавших районов [27]. Это является особенно важным с учетом большой вероятно­сти выхода из строя (полностью или частично) при крупных авариях и ка­тастрофах стационарных систем связи, контроля и управления.

В зарубежной печати приводится описание рекогносцировочного ав­томобиля пожарной службы типа AC-E4k.Kw ]. Он демонстрировался в ФРГ на 26 общегерманском съезде пожарных как один из перспективных образцов вспомогательной разведывательной техники. Эта разведыватель­ная машина является полноприводной модификацией автомобиля "UW-комби" и предназначается для быстрого выявления в очагах поражения складывающейся обстановки, в том числе и установления наличия РХ-заражения (например, для измерения радиоактивного заражения местности при падении искусственных спутников Земли). На машине имеется соот­ветствующая специальная измерительная РХ-аппаратура; экипаж - 2 чел. При действиях в системе защиты от катастроф машина может использо­ваться самостоятельно в составе специальных подразделений химической защиты для решения узко ограниченных РХ-задач.

Ряд зарубежных публикаций касается различных аспектов проблемы оснащения разведывательных подразделений современными мобильными средствами РХ-разведки. В частности отмечается, что поступление в ФРГ новых многофункциональных РХ-машин типа "Фукс" на базе трехосного военного бронетранспортера, обеспечивающих быстрое и надежное выяв-ление зон РХ-заражения на больших территориях, является крупным ша­гом в этом направлении. По отзывам многих специалистов, машины типа "Фукс" являются эффективнейшим подвижным средством наземной РХ-разведки, с помощью которого можно квалифицированно решать все воз­ложенные на нее разведывательные задачи, в том числе: проводить радиа­ционную разведку окружающей территории, обнаруживать химическое за­ражение на местности и в атмосфере, устанавливать знаки ограждения за­раженных участков, отбирать пробы грунта, воды и других предметов в разных средах, заражение которых наиболее вероятно [29-31]. В связи с этим машины типа "Фукс", выпускаемые фирмой "Тиссен-Хеншель" [32], можно считать наиболее эффективными мобильными средствами для ком­плексного выявления фактической РХ-обстановки, в том числе при катаст­рофах на АЭС, предприятиях химической промышленности, складах, базах и арсеналах, рассчитанных на хранение опасных химических материалов.

Различные методы РЛГ-измерений имеют свои плюсы и минусы, по­этому при хорошо продуманной стратегии мониторинга, является целесо­образной их комбинация. Лабораторные анализы проб почвы (рис. 7) наи­более полно характеризуют загрязнение в точке пробоотбора, но подвер­жены влиянию изменчивости полей загрязнения в локальном масштабе. Наземные методы измерения in-situ обладают высокой чувствительностью, но требуют исследования распределения радионуклидов по глубине. Аэро­гамма-спектральная съемка дает возможность провести быстрые и пред­ставительные измерения на больших территориях, но также зависит от распределения активности в окружающей среде. Поэтому производится отбор ограниченного числа проб для исследования вертикального распре­деления радионуклидов в почве как при проведении спектрометрических измерений in-situ, так и при аэро-гамма-спектральной съемке, что дает возможность наиболее точно определить уровни радиоактивного загрязне­ния местности. Таким образом, комбинация аэро-гамма-спектральной съемки и наземных измерений - является наиболее эффективным методом измерений.

В результате радиационной разведки территории выявляются анома­лии по радиоактивному загрязнению местности. Проводится приготовле­ние препаратов из проб внешней среды (для каждого вида свои препара­ты). Эти препараты поступают на анализы:

- физико-химический (дисперсный анализ, радиография), который базируется на переходе радиоактивности в раствор;

-радиохимический, основанный на химическом разделении отдель­ных радионуклидов;

* радиометрический, при котором используются методы, позво­ляющие при оптимальных затратах времени и средств с помощью доступ­ной аппаратуры получить достоверные результаты с приемлемой для ра­диационной безопасности погрешностью измерения. При определении ак­тивности бета-излучателей широко используются сцинтилляционные и га­зоразрядные 4/7-счетчики [33], активность гамма-излучателей, как прави­ло, измеряют с помощью сцинтилляционных детекторов, активность нук­лидов в ряде случаев определяется с использованием метода совпадений;

спектрометрический, необходимый для определения радиацион­ной обстановки на местности по результатам спектрометрических иссле­дований при оценке фоновых доз внешнего облучения от 40К, 226Ra, 232Th, содержащихся в почве.В настоящее время наиболее широкое применение нашли следую­щие приборы (табл.3):

* Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п | Наименование установки | Назначение, пределы измерения | Геометрия измерения |
| 1 | , 2 | 3 | 4 |
| 1. | Гамма-спектрометрическая установка на основе БД БДКГ-ОЗП, -v АЦП совместимый с PC/AT. Калибровочный \* источник Csl37+K40 | Измерение активно­сти Cs-137, Nh-232,Ra-226, К-40 в счетных об­разцах.Пределы измерений: Cs-137 3-10000 Бк Ra-232 8-10000 Бк Th-226 5-10000 Бк | Сосуд Мари-Маринелли емкостью 1 л; чашка Петри емкостью 75 мл |
| 2. | Бета-Спектрометрическая установка на основе РБМК-227Н, АЦП совместимый с PC/AT. Калибровочный источник Sr-90 | К-40, 40-10000 Бк Погрешность:./5-50% Измерение активно­сти Sr-90 в счетныхобразцах. Пределы измерений:0,7-10000 Бк Погрешность: 15-50% | Специализи­рованная кю­вета емкостью 20 мл |
| 3. | Гамма-спектрометрическая ;.. установка на основе БД БДЭГ-3-2, АЦП совместимый с PC/A Т комплект для мониторинга радона. Калибровочный источник Csl37+K40 | Измерение активно­сти Cs-137, Th-232,Ra-226, К-40 в счетных образцах.Пределы измерений: Cs-137 3-10000 Бк Ra-232 8-10000 Бк Th-226 5-10000 Бк К-40 40-10000 Бк Погрешность: 10-60% | Сосуд Мари-нелли г емкостью 1л чашка Петри ИК-63 |
| г.4. | Бета-спектрометрйческая установка на основе БД 234-98, АЦП совместимый с PC/AT. Калибровочный источник «, Sr-90 | Измерение активно­сти Sr(Y)-90 в счет­ных образцах. Пределы измерений: 0,7-10000 Бк | Штатная кю­вета |
| 5. | Альфа-спектрометрическая установка на основе БДАП, АЦП совместимый с PC/AT. Калибровочный Источник (238,239,242) | Измерение активно-' сти альфа-излучаю-щих радионуклидов в счетных образцах.Пределы измерений: 180-1000000 БкПогрешность: 10-60% | "Толстый" слой под штатной пленкой и без пленки |
| 6. | Гамма-спектрометрическая установка наоснове БД БДЭГ-3-4 №305-7, АЦП совместимый^ PC/AT.Калибровочный источник Na-22 - - | Измерение активно­сти Cs-137, Th-232, Ra-226, К-40 в счет­ных образцах. Пре­делы измерений: Cs-137 3-10000 Бк Ra-232 8-10000 Бк Th-226 5-10000 Бк К-40 40-10000 Бк Погрешность:./0-60% | Сосуд Мари-нелли 0,5л, 4Pi, штатная кювета |
| 7. | Спектрометр излучения че­ловека "Прогресс СИЧ' | Определяет содержа­ние гамма-излуча-ющих радионуклидовв теле человека. Пределы измерений, Бк:Cs-137 во всем теле -800;1-131 в щитовиднойжелезе - 50; Со-60, Cs-137, Мп-51-200. Погрешность: не бо­лее 20% |  |