



0 радиации
популярно



А Б В Г Д Е Ж З И
К

Е. К. Хандогина
Р. М. Бархударов
Е. М. Мелихова
М. Ю. Иванов

О радиации популярно

Москва
2006

УДК 621.039.58

**Хандогина Е. К., Бархударов Р. М., Мелихова Е. М., Иванов М. Ю.
О радиации популярно. М.: Изд. «Комтехпринт», 2006. 48 с.
ISBN 5-89107-064-2**

Брошюра подготовлена в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН.

Изложены основные сведения о действии ионизирующих излучений на человека, принципах радиационной защиты. Брошюра может быть полезна для всех, интересующихся вопросами радиационной безопасности человека, в первую очередь — для населения, проживающего на загрязненных территориях.

ISBN 5–89107–064–2

© ИБРАЭ РАН, 2006

© «Комтехпринт», 2006 (оформление)

Введение

Чуть более 100 лет назад череда открытий, связанных с изучением естественной, а позже — искусственной радиоактивности, положила начало новой эре в истории человечества. В середине века, названного «атомным», произошло два судьбоносных события: потрясшая всех бомбардировка Хиросимы и Нагасаки и пуск первой в мире атомной электростанции в Обнинске, когда энергия разрушения преобразовалась в энергию созидания. С тех пор в течение более полувека атомная энергетика служит миру, удовлетворяя постоянно растущие потребности человечества в свете, тепле. Без нее невозможно развитие экономики, повышение качества жизни людей. Радиоактивные вещества используются и в других областях человеческой деятельности — в медицине при диагностике и лечении болезней, в технике.

Реалии наших дней, к сожалению, связаны с возможностью радиационных аварий, следствием которых может явиться радиоактивное загрязнение территорий городов и сельских районов. Нельзя исключать и возможность применения «грязной» бомбы, которой пугают террористы; ее основной поражающий фактор — страх.

Огонь, мирно согревающий дом, может стать разрушающим из-за неосторожности или злого умысла; тем не менее люди давно научились не только обращаться с пламенем, но и справляться с пожарами. Человечество должно избавиться от страха перед радиацией. От облучения можно и нужно защищаться. А лучшая защита — это защита, основанная на знаниях.



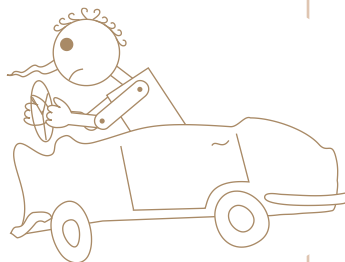
Аварии на радиационно-опасных объектах

Атомные электростанции — АЭС, предприятия по изготовлению ядерного топлива, по переработке отработанного ядерного топлива и захоронению радиационных отходов, научно-исследовательские организации, имеющие ядерные реакторы, ядерные энергетические установки на транспорте — все эти объекты являются радиационно-опасными. В результате нарушения их нормальной работы может произойти выброс радиоактивных веществ, который приведет к радиоактивному загрязнению и облучению, что может представлять собой угрозу для жизни и здоровья людей; речь идет о радиационных авариях.

Кроме объектов атомной (ядерной) энергетики, опасность могут представлять гораздо более многочисленные источники излучений, применяющиеся в медицине, промышленности. Чаще всего это происходит из-за несоблюдения правил техники безопасности; причиной радиационной аварии могут стать и неисправности оборудования.

Последствия радиационных аварий могут затронуть большое число людей. Однако при этом надо отметить, что они не идут ни в какое сравнение с последствиями других техногенных аварий и катастроф. За более чем 50 лет в нашей стране было 175 инцидентов, 3 крупные радиационные аварии. В общей сложности радиационные поражения получили 568 человек, 71 из них умерли. В то же время при взрыве нефтепровода в Башкирии в июне 1989 года погибли 760 человек, при крушении парома «Эстония» в сентябре 1994 года — около 900, химическая авария в Бхопале (Индия, 1984 год) унесла жизни почти 2 тысяч человек, а за последующие 10 лет умерло еще более 15 тысяч, всего же число пострадавших при этой аварии — 200 тысяч человек! Каждая человеческая жизнь бесценна.

Дорожно-транспортным происшествием считают все аварии на дорогах. При незначительных столкновениях, приводящих к паре царапин на крыле, водители разъезжаются, обменявшись страховыми полисами



(а иногда и крепкими выражениями); в тяжелых ситуациях имеются пострадавшие, а для машины вызывается эвакуатор.

Так же и при радиационных авариях. Конкретные мероприятия проводятся в зависимости от радиационной обстановки, их цель — свести к минимуму возможное облучение людей и причиняемый ущерб. На основе прогнозируемых доз облучения разработаны специальные критерии, регламентирующие принятие мер по защите населения.

Безопасность атомной энергетики

Когда говорят о безопасности АЭС, имеют в виду их свойство сохранять радиационное воздействие на население и окружающую среду в установленных пределах как при нормальной эксплуатации, так и в аварийных ситуациях. Это же свойство характеризует и понятие **ядерная безопасность**.

Комплекс мер, направленных на максимально возможное снижение дозовых нагрузок на население и персонал, а также на предупреждение и ограничение последствий облучения, обеспечивает радиационную безопасность.

После чернобыльской аварии говорить о развитии атомной энергетики считалось невозможным. Доводы профессионалов топили в море «страшилок». Прошло время, и на смену страхам и опасениям пришло трезвое, адекватное понимание рисков. Сегодня во многих странах можно говорить о «ренессансе» атомной энергетики.

В наши дни требования к безопасности настолько высоки, что вероятность крупной аварии реактора, которая приведет к гибели людей от облучения, рассчитана как один случай за миллион лет. Этот срок в 20 тысяч раз превышает средний срок эксплуатации современных реакторов.

Технологически системы АЭС сконструированы и эксплуатируются таким образом, чтобы практически полностью



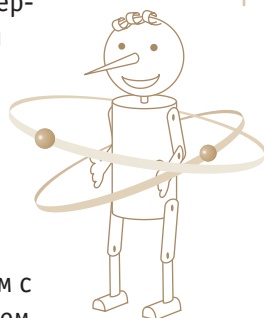
исключить попадание радиоактивных веществ в окружающую среду и свести возможные поступления до уровней, не превышающих действующие нормы. Для этой цели на атомных станциях существуют специальные барьеры защиты. Во-первых, топливо находится внутри топливных таблеток. Далее, защитные оболочки топливных стержней не позволяют опасным продуктам выйти наружу. Следующий барьер — это корпус реактора и система трубопроводов. И, наконец, защитная оболочка (оболочка безопасности), обычно выполняемая из железобетона. Отходы проходят сложную систему очистки, и выход радиоактивности в окружающую среду в количествах, превышающих очень жесткие нормативы, при нормальной работе не допускается.

Внешнее и внутреннее облучение

Внешнее облучение — это облучение человека от источника, находящегося вне его тела; внутреннее облучение — это облучение от радиоактивных изотопов (радионуклидов), попавших внутрь организма.

Внешнему облучению может подвергаться либо полностью весь организм, либо отдельные участки тела (локальное облучение). В зависимости от этого последствия облучения будут различными. Например, доза 10 Гр является смертельной при общем облучении. В то же время при радиотерапии раковых заболеваний суммарная доза облучения опухоли в течение длительного времени может быть в 5-7 раз больше. Нельзя сказать, что эти процедуры не наносят никакого вреда пациенту, однако через некоторое время после облучения здоровье восстанавливается.

Радиоактивные изотопы могут попасть в организм с вдыхаемым воздухом, водой и продуктами питания, тем самым формируя внутреннее облучение иногда в течение многих лет. Снижение уровней облучения будет происходить за счет распада и выведения радионуклидов из организма. Радионуклиды могут равномерно распределяться внутри тела (напри-



мер, радиоактивный натрий), а могут избирательно накапливаться в отдельных органах и тканях: радиоактивный йод — в щитовидной железе, стронций — в костях, цезий — в мягких тканях и т.д.

При радиационной аварии в первые часы основным источником опасности является внешнее облучение от радиоактивного облака, радиоактивных выпадений на местности. Расчеты, сделанные на основе измерений загрязненности местности радионуклидами, позволяют оценить дозу внешнего облучения населения. А чтобы узнать о полученной дозе внутреннего облучения, необходимо обследоваться на установках СИЧ («счетчик излучения человека»), либо воспользоваться расчетным методом оценки поступления радионуклидов в организм человека.

Городские условия: особенности последствий облучения

В городских условиях имеется ряд особенностей. Из-за высокой плотности населения радиоактивное загрязнение может затронуть большее число людей. С другой стороны, население питается в основном продуктами, покупаемыми в магазинах, а не выращенными на собственных участках, что позволяет резко уменьшить дозу внутреннего облучения.

В городских домах уровень естественного излучения от радона выше, чем в сельских. Это приводит к большей дозовой нагрузке от облучения и в обычных условиях, однако при этом дозы облучения остаются все же очень низкими и не представляют опасности для здоровья.

Отличительной чертой городов является высокий уровень загрязнения, обусловленного нерадиационными факторами. Он связан в основном с деятельностью промышленных предприятий, выбросами от автотранспорта. Вклад нерадиоактивного загрязнения в развитие отрицательных последствий для





здоровья в сотни и тысячи раз превышает таковой от радиации. Снижение загрязнения нерадиационного характера имеет большое значение для сохранения здоровья.

Как правило, уровень жизни в городах выше, чем в сельской местности, а медицинское обслуживание более доступно и качество его выше. Благодаря этому, медицинский контроль поможет своевременно выявить (и успешно вылечить) не только заболевания, связанные с возможными последствиями облучения, но и болезни, возникновение которых не обусловлено радиацией.

оза

Ионизирующие излучения бывают двух видов — электромагнитные волны и частицы. Они называются ионизирующими благодаря своей способности вызывать ионизацию атомов и молекул в веществе. К электромагнитным относятся рентгеновское и гамма-излучение от радиоактивных элементов. Электромагнитными являются по своей природе и радиоволны, видимый свет и ультрафиолетовое излучение, однако их энергии для ионизации недостаточно. Все остальные ионизирующие излучения представляют собой частицы. Например, бета-частицы — это отрицательно заряженные электроны; альфа-частицы — положительно заряженные ядра элемента гелия; нейтроны — частицы, не имеющие зарядов.

Для количественного выражения действия радиации на человека используется понятие **доза**.

Энергия излучения, поглощенная телом (поглощенная доза), измеряется в греях (Гр). Она соответствует энергии, поглощенной в единице массы вещества: $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. Кроме нее на практике может использоваться внесистемная единица рад.

Разные виды излучения действуют на живые организмы с разной эффективностью. При одной и той же поглощенной дозе нейтронное излучение определенной энергии вызовет в 10, а альфа-излучение — в 20 раз больше повреждений, чем рентгеновское излучение. Для учета этого фактора появилось понятие **эквивалентная доза**; единицей эквивалентной дозы измерения являются зиверт (Зв) и старая единица — бэр.



Последствия облучения разных органов и тканей могут быть различными даже при одинаковой поглощенной дозе, поэтому существует понятие **эффективной дозы**. Она отражает вклад облучения того или иного органа при неравномерном облучении тела в развитие в будущем таких отдаленных последствий, которые могли бы наступить при равномерном облучении организма, и также измеряется в зивертах.

В радиационной безопасности используется также понятие годовой эффективной дозы — суммы полученной за календарный год эффективной дозы внешнего облучения и ожидаемой дозы внутреннего облучения, обусловленного поступлением в организм радионуклидов за тот же год.

Излучение может характеризоваться и способностью вызывать ионизацию воздуха. Для рентгеновского и гамма-излучения долгие годы применялась внесистемная единица рентген, отражающая число образовавшихся ионов в 1 см^3 воздуха. И хотя официально в настоящее время эта единица выведена из списка дозиметрических показателей, на практике она все еще широко используется.

В очень грубом приближении можно принять, что

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 100 \text{ бэр} = 100 \text{ Р.}$$

Часто пользуются величинами миллизиверт ($1 \text{ мЗв} = 0,001 \text{ Зв}$), сантигрей ($1 \text{ сГр} = 0,01 \text{ Гр}$) и т.п., так же, например, как небольшие предметы измеряются не в метрах, а в сантиметрах и миллиметрах.

Поглощенная энергия может нарушать ход нормальных биологических процессов в организме. Нарушения, возникающие при действии радиации, объясняются специфическими механизмами его взаимодействия с молекулами, клетками, тканями, организмами. Удивительный факт: энергия, поглощаемая телом человека при смертельной дозе 10 Гр, соответствует тепловой энергии стакана горячего чая, которая приведет к повышению температуры тела всего лишь на одну сотую долю градуса, когда человек выпьет этот стакан чая.



Кроме общей величины дозы имеет значение и интенсивность облучения, характеризующаяся мощностью дозы. Она измеряется,

например, в миллизивертах в час или миллизивертах в год — в зависимости от величины (как и скорость измеряется в км/час, или м/сек, или км/сек — в зависимости от того, насколько быстро движется предмет).

Дозиметры часто показывают не накопленную дозу, а ее мощность. Чтобы определить значение дозы, полученной за промежуток времени, необходимо умножить среднюю мощность дозы на продолжительность облучения. Обратите внимание на то, чтобы время измерялось в одних и тех же единицах — часах, минутах, годах и т.д. Определение дозы на основе значения мощности будет аналогично тому, как определяется расстояние — умножением средней скорости на время в пути.

Для измерения уровня загрязнения радионуклидами различных объектов пользуются мерой радиоактивности, равной числу распадов радиоактивных атомов за единицу времени. Скорость распада, равная 1 распад/сек, называется беккерель (Бк). Загрязненность местности измеряется в Бк/м², пищевых продуктов — в Бк/кг или Бк/л, воздуха — Бк/м³. Старая единица называлась кюри (Ки); 1 кюри равняется 37 миллиардам беккерелей.

Естественный радиационный фон

Радиоактивные атомы образовались задолго до появления первых форм жизни, поэтому с самого начала зарождения жизни на нашей планете все живое подвергалось воздействию радиационного фона, формируемого источниками земного и космического происхождения. В ходе эволюции живые организмы (в том числе и человек) адаптировались к действию радиации благодаря работе систем репарации повреждений.

Космическое излучение обусловлено в основном частицами высоких энергий, приходящими из космоса. До земной поверхности доходит лишь малая часть космических лучей, они поглощаются атмосферой. Доза, полученная от космических лучей, высоко в горах примерно в 10 раз выше, чем на уровне моря.

Земные источники — это, в первую очередь, уран и торий с продуктами их распада, среди которых наиболее значим газ радон.

Кроме того, фоновое облучение обусловлено калием-40, который почти полностью определяет собственную радиоактивность человеческого тела и мирового океана, а также рубидием-87.

В среднем фоновая доза составляет около 2 мЗв в год, причем наибольший вклад (почти 2/3) вносит радон — природный радиоактивный газ, всегда присутствующий в горных породах, прежде всего в гранитах.



На Земле существуют районы (например, в Индии, Китае, Бразилии, Франции), где естественный уровень радиации в десятки раз выше. Состояние здоровья людей, проживающих в условиях повышенного фона, конечно же, привлекало внимание медиков. За многие годы наблюдений врачи не смогли выявить каких-либо отклонений от среднемировых показателей ни по раковым, ни по генетическим заболеваниям.

Хорошо известно, что многие курорты возникли вокруг природных радиоактивных источников. Ежегодно сотни тысяч отдыхающих принимают радоновые ванны и другие лечебные процедуры.

В нашей стране на долю естественных источников радиации приходится более 70% общей дозы облучения, еще около 30% — вклад от медицинских процедур. Дополнительные дозовые нагрузки на живые организмы вследствие работы атомных электростанций, заводов по переработке топлива и т.д. не превышают 1%.

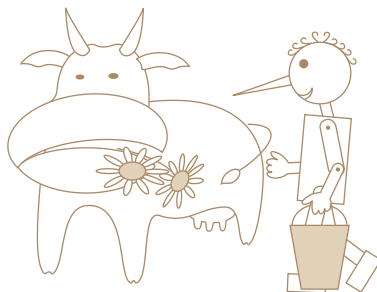


Животные и растения

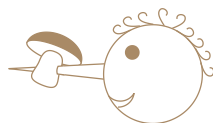
После серьезной аварии радиоактивные частицы могут переноситься ветром на большие расстояния и выпадать на почву, растения, поверхности водоемов. На этой почве вырастают растения, в тканях которых, благодаря процессам миграции по биологическим цепям, содержатся не только привычные вещества, но и их радиоактивные «заместители» — радионуклиды. Сельскохозяйственные животные поедают эти растения — так радионуклиды попадают в их организм. Человек питается растительной пищей,

мясом и молоком, и, по сути, оказывается замыкающим звеном биологической цепи.

Напомним, что если проживание в затронутой радиационной аварией местности разрешено, это означает, что дозы облучения не представляют опасности. Тем не менее, для того чтобы еще более снизить ее, можно рекомендовать специальные меры. Попадание радионуклидов в урожай уменьшится, если специальным образом обрабатывать почву — вносить, например, минеральные удобрения, известь. Меньше всего радионуклидов накапливается в капусте, далее, в порядке возрастания, идут огурцы, кабачки, томаты, лук, чеснок, картофель, свекла, морковь, редис, горох, бобы и фасоль, а больше всего их в щавеле.



Дары леса — грибы и ягоды можно собирать и употреблять в пищу. Надо только обязательно проверить их на радиоактивность, а при варке грибов несколько раз менять отвар. Ну а кроме того, грибы и ягоды вполне можно выращивать в искусственных условиях — на промышленных плантациях, приусадебных участках.



Мясо и молоко животных, получивших во время аварии небольшие дозы облучения, которые не привели к их заболеванию, можно употреблять в пищу.

Переход на незагрязненные корма — самый простой путь к снижению содержания радионуклидов в молоке и мясе. При необходимости ветеринар может назначить специальные препараты, которые до 10 раз снижают содержание радионуклидов в молоке.

Не надо полностью отказываться от привычной еды; несложные способы обработки и приготовления продуктов помогут избежать нежелательных последствий. Правильный выбор овощей и фруктов поможет избежать внутреннего облучения. Нехитрые приемы при приготовлении снизят возможную дозу в десятки раз.

Здоровье и радиация

Один из основных вопросов — как может повлиять облучение на здоровье человека.

Биологическое действие излучения было обнаружено практически сразу же после его открытия. Сначала исследователи, работающие с радиацией, обратили внимание на изменения кожи после контакта с источниками — покраснения и даже язвы, а позже обнаружилось, что могут развиваться и заболевания других тканей и органов. Этот опыт, оплаченный ценой здоровья, а иногда — и жизни первых исследователей, привел к развитию системы защиты от вредных последствий облучения.

Облучение стали применять и с лечебной целью — для диагностики и лечения многих тяжелых заболеваний.

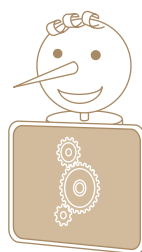
Существует несколько классификаций последствий облучения. Прежде всего, их можно разделить на те, которые касаются непосредственно облученного человека (их называют соматическими), и на те, которые проявляются в последующих поколениях, названные генетическими.

Изменения в состоянии здоровья могут наблюдаться непосредственно после облучения, а могут проявиться и спустя годы. В последнем случае говорят об отдаленных последствиях облучения.

Согласно еще одной классификации, одни радиационные эффекты проявляются всегда (так называемые **детерминированные**, т.е. предопределенные), в то время как другие последствия могут развиваться лишь с некоторой вероятностью (**стохастические**, или вероятностные).

Степень выраженности детерминированных эффектов тем выше, чем больше доза облучения, а проявляются они только в тех случаях, если доза облучения превысит определенное пороговое значение. Одним из примеров детерминированных эффектов служит лучевая болезнь.

К стохастическим эффектам относятся генетические последствия облучения и радиационный рак. В отличие от детерминированных последствий, стохастические эффекты теоретически могут возникнуть при любой дозе облучения. Заболевания, вызванные



облучением, не отличаются от тех, что обусловлены другими факторами. Степень их проявления с дозой облучения не связана («половины рака не бывает»). От дозы зависит только вероятность их возникновения. Для радиации она достаточно мала. Например, среди 86 тыс. жителей Хиросимы и Нагасаки, пострадавших от бомбардировки, за почти пять десятилетий наблюдения отмечено лишь 82 «дополнительных» смерти от лейкоза — рака крови по отношению к 162, которые произошли бы и без облучения. А общая радиационная «добавка» для всех видов рака составила 420 — против 7400 смертей от рака, вызванного другими причинами.

Следует заметить, что какой бы низкой не была вероятность, тем не менее она может реализоваться. Когда мы говорим «один случай из тысячи», это на самом деле не означает, что речь идет о тысячном по счету случае — он может быть, например, третьим, и тогда для нас не будет разницы, о какой оценке вероятности шла речь. Вот пример: допустим, в мешке находится тысяча шариков, один из них — черного цвета, а остальные девятьсот девяносто девять — белого. Вероятность вытащить черный — $1/1000$; однако этот черный шарик может попасться при любой попытке. Если событие наступило, для последствий уже не важно, было ли оно одним из трех возможных или одним из миллиона.



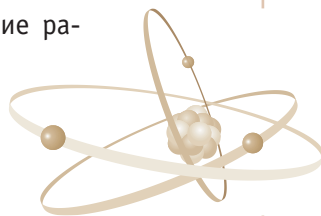
Изоотопы (радионуклиды)

При радиационных авариях основную опасность представляет радиоактивное загрязнение. Радиоактивные частицы могут стать причиной как внешнего, так и внутреннего облучения человека.

Радиоактивные изотопы — радионуклиды попадают внутрь организма при вдыхании радиоактивных частиц, с продуктами питания. Они накапливаются в определенных органах и тканях, что приводит к их облучению.

В основе профилактики поражения от радионуклидов, попавших в организм, лежит ускорение выведения их из организма, а также общее повышение сопротивляемости организма различным

заболеваниям. Важным, особенно если поступление радионуклидов в организм носит длительный характер, является использование специальных препаратов или натуральных продуктов, содержащих аналогичные стабильные (нерадиоактивные) элементы и снижающих переход радионуклидов в организм человека. Например, препараты, содержащие кальций с витамином D, защитят кости. Кроме того, продукты, богатые калием (бобовые, сухофрукты), препятствуют отложению в организме цезия, а богатые кальцием (молоко, яйца, бобовые) — стронция. Конечно, радикальный способ предотвратить поступление радионуклидов с пищевыми продуктами в организм — полный отказ от местных продуктов. Однако полностью перейти на «привозную» пищу невозможно, да это и не нужно. Непривычные продукты могут вызвать аллергию и вместо пользы принести вред.



Для ускорения выведения радионуклидов из организма можно принимать мочегонные средства. Минеральная вода поможет быстрее избавиться от радиоактивного калия, натрия, магния. Богатые пектинами продукты (а это практически все овощи и фрукты) связывают радионуклиды и ускоряют их выведение из организма.

Важной характеристикой радионуклидов является период полураспада — время, за которое их активность уменьшается в два раза. При большом периоде полураспада активность падает медленно, при коротком — активность уменьшается быстро, а основная доза накапливается в начальный период.

Контроль радиационной обстановки

Мы чувствуем температуру, ощущаем влажность, различаем громкость звуков и яркость света. Но радиацию мы не воспринимаем; действие излучения можно уловить лишь с помощью специальных приборов — дозиметров. В больших городах на табло часто можно прочесть не только данные о температуре воздуха или атмосферном давлении, но и об уровне радиации.

Все атомные станции России, многие другие предприятия ядерного комплекса охвачены системой АСКРО, что расшифровывается как «автоматизированная система контроля радиационной обстановки». Десятки датчиков этой системы расположены на территории санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения радиусом до 30 километров вокруг станции. В населенных пунктах, расположенных вблизи АЭС, информационные табло, входящие в систему АСКРО, показывают уровень радиационного фона в режиме реального времени. Данные системы АСКРО объективны и достоверны благодаря тому, что радиационный мониторинг территорий проводится в автоматическом режиме.

При работе в нормальном режиме система позволяет следить за соблюдением норм радиационной безопасности. В аварийном режиме оперативное получение данных позволяет оценить радиационную обстановку, дать прогноз развития ситуации, определить необходимые меры для защиты населения.

Доступность данных о радиационной обстановке помогает опровергать слухи о повышении радиационного фона, возникающие время от времени, как это произошло, например, во время аварии атомной подводной лодки «Курск» — благодаря действующей АСКРО в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, а также доступности данных АСКРО Ленинградской АЭС.

Датчики проводят измерения в ежеминутном интервале, накапливают результат и каждый час передают информацию на центральный пункт. Так они работают в нормальном режиме. В случае повышения радиационного фона в 30-километровой зоне наблюдения на 0,1 мкЗв/час будет дан сигнал «Аварийная готовность», а при мощности дозы свыше 20 мкЗв/час ситуация будет рассматриваться как «Аварийная обстановка».

Данные радиационного мониторинга передаются в Кризисный центр концерна «Росэнергоатом», где круглосуточно дежурят специалисты, готовые при необходимости оказать АЭС поддержку при возникновении нештатных ситуаций, а также в Ситуационно-кризисный центр Федерального агентства по атомной энергии.

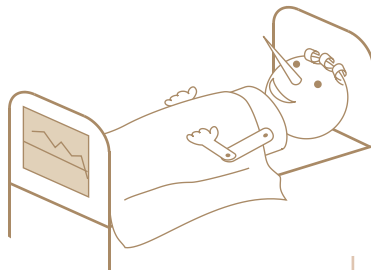


Лучевая болезнь

Лучевая болезнь относится к так называемым детерминистским эффектам облучения — последствиям, наступающим со стопроцентной вероятностью при превышении некоторого порога. Существуют две формы лучевой болезни — острая и хроническая.

Острая лучевая болезнь развивается после кратковременного облучения человека в дозах выше 1 Зв.

В зависимости от дозы различают три степени тяжести заболевания. При легкой степени (1-2 Зв) все пациенты выздоравливают. При средней степени лучевой болезни (2-4 Зв) исход относительно благоприятный, но требуется специальное лечение, а примерно в 20% случаев возможен смертельный исход. Тяжелая степень заболевания (4-6 Зв) может привести к неблагоприятному исходу в 50% случаев, а восстановительный период длится до полугода.



При дозах свыше 6 Зв развивается крайне тяжелая форма острой лучевой болезни; смертность составляет почти 100%.

При дозах менее 1 Зв клинические проявления отсутствуют или выражены слабо и проходят без специального лечения.

Хроническая лучевая болезнь — это не отдаленные последствия острой лучевой болезни. Заболевание развивается в результате длительного хронического облучения в дозах, значительно превышающих предельные значения для профессионалов и суммарно достигающих 1-3 Зв. Она может возникнуть как при общем облучении, так и при преимущественном облучении отдельных органов. Обязательным условием лечения является полное исключение избыточного облучения; после прекращения облучения наступает период восстановления.

Лучевой болезнью не могут заболеть люди, дозы облучения которых находятся в пределах допустимых либо лишь незначительно превосходят их, — при похожих симптомах следует искать у таких пациентов истинную причину недомогания.

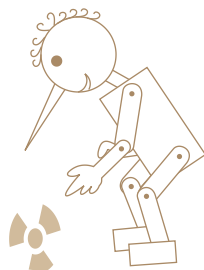
Малые дозы

Понятие **малые дозы** не имеет в настоящее время четкого определения, о них можно говорить только в отношении ответных реакций того или иного организма. Одна и та же доза 10 Гр является смертельной для человека, но не вызывает никаких поражений у некоторых видов среднеазиатских змей и стимулирует рост и развитие семян горчицы. На практике для человека принято считать малыми дозы, находящиеся в пределах естественного колебания фонового излучения, хотя эпидемиологические исследования показывают, что дозы 0,2 Гр еще можно относить к малым.

Большие дозы приводят к поражению организма, и эти эффекты достаточно хорошо изучены и описаны. Что же касается малых доз, то здесь имеются значительные неопределенности. Сложность выявления радиационных эффектов заключается еще и в том, что в нашей повседневной жизни действует множество факторов, приводящих к аналогичным последствиям. Кроме того, любые изменения условий, сопутствующих воздействию малых доз, могут привести к изменению характера этого воздействия.

Малые дозы не вызывают заметных изменений в организме отдельного человека, их действие можно обнаружить лишь при сравнении больших групп. Прогноз влияния малых доз радиации на организм человека основывается на экспериментах с лабораторными животными, на результатах наблюдений за людьми, проживающими на территории с высоким естественным радиационным фоном или загрязненных в результате техногенных катастроф, а также за специалистами, подвергающимися облучению вследствие профессиональной деятельности. Как правило, такие прогнозы основаны на перенесении данных, полученных для больших доз радиации, в область малых доз.

Жизнь развивалась в условиях воздействия естественного фонового излучения, и природа выработала специальный механизм, позволяющий восстанавливать полученные повреждения (репарация). Повреждения, возникающие либо сами по себе (спонтанно) при нормальной работе клеток, либо под действием



естественного или искусственного облучения, по своему характеру и последствиям для всего организма не отличаются друг от друга.

Существует немало данных, свидетельствующих и о стимулирующем действии малых доз радиации (это явление получило название гормезиса).

Многолетние наблюдения не выявили достоверного учащения рака или повышения вероятности рождения детей с патологией при дозах ниже 100-200 мЗв (10-20 сГр). Тем не менее, поскольку вредного влияния облучения полностью исключить нельзя, была принята линейная беспороговая концепция, согласно которой любые дозы облучения способны вызывать отрицательные последствия.

Наследственность и радиация

Генетические повреждения (мутации) затрагивают половые клетки родителей, они могут передаваться потомкам и вызывать у них различные заболевания либо обуславливать склонность к развитию таких заболеваний, как сахарный диабет, псориаз, ревматизм, бронхиальная астма и многие другие. Дети с наследственными заболеваниями, к сожалению, рождаются и у здоровых родителей, живущих в идеальных условиях.

На сегодняшний день нет данных, которые позволили бы достоверно говорить о генетических последствиях у людей, подвергшихся облучению: речь идет и об облученных при бомбардировке японских городов, и о проживающих в районах с повышенным естественным уровнем радиации, и о пострадавших от радиационных аварий.

В отличие от генетических последствий, при облучении плода в дозах свыше 100 мЗв существует вероятность врожденных нарушений (такие эффекты называют тератогенными, от греческого слова тератос — чудовище). Чувствительность плода к действию радиации высока, причем она тем больше, чем плод моложе. У детей, облученных в утробе матери, могут развиваться тяжелые поражения мозга, глаз, скелета, других органов и тканей.

Следует помнить, что речь идет о дозах радиации, в тысячи раз превышающих допустимый уровень.



К врожденным уродствам приводит не только облучение, но и многие химические вещества, лекарства, инфекции. У будущих мам, переболевших, например, краснухой, высок риск рождения ребенка с серьезными патологиями. Доказано, что у потомства матерей, злоупотребляющих во время беременности алкоголем, развиваются аномалии лица, дети отстают в физическом и умственном развитии. В 1960-е годы беременным женщинам (в основном в Европе) прописывали, казалось бы, безобидное успокаивающее средство талидомид; последствия были чудовищными — родилось целое поколение детей с дефектами конечностей. Известна связь между возрастом родителей, особенно матери, и рождением детей с патологией.

Если произошло облучение будущей мамы — она должна посоветоваться с врачом. Современные методы диагностики позволяют еще до рождения ребенка выявить наличие у него многих пороков развития, причем не обязательно связанных с действием радиации.

Облученное ядерное топливо и радиоактивные отходы

В результате работы атомных станций, энергетических установок атомных подводных лодок образуется облученное (или отработанное) ядерное топливо. Оно содержит уран, плутоний и другие элементы, которые извлекают и возвращают в ядерный цикл. После специальной обработки облученное ядерное топливо превращается в обычные радиоактивные отходы. Радиоактивные отходы — ядерные (делящиеся) материалы и вещества, которые не предназначены для дальнейшего использования.

В первые годы развития атомной промышленности проблеме радиоактивных отходов не уделялось должного внимания, радиоактивные материалы попадали в водоемы, загрязняли территории. Так, начало деятельности комбината «Маяк» в конце 40-х — первой половине 50-х годов прошлого века сопровождалось сбросом жидких радиоактивных отходов в реку Теча, что привело к за-



грязнению ее поймы. Жители некоторых населенных пунктов были отселены в другие, незагрязненные районы, а там, где уровни дополнительного облучения не опасны для здоровья, приходится соблюдать специальные меры.

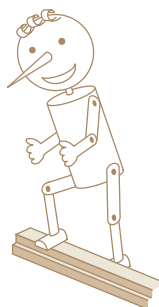
Современные технологии позволяют надежно изолировать радиоактивные отходы. Выбор мест захоронения позволяет исключить возможность воздействия радиоактивных отходов на окружающую среду. Обеспечение норм радиационной безопасности при обращении с радиоактивными отходами обеспечивается созданием и использованием различных искусственных и естественных защитных барьеров, препятствующих проникновению радионуклидов в окружающую среду. При захоронении отходов основными барьерами являются геологическая формация, физико-химическая форма отходов и герметизирующие способности контейнеров.

На первом месте стоит забота о здоровье и безопасности населения.

Проблема порога. Принципы обеспечения радиационной безопасности

Многолетние наблюдения не выявили достоверного учащения рака или повышения вероятности рождения детей с патологией при дозах ниже 100-200 мЗв (10-20 сГр). Тем не менее, поскольку вредного влияния облучения полностью исключить нельзя, была принята линейная беспороговая концепция, согласно которой любые дозы облучения способны вызывать отрицательные последствия. Оценка риска при этом заведомо завышена, но это вполне оправданно, когда речь идет о здоровье людей.

Многие заболевания, связанные с последствиями облучения (лучевая болезнь, сердечно-сосудистые заболевания), развиваются только в тех случаях, если значения дозы преодолеют некоторый барьер. Другие, появление которых носит вероятностный характер, теоретически могут проявиться при сколь угодно малых дозах. Однако рост заболеваемости не обнаруживается на уровне отдельного организма, его можно выявить только при обследовании



больших групп людей. Расчеты, сделанные на основе линейной беспороговой концепции, показывают, что для того чтобы с 95%-ной доверительной вероятностью выявить увеличение частоты рака после облучения в дозе 10 мЗв, т.е. в 10 раз превышающей предельно допустимую, необходимо обследовать группу в 10 млн. человек и подобрать к ней соответствующую контрольную группу такой же численности. Невозможность проведения корректных оценок очевидна, поэтому следует признать, что все заключения о действии малых доз основаны не на наблюдениях, а на определенных допущениях.

Поскольку речь идет о здоровье людей, необходимо проявлять особую осторожность. Поэтому люди, профессионально контактирующие с источниками излучений либо проживающие на загрязненных территориях, периодически проходят тщательное медицинское обследование. Даже если при невысоких дозах «радиационной добавки» и не будет, ранняя диагностика рака, возникшего от других причин, будет способствовать их успешному лечению, а обоснованные социальные мероприятия помогут предотвратить их появление.

Обеспечение радиационной безопасности, в соответствии с нормами, базируется на трех принципах:

- 1) Нормирования, согласно которому не должны быть превышены допустимые пределы облучения граждан от всех источников излучения.
- 2) Обоснования, запрещающего использование источников излучения, если вред, причиненный дополнительным облучением от этих источников, будет больше, чем польза от их использования для человека и общества.
- 3) Оптимизации, т.е. поддержания индивидуальных доз облучения и числа облучаемых людей на возможно низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов.

Радиационный риск. Радиация и рак

Понятие **риск** представляет собой меру опасности, связанной с воздействием различных вредных факторов — природных, техногенных, социальных. Последствия могут быть различными: от

легких повреждений до смертельного исхода. Когда речь идет о радиационном риске, то подразумевается вероятность возникновения у человека и его потомства какого-либо вредного эффекта. Поскольку принято, что проявление ряда неблагоприятных радиационных последствий не имеет порога, то основой системы радиационной безопасности является понятие **приемлемого** (допустимого) уровня риска; при этом имеется в виду риск смерти человека от отдаленных (раковых) заболеваний. Существует уровень так называемого безусловно приемлемого риска, принимаемого обществом и не требующего ни планирования, ни проведения каких-либо защитных мероприятий — один случай смерти в год на миллион человек.

Человек постоянно подвергается воздействию самых различных источников смертельного риска, ко многим из которых общество привыкло и не воспринимает их драматично. При переходе улицы есть риск попасть под машину, и он выше, если нарушаются правила уличного движения. В быту существует риск взрыва газового баллона, прорыва труб. Тем не менее никто не отказывается от передвижения, люди продолжают готовить пищу на плите, открывают водопроводные краны. Определяется приемлемый риск, который уравнивает возможность отрицательных последствий и пользу от конкретного вида деятельности. А соблюдение определенных правил позволит свести риск к минимуму.



Такое страшное заболевание, как рак, в сознании людей часто связано с действием радиации. И действительно, радиация может быть причиной онкологических заболеваний. Вот только развиваются они, в отличие, например, от возникающей с неизбежностью под действием больших доз лучевой болезни, не со стопроцентной вероятностью и проявляются через несколько лет, то есть относятся к отдаленным последствиям облучения.

Злокачественными опухолями страдают и люди, никогда не облучавшиеся и живущие в относительно благополучных условиях. Приписать болезнь облучению было бы слишком просто, но это только помешало бы найти пути к выяснению ее причин.

Радиационный риск появления рака намного меньше, чем от воздействия химических веществ или от вредных привычек: если бы в качестве приемлемого риска был принят риск, равный таковому от выкуривания 20 сигарет в сутки, то предельно допустимая доза составила бы в этом случае 1 Зв, то есть в тысячу раз выше, чем это принято сейчас. При облучении в дозе 10 мЗв, т.е. в 10 раз превышающей годовую допустимую, риск заболеть раком составит 125 случаев на миллион (сверх 10 тысяч, заболевших без облучения). Это сравнимо с гибелью от несчастных случаев в быту, на производстве и в десятки и даже сотни раз меньше вероятности гибели от транспортного происшествия или курения.

Осознание понятия **приемлемый риск** относительно последствий облучения и действия других факторов позволит проявлять взвешенный подход, принимать важные решения не на эмоциональном, а на рациональном уровне.

Социальные, экономические и психологические факторы

Разумные социальные меры не в меньшей степени, чем медицинские, способны свести к минимуму отрицательные последствия радиационных аварий. Считается, что состояние здоровья человека примерно на 20% зависит от наследственности, на столько же — от состояния окружающей среды; самая большая зависимость существует от образа жизни — 50%, состояние здравоохранения дает вклад 10%.

Забота о здоровье людей, пострадавших в результате радиационных аварий, конечно же, должна стоять на первом месте. Качественное медицинское обслуживание поможет своевременно выявить и успешно вылечить не только рак, но и другие болезни, не связанные с облучением.

Повышенная заболеваемость среди ликвидаторов — участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС — в большой степени может объясняться нерадиационными причинами: общим понижением уровня жизни в стране, изменением положения в обществе квалифицированных специалистов, снижением

самооценки. Постоянно внушаемая мысль о том, что все недомогания связаны с облучением, только усиливает стресс и приводит к ухудшению самочувствия. Известно, что стресс снижает защитные способности организма.

Не совсем справедливо и мнение о том, что статус «загрязненной зоны» и сопутствующие выплаты играют только положительную роль в жизни людей. Постоянное психологическое напряжение от проживания в условиях облучения малыми дозами (иногда практически несуществующего) наносит больше вреда. Люди боятся создавать семью, если жених или невеста родом из «грязной» деревни; никто не купит выращенную там сельхозпродукцию. Надежда на социальные выплаты приводит к пассивности; бывает, что человек начинает курить, прикладываться к рюмке, и в результате здоровье его только страдает.



Недооценка риска опасна. Но не менее опасна и его переоценка. Очень легко списать все проблемы, в том числе и со здоровьем, на действие радиации и не искать других причин. А они могут лежать совсем в другой области, в первую очередь — социальной. Если вкладывать средства не только в здравоохранение, а в развитие региона, создание новых рабочих мест, это приведет к повышению уровня жизни и, в конечном итоге, к улучшению здоровья населения. Экономическое развитие, создание для человека возможности найти применение своим силам — важнейшая задача.

Территории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению

Если после аварии территория оказывается загрязненной радионуклидами, но уровень радиации настолько низок, что переселения не требуется, необходимо соблюдать простейшие меры безопасности, которые Вам порекомендуют специалисты местной СЭС.

Радиоактивные вещества, наносящие вред организму, распространяются в первую очередь с пылью, так что лозунг «Чистота — залог здоровья» становится особенно актуальным. В быту лучшей защитой будет соблюдение самых обычных мер гигиены: надо вытирать ноги при входе в дом о влажный коврик, не ходить по улице

в домашней обуви, чистить верхнюю одежду. Помещения надо проветривать. Лучше всего делать это в безветренную погоду, после дождя. И конечно, надо чаще делать влажную уборку.

Радиоактивные осадки обычно выпадают неравномерно, образуя «пятна». Надо узнать у дозиметристов, есть ли такие пятна на Вашем участке, пострадал ли колодец. На пунктах контроля надо обязательно измерять содержание радионуклидов в продуктах, пойманной в реке рыбе, собранных в лесу ягодах и грибах.

Надо знать, можно ли купаться в речке, в какие леса лучше не заходить, на каких пастбищах выпасать скот. Если имеются данные о радиоактивном загрязнении леса, речки — желательно воздержаться от прогулок и купания. В то же время пребывание на природе полезно для здоровья, и необоснованное ограничение пользы не принесет.

Необходимо соблюдать определенные правила по работе на участках, содержанию животных. Опыт чернойбыльской аварии показал, что специальные системы внесения минеральных и органических удобрений, приемы обработки почвы и коренная мелиорация лугов и пастбищ, система кормления животных и использование кормовых добавок до 10 раз снижают содержание радионуклидов.

Известна роль полноценного питания в формировании радиостойчивости организма. Продукты питания должны содержать незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, витамины (А, С, D, E, B₆ и B₁₂), такие элементы, как хром, йод, кальций, магний, железо, калий, селен, цинк. Желательно есть больше фруктов — яблок, слив, черной смородины, крыжовника. Соки, особенно с мякотью, помогут выведению из организма попавших внутрь радионуклидов. Фасоль и горох, гречневая и овсяная каши, салаты также дадут организму необходимые минералы и витамины. Конфетам лучше предпочесть мармелад и пастилу, курагу, чернослив. Очень полезно пить зеленый чай.

Овощи и фрукты надо тщательно мыть, а с капусты снимать верхние листья. Картофель лучше не жарить, а варить (но не «в мундире») — содержание радиоактивного цезия уменьшится на 60-80%. Мясо перед приготовлением надо вымачивать до 12 часов



в подсоленной воде с добавлением уксуса, а бульон лучше варить не из костей, а из мяса; первый отвар надо слить. Примерно так же готовится рыба. Сало практически не содержит радионуклидов. Грибы, даже если они «чистые», необходимо как можно лучше очистить, промыть и прокипятить в подсоленной воде, трижды меняя отвар. Фрукты, овощи и грибы можно солить и мариновать: квашение, маринование, соление приводит к снижению радиоактивных веществ на 15-20%, а тушение овощей — на 30-50%. В орехах содержится полный набор витаминов, минеральных веществ и почти столько же белка, сколько и в мясе, а витамин Е обладает радиозащитными свойствами. Молоко — ценный и полезный продукт, однако полезнее употреблять кисломолочные продукты. К тому же в переработанном молоке содержится намного меньше радионуклидов: в сливках и сметане — в 4-5 раз, в твороге — в 3 раза, топленое масло вообще не содержит радионуклидов. Не следует увлекаться привезенными консервами — при переработке они утратили много полезных качеств.



Сбалансированное питание, полноценный отдых, регулярные медицинские осмотры, занятия спортом, отказ от курения и алкоголя — все это поможет не только защититься от возможных последствий облучения, но и укрепить здоровье.

Уровни облучения и нормирование

Защита человека от вредного воздействия радиации обеспечивается системой нормативов, основанных на современных знаниях и представлениях о характере биологического действия ионизирующего излучения. По мере накопления знаний о действии радиации величина допустимых доз неуклонно снижалась. В 1920 году доза 100 рентген или 1 Зв (в тысячу раз больше, чем принято сейчас!) считалась вполне безопасной. Первые международные рекомендации по предельно допустимым уровням облучения были даны в 1934 году и составляли 200 мР в сутки (около 2 мЗв) для внешнего облучения, в 1958 году был предложен предел дозы общего облучения — 50 мЗв/год для профессионалов и 5 мЗв/год

для населения. Наконец, в 1990 году были рекомендованы значения, действующие и по настоящее время, в том числе и в России, — 20 мЗв/год для профессионалов и 1 мЗв/год — для населения. Современные нормативы основаны на далеко не бесспорном допущении о том, что отдаленные последствия облучения (рак, генетические нарушения) не имеют порога и могут проявиться при любой, даже самой малой дозе.

В 1953 году в Советском Союзе были опубликованы первые «Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами», которые, с учетом достижений науки и практики, постоянно дополнялись и совершенствовались.

В наши дни основной дозовый предел для населения равен 1 мЗв/год, что сопоставимо с уровнем фонового излучения. Для сравнения, проводя у телевизора по 3 часа в день, в течение всего года можно набрать дозу, равную одной тысячной этой величины; перелетая из Москвы в Нью-Йорк — треть годовой дозы. За одну рентгенодиагностическую процедуру пациенты получают эффективные дозы, равные: 0,6 мЗв при флюорографии; 1,3 мЗв — при рентгенографии; 5 мЗв — при рентгеноскопии, 3 мЗв — при компьютерной томографии.



Если опасную для жизни дозу сравнить с высотой Останкинской башни, то предел для профессионального облучения будет соответствовать росту человека, а предел дозы для населения — толщине кирпича.

Допустимые нормы облучения человека тесно связаны с оценкой риска возникновения отрицательных последствий. При определении допустимых доз облучения в первую очередь опираются на данные по канцерогенному риску, т.е. риску развития злокачественных опухолей, поскольку генетические нарушения возникают при более высоких дозах. Предельно допустимые уровни облуче-

ния ни в коем случае нельзя рассматривать как границу, за которой наступает болезнь. В случае их превышения возможно лишь некоторое увеличение риска.

Вопросами нормирования ионизирующих излучений в России занимается Научная комиссия по радиационной защите. Отечественные нормативы соответствуют международным нормам, а по сравнению с некоторыми странами — даже более жесткие.

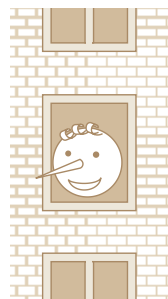
Факторы защиты

Есть три фактора, снижающие радиационное воздействие: защита (экранирование), пространство и время. Они обуславливают защитные мероприятия в случае радиационной аварии.

Одной из характеристик ионизирующего излучения является проникающая способность. Так, для защиты от альфа-частиц может хватить плотной одежды или полиэтиленовой пленки; для защиты от бета-частиц нужен более толстый слой материала. Чтобы ослабить гамма-излучение в 2 раза, необходим слой защиты из бетона толщиной 12 см, из железа — толщиной 3 см, из свинца — толщиной 1 см.

Стены домов, земляные сооружения и даже специальные костюмы спасут от одних типов ионизирующих излучений и ослабят действие других. Укрытия являются эффективной мерой коллективной защиты при значительном радиоактивном загрязнении. Специально подготовленные укрытия должны быть оборудованы системой вентиляции, иметь запас воды. Находясь в них, необходимо соблюдать правила поведения, выполнять распоряжения старших. Покинуть укрытие можно после того, как будет принято соответствующее решение. В обычных домах сразу после аварии надо плотно закрыть окна и двери. Необходимо защитить продукты и воду от попадания радиоактивной пыли, периодически делать влажную уборку. Желательно не выходить на улицу, а если это неизбежно, надо применять индивидуальные средства защиты.

Индивидуальные средства защиты призваны защитить в первую очередь кожу и органы дыхания. Если нет противогаза или респи-



ратора, можно сделать тканевые маски или ватно-марлевые повязки. Защитить кожу поможет обычная одежда: пальто, плащ, мужской костюм, комбинезон, ватная куртка и брюки. Для защиты рук можно использовать перчатки и рукавицы, а для защиты ног — резиновые сапоги, любую закрытую обувь. Женщинам лучше надеть брюки.

Чем дальше находится источник радиоактивного излучения, тем меньше его воздействие. Это надо помнить при выборе места защиты от радиации. Лучше всего укрыться в подвалах зданий и сооружений. В самом здании более защищенными будут средние этажи. На первых этажах дополнительное облучение будет вызвано частицами, выпавшими на землю, а на верхних — загрязнившими крышу.

В серьезных случаях для того, чтобы не допустить опасного облучения населения после радиационной аварии, принимается решение об эвакуации. Получив распоряжение об эвакуации, следует быстро и без суеты, взяв с собой документы, деньги, необходимые вещи и продукты, выключив свет, газ и закрыв квартиру, прибыть на пункт отправления. В пути следует неукоснительно выполнять распоряжения руководителей, старших, не создавать суматохи и беспорядков.

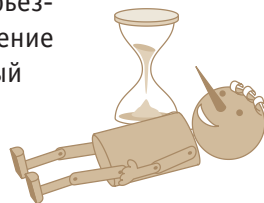
Эвакуация предусматривает возвращение после того, как опасность миновала. Если же проживание на загрязненных участках, территориях опасно для здоровья даже при условии соблюдения специальных правил, производится переселение жителей в благополучные районы. Эвакуация и переселение также относятся к коллективным мерам защиты.

Со временем активность радионуклидов падает. Для одних изотопов период полураспада — время, за которое активность снижается вдвое, — составляет несколько дней (например, для радиоактивного йода-131), для других — сотни лет (например, для радиоактивного америция-241). Чем больше времени прошло с момента радиоактивного заражения, тем меньше интенсивность облучения. Самыми опасными являются первые недели. Затем доза постепенно снижается, и в зависимости от того, выброс каких радиоактивных изотопов произошел при аварии, доза может снизиться в несколько раз.

Хроническое облучение

Если облучение происходит в течение короткого промежутка времени, оно называется острым. Однако человек может подвергаться облучению в течение длительного времени: внешнему — например, за счет излучения от радиоактивных частиц, выпавших на местности после радиационной аварии, и внутреннему — от попавших в организм радионуклидов. Такое длительное облучение называется хроническим. Строго говоря, понятие **хроническое** относится к облучению с малой мощностью дозы. В общем случае правильнее употреблять термин **продолжительное облучение**.

Все знают, что если провести несколько часов подряд на пляже под палящим солнцем, то можно получить серьезные ожоги, а если загорать по несколько минут в течение всего отпуска, то результатом будет красивый ровный загар. То же самое относится и к радиационному воздействию: в подавляющем большинстве случаев хроническое облучение вызывает меньше нарушений, чем острое облучение в тех же дозах. Отчасти это может объясняться тем, что действуют системы репарации, восстановления от полученных повреждений. Более того, хроническое облучение малыми дозами может даже стимулировать работу систем репарации, т. е. оказывать благоприятное воздействие на организм.



Но из этого правила есть и исключение (верное только для больших доз!): продолжительное облучение плода приносит будущему ребенку больший вред, чем однократное облучение. Это объясняется тем, что затрагиваются многие так называемые «критические» периоды и нарушается формирование нескольких систем и органов.

Целесообразность защитных мероприятий

Представим себе, что в лесу, окружающем селение, после произошедшего в давние времена сражения осталось лежать старое ружье. В среднем раз в год, неизвестно, в какое время и по какой

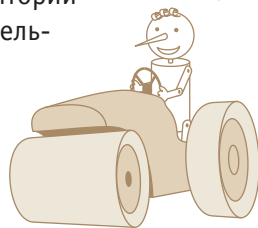
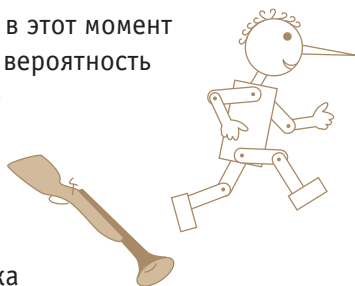
причине, оно может случайно выстрелить. Если в этот момент кто-то будет проходить неподалеку, существует вероятность того, что в него попадет пуля, и есть риск, что ранение будет опасным и даже смертельным.

Можно, конечно, «всем миром» отправиться на поиски опасного оружия. Но тогда будут заброшены поля и огороды; отошавшие от бескормицы коровы дадут меньше молока и мяса; неухоженные и вовремя не накормленные дети будут чаще болеть. От недоедания начнут болеть и взрослые; к холодной зиме никто не заготовит дров. И получится так, что ущерб от попытки избавиться от риска быть раненым окажется намного больше, чем от самой опасности. Тем более, что до сих пор реально никто не пострадал: просто решили, что раз есть такая вероятность, то надо свести ее к нулю!

Эффективность каждой защитной меры, будь то переселение, ограничение потребления некоторых продуктов и др., следует оценивать по величине предотвращенной дозы и, соответственно, избегаемого риска. Вероятность отрицательных последствий от побочного эффекта проводимых мероприятий не должна быть выше, чем вероятность их развития от облучения.

Рассмотрим некоторые примеры. Необоснованные пищевые ограничения могут принести больше вреда, чем пользы — ведь полноценное питание крайне важно для устойчивости организма не только к действию радиации, но и других внешних факторов, повышения иммунитета.

Дозу внешнего облучения на загрязненной территории можно снизить, если заасфальтировать двор, предварительно сняв слой почвы: если это мероприятие провести на территории с высокой плотностью загрязнения сразу после аварии, это приведет к уменьшению дозы за всю жизнь примерно на 50 мЗв. Примерно такой же «добавки» можно избежать, если не употреблять местных продуктов питания. Казалось бы, вот эффективный путь для снижения доз облучения. А теперь сравним: дополнительный риск от таких доз меньше, чем,



скажем, от курения, и отказ от этой вредной привычки позволит избежать более серьезных последствий для здоровья.

Массовое переселение приводит к сокращению продолжительности жизни — в том числе, за счет онкологических заболеваний. Переселение населения при среднем возрасте 35 лет может отнять несколько лет полноценной жизни — из-за изменения уклада жизни, ухудшения самочувствия, стресса. К такому снижению продолжительности жизни облучение от проживания на загрязненной территории, скорее всего, не приведет.

Каждый должен сам принять решение о необходимости тех или иных защитных мер, ознакомившись с прогнозами и сравнив для себя значимость разных жизненных обстоятельств.

Чернобыль

Чернобыльская авария произошла 26 апреля 1986 года. Нарушение правил эксплуатации привело к взрывам и разрушению реактора. Более 300 человек из персонала станции и пожарных облучились в больших дозах, 134 человека получили острую лучевую болезнь. За 20 лет авария унесла из жизни 50 человек. Радиоактивными выбросами оказались загрязнены обширные территории России, Украины, Белоруссии; небольшое повышение уровня радиации наблюдалось даже в далеких от места аварии странах. Однако благодаря защитным мерам лишь очень небольшая часть населения получила дозы дополнительного облучения, сравнимые с фоновыми.



Чернобыльская авария является практически наихудшим вариантом ядерной аварии на реакторе — куда уж хуже: полностью разрушен реакторный блок, активная зона перестала существовать, в окружающую среду выброшены сотни миллионов кюри радиоактивных веществ. И при всем при этом число жертв оказалось заметно меньше, чем погибающих в автомобильных авариях в одни выходные дни во многих европейских странах.

Все годы, прошедшие после аварии, принимаются меры по смягчению ее последствий. Они включают в себя реабилитацию территорий, организацию медицинской помощи, социальные мероприятия. Во многом эти меры можно отнести к профилактическим.



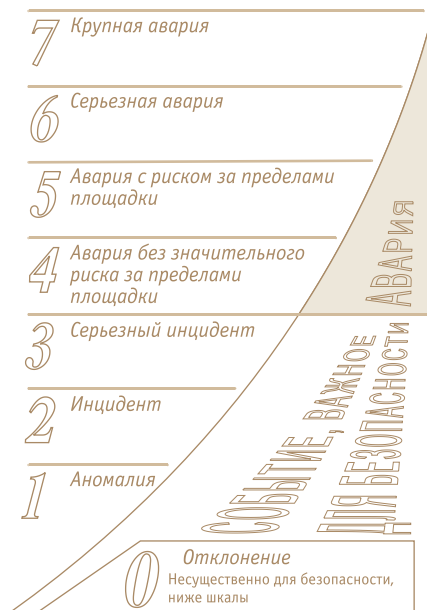
шкала ИНЕС

Тот, кто отдыхал на море, знает, что при волнении 1-2 балла купание совершенно безопасно, а вот при шторме в 5 баллов спасатели на пляже советуют не заходить в воду.

Для радиационных аварий разработана своя шкала: международная шкала ядерных событий ИНЕС позволяет классифицировать нарушения и аварии по 7 уровням.

1-й и 2-й уровни считаются событиями, важными для безопасности. Аварии, соответствующие 1-2 уровню, заметят лишь специалисты, работающие на объекте, и эти аварии (их правильнее называть инцидентами) не будут иметь никаких последствий для здоровья. При инцидентах и авариях 3-4 уровня на прилегающей к объекту территории либо не возникнет радиоактивного загрязнения, либо оно будет незначительным. Аварии 5-7 группы могут иметь серьезные последствия для здоровья.

К 5-му уровню относится, например, авария, случившаяся в 1979 году в США на атомной электростанции Три-Майл-Айленд. В 1957 году на комбинате «Маяк», расположенном на Южном Урале, произошел тепловой взрыв емкости-хранилища высококоррадионных отходов, в результате которого была загрязнена обширная территория, получившая название



«Восточно-Уральский радиационный след» (ВУРС); эта авария соответствует 6-му уровню. А к самому тяжелому, 7-му уровню относится чернобыльская авария, произошедшая в 1986 году.

Щитовидная железа. Йодная профилактика

Щитовидная железа чаще всего страдает при загрязнении окружающей среды радиоактивными изотопами йода, которые активно включаются в нее, накапливаются и могут вызывать нарушения ее функций. А это, в свою очередь, может привести к тяжелым гормональным расстройствам.

Защитить щитовидную железу помогут таблетки, содержащие стабильный йод. В домашней аптечке желательно иметь необходимые и вполне доступные лекарства — йодид натрия или калия, йодактив, йодомарин. Их надо принимать сразу же, как только произошла авария. Ну а если таблеток под рукой не оказалось — можно принять несколько капель обычного спиртового раствора йода, растворенного в воде или молоке, а лучше — нанести на кожу йодную сетку размером 10 × 10 см.



Решение о проведении йодной профилактики принимается местными подразделениями МЧС и ГО и доводится до сведения населения.

Экология и атомная энергетика

На сегодняшний день выросла актуальность проблемы сохранения и защиты окружающей среды. В этом отношении атомные станции — самые «экологически чистые». Они выбрасывают в атмосферу в основном только пар. В то же время выбросы тепловых станций приводят к серьезному загрязнению атмосферы веществами, вызывающими развитие рака и наследственных заболеваний. Серьезную опасность представляет собой и парниковый эффект, связанный с выбросами окиси углерода. Однако на фоне постоянного загрязнения вредными химическими агентами даже незначи-

тельное повышение уровня радиации будет восприниматься крайне эмоционально.

Атомные электростанции — это предприятия замкнутого технологического цикла, сохраняющего и накапливающего внутри себя все опасные вещества, в то время как при работе других энергетических объектов вредные загрязнители выбрасываются в окружающую среду. Именно высокая экологичность атомной энергетики является причиной того, что в случаях запроектных аварий последствия могут быть весьма тяжелыми и могут отразиться на сотнях тысяч человек. Напомним, что вероятность этого крайне низка: для крупного бедствия на реакторах 100 атомных электростанций, которое повлечет за собой 100 и более смертельных случаев, она рассчитана как 1 раз в 10000 лет.

Считается, что на обычных тепловых станциях непредвиденные ситуации могут возникать чаще, однако последствия их не могут быть столь масштабными, как при крупных авариях на АЭС.

Экологические последствия развития гидроэнергетики гораздо опаснее. Это затопление огромных территорий, заболачивание, изменение климата, гибель растений и животных. Состояние такого крупного бассейна, как Волжский, в настоящее время оценивается как экологическая катастрофа. Представления о том, что последствия аварий на АЭС несравнимы с последствиями аварий на «неатомных» объектах на самом деле не вполне справедливы. В 1963 году в Италии в водохранилище сползла подмытая гора. За 15 минут волна смыла несколько населенных пунктов; погибло две тысячи человек. В нашей стране, в республике Башкортостан, в 1994 году произошел прорыв Тирлянского водохранилища. Было затоплено 4 населенных пункта, без крова остались почти 800 человек; 29 человек погибли. И это только два примера из многих. Нельзя забывать о том, что ГЭС расположены, как правило, по соседству с крупными городами. При прорыве плотины потоки воды могут нанести им огромный ущерб.



Альтернативные источники энергии смогут удовлетворить потребность в энергии лишь в небольших масштабах. Наверное, в небольших удаленных степных поселках ветряные электростанции окажутся эффективными, а в солнечных районах электричество будет поступать от солнечных батарей. Однако в масштабах страны на сегодняшний день без развития атомной энергетики не может быть развития экономики.

Юридические нормы

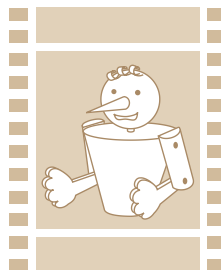
Документы, регламентирующие радиационное воздействие:
— Федеральный закон «О радиационной безопасности населения»;
— «Нормы радиационной безопасности» — НРБ-99.

Права лиц, которых затронули радиационные аварии, защищены специальными законами Российской Федерации о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне, аварии в 1957 году на производственном объединении «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча.

Ядерный и радиационный терроризм, ядерное оружие

К сожалению, нельзя закрывать глаза на тот факт, что терроризм становится атрибутом повседневной жизни всех стран — и процветающих, и живущих в крайней нищете. Взрываются автобусы и самолеты, торговые центры и дискотеки.

В кинобоевиках сюжет с бандитами, захватившими ракеты с ядерными боеголовками и шантажирующими правительство, обыгрывается довольно часто. Как вариант, злодеи нападают на объект, представляющий опасность в случае разрушения — бактериологическую или химическую лабораторию, ядерный реактор. На самом деле в реальной жизни охрана таких объектов достаточно надежна,



и вмешательства Стивена Сигала или «крепкого орешка» Брюса Уиллиса не потребуется.

Каков же принцип действия атомной бомбы? При делении атомного ядра выделяется энергия, и испускаются частицы, которые, бомбардируя другие ядра, приводят к их делению, которое, в свою очередь, высвобождает новые частицы. Происходит цепная реакция, в ходе ее высвобождается огромная энергия, и при определенных условиях происходит взрыв. Чтобы атомная бомба взорвалась, ее компоненты должны присутствовать в достаточном количестве, это количество называется критической массой. Атомная бомба в принципе должна содержать два контейнера с радиоактивным материалом, которые соединяются, образуя критическую массу.

Другой тип — гораздо более мощная водородная бомба, в которой энергия выделяется не при делении, а при слиянии ядер. Поражающими факторами ядерного оружия являются: мгновенное радиационное, световое и тепловое излучение, ударная волна, а также последующее облучение за счет прохождения радиационного облака и выпадения радиоактивных осадков. Нейтронные бомбы с более эффективным излучением, но ограниченной силой взрыва приводят к гибели людей, но наносят минимальный ущерб зданиям и сооружениям.

В наши дни вероятность применения ядерных взрывных устройств ничтожна. В кустарных условиях бомбу не создать, а попадание ее в руки экстремистов практически исключено. Специфика ядерного оружия заключается в том, что его надо не только купить, но и обслуживать. Для этого нужны не только деньги, но и специально подготовленные люди, уникальные технологии, дорогостоящие сооружения. Да и взорвать ее будет едва ли возможно. Современные боезаряды имеют много степеней защиты, а из ядерных материалов, добытых из бомбы, сделать в подполье примитивное, но действующее ядерное взрывное устройство совсем непросто.

Террористы пугают людей применением так называемой «грязной» бомбы — взрывного устройства, начиненного не гайками и болтами, а радиоактивными веществами, которые после взры-

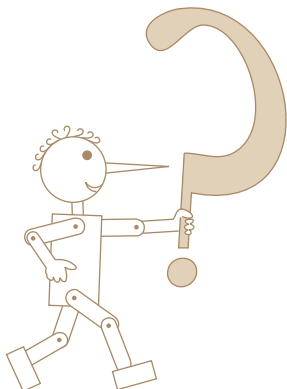
ва рассеются. Такие действия правильнее назвать радиационным терроризмом — использованием радиоактивных веществ для облучения людей. Взрыв «грязной» бомбы, скорее всего, не приведет к большому числу жертв (тротил нанесет больший ущерб, чем радиационная составляющая), но если он произойдет в густонаселенном городе, он может привести к панике среди тысяч и даже миллионов человек.

Больших разрушений с помощью такой бомбы вызвать нельзя, зато можно «запачкать» радиоактивными веществами достаточно большую территорию.

Цель применения ядерного оружия — мгновенное уничтожение большого количества людей; главным поражающим фактором «грязной» бомбы является страх. Поэтому «грязная» бомба является оружием «чистого» террора.

Если вдруг предположить, что угрозы реализованы и произошло радиоактивное заражение, надо применять те же меры по защите здоровья, что и при радиационных авариях.





Вопросы и ответы

Что же делать, если Вы услышали о том, что на атомной электростанции, расположенной в Вашей или соседней области, произошла авария? Или если Ваш район оказался в зоне радиоактивного загрязнения в результате каких-то экстремальных ситуаций? Вопросов возникнет много. Попробуем найти ответы на них с помощью этой брошюры.

Каков уровень загрязнения после аварии? Какие дозы облучения мы можем получить?

— Ответ на этот вопрос зависит от конкретной ситуации. В настоящее время на всех атомных станциях, на других объектах действует система АСКРО — автоматизированной системы контроля радиационной обстановки. Информация об уровнях загрязнения является доступной — она обнародуется на специальных информационных табло, соединенных с датчиками, размещается на официальных сайтах в Интернете (раздел «К»).

Если у Вас есть собственный дозиметр — следите за его показаниями. Уровень до 50 мкР/час является вполне допустимым; уровни от 50 до 120 мкР/час дают некоторые основания для беспокойства, поэтому следует обратиться за информацией; при показаниях свыше 120 мкР/час не исключена аварийная ситуация, требующая проведения защитных мероприятий.

Для загрязненных территорий, на которых возможно проживание, оценка расчетных доз внутреннего и внешнего облучения, как правило, уже имеется (разделы «В», «Д», «К», «Т», «Ц»).

Мы узнали о том, что произошла авария. Какие принять меры?

— Если авария застала Вас на улице — надо поскорее укрыться в специально оборудованном помещении, а если это невозможно — роль укрытия выполнит обычный жилой дом. Сразу после аварии надо плотно закрыть окна и двери. Необходимо защитить продукты и воду от попадания радиоактивной пыли (раздел «Ф»). Не следует без необходимости выходить на улицу.

Радио, телевизор должны быть постоянно включены, чтобы слушать сообщения местных органов власти или штаба ГО и ЧС.

В любом случае, принимая меры по защите от радиации, надо оценивать их целесообразность, чтобы не причинить себе дополнительный вред (раздел «Ц»).

Будет ли эвакуация?

— Если будет принято решение об эвакуации, об этом немедленно будет объявлено. В этом случае следует спокойно, без излишней суеты и паники, действовать согласно предписаниям МЧС и ГО. Если возникают нестандартные ситуации, обсудите свои действия с ответственными за эвакуацию (раздел «Ф»).

Можно ли после аварии находиться на улице?

— После аварии желательно ограничить пребывание вне дома, а если существует необходимость выйти на улицу — принять необходимые меры для защиты кожи и органов дыхания (раздел «Ф»).

Если после аварии окажется, что на данной территории можно проживать без опасности для здоровья, необходимости в «затворничестве» нет (раздел «Т»).

Защищают ли от излучения стены?

— Стены дома ослабляют действие радиации (раздел «Ф»). При радиационных авариях на ядерно-опасных объектах (раздел «А») основную опасность представляют радиоактивные частицы, которые распространяются с пылью. Стены защитят, во-первых, от проникновения пыли, а во-вторых — от излучения радиоактивных частиц на улице. Следует защищаться от проникновения пыли в жилище.

Можно ли после радиационной аварии пить воду из-под крана? Какие можно употреблять продукты?

— Воду можно употреблять только из проверенных источников. Наиболее безопасна она из водопровода или из артезианских источников, закрытых родников.

Можно употреблять те продукты питания, которые хранились в холодильниках, закрытых ящиках, ларях, в подвалах, погребах или были куплены в торговой сети.

Если есть возможность — желательно проверить продукты на пунктах радиометрического контроля (разделы «Ж», «Т», «Ф»).

Есть ли угроза здоровью из-за облучения?

— При соблюдении необходимых мер защиты риск для здоровья сводится к минимуму (разделы «З», «И», «Л», «М», «Н», «Р», «Т», «Ф», «Х»).

Какие лекарства следует принимать, чтобы защититься от радиации?

— Существуют вещества, защищающие от действия радиации — радиопротекторы. Однако имеет смысл принимать их только при высоких дозах возможного облучения. К радиопротекторам относятся витамин Е, содержащие его мультивитамины.

При радиационной аварии с выпадением радиоактивного йода необходимо защитить щитовидную железу. Если нет под рукой специальных препаратов (йодид калия, йодомарин и др.), достаточно нанести на кожу йодную сетку. Желательно также принять препараты, содержащие калий и кальций (см. разделы «В», «И», «Щ»). Если будет принято решение о необходимости йодной профилактики — о нем немедленно сообщат населению.

Есть ли опасность последствий облучения для беременных женщин?

— Ответ на этот вопрос содержится в разделе «Н». Наиболее чувствительным является период от 8 до 15 недель, однако если дозы ниже 100 мЗв — опасности, скорее всего, нет.

Если есть возможность, проконсультируйтесь в ближайшей медико-генетической консультации.

И ОТВЕТЫ

Есть ли опасность последствий облучения для детей?

— Дети более чувствительны к действию радиации, чем взрослые. При радиационных авариях и последующем радиоактивном загрязнении надо соблюдать те же меры защиты, что и для взрослых, только более тщательно. Надо также помнить, что нормативы для детей — более жесткие (разделы «Ж», «З», «Т»).

Куда обращаться за медицинской помощью в случае радиационной аварии?

— Если организованы специальные пункты медицинской помощи, надо узнать у дежурного МЧС об их местонахождении. Если же необходимости в их организации нет, следует обращаться в районную поликлинику.

Кто компенсирует ущерб здоровью?

— В настоящее время в Российской Федерации приняты законы, предусматривающие социальную защиту граждан, пострадавших от радиационных аварий. Вам необходимо обращаться в органы социальной защиты, местные органы власти (разделы «С», «Ю»).

В последнее время часто говорят о ядерном терроризме. Можно ли защититься от «грязной» бомбы?

— Эта ситуация обсуждается в разделе «Я». Крайне маловероятно изготовление бомбы в кустарных условиях, поэтому речь идет о так называемых «грязных» бомбах — взрывных устройствах, начиненных радиоактивными веществами. Главное поражающее оружие радиационных террористов (их правильнее называть так) — страх. Поэтому ни в коем случае нельзя поддаваться панике. Защитить себя можно, действуя так же, как и при других радиационных авариях.

Нельзя ли отказаться от атомной энергетики, если существует опасность аварий?

— На сегодняшний день атомные станции являются самыми экологически чистыми и безопасными, если рассматривать их с точки зрения риска для здоровья человека. Несмотря на то,

что радиационные аварии могут затрагивать огромные территории, ущерб от них, в том числе ущерб жизни и здоровью людей, намного меньше, чем ущерб от других техногенных аварий и катастроф (разделы «Б», «Э»).

Насколько опасно отработанное ядерное топливо?

— При переработке отработанного ядерного топлива и захоронении радиоактивных отходов принимаются меры безопасности, практически сводящие к нулю все возможные риски (раздел «О»).

Если уровень облучения превысил допустимый, я заболею лучевой болезнью?

— Допустимый уровень облучения ни в коем случае не является порогом, при превышении которого непременно возникает угроза здоровью (разделы «М», «У»). Принятые у нас уровни соизмеримы с естественным радиационным фоном (разделы «Е», «П»). Отрицательные последствия облучения, в том числе лучевая болезнь (разделы «З», «Л», «Н», «Р»), проявляются при дозах, превышающих допустимые в сотни и тысячи раз.

Можно ли скрыть факт радиационной аварии?

— За многие годы официального умалчивания у населения появился страх — не скрывают ли и в этот раз правду о происшествии? С недоверием бороться трудно: аргументов против «не верю» не найти. Ну что ж, оценим ситуацию, что называется, «от обратного».

Представим себе, что произошла серьезная радиационная авария. После взрыва радиоактивное облако распространилось на сотни километров, облучению подверглись многие тысячи людей. Однако руководители региона побоялись сообщить населению правду — из-за праздников, приближающихся выборов, чтобы сэкономить необходимые для проведения защитных мероприятий средства или еще по какой-либо причине.

О повышении уровня радиации немедленно станет известно. Не надо забывать о датчиках АСКРО с информационными табло (раздел «К»), а также о том, что у населения, у представителей экологических

И ОТВЕТЫ

организаций могут быть собственные дозиметры, которые покажут действительные уровни радиации. Более того, спустя некоторое время привезенную на рынок сельхозпродукцию нельзя будет реализовать — санитарные врачи немедленно обнаружат в мясе, молоке, овощах и фруктах повышенную радиоактивность.

Даже если не верить тому, что руководство района приоритетной задачей считает заботу о здоровье и благополучии населения, очевидно, что утаивать «шило в мешке», по меньшей мере, не имеет смысла. Такой обман означал бы конец карьеры для тех, кто попытался это сделать: законодательство Российской Федерации предусматривает за это серьезную ответственность (раздел «Ю»).



Разумеется, невозможно предугадать все вопросы, которые у Вас возникнут. Надеемся, что полученные при знакомстве с брошюрой общие знания помогут увереннее ориентироваться в разных ситуациях, связанных с действием радиации, радиационными авариями и их последствиями, оценивать обстановку, принимать адекватные меры.

Авторы выражают признательность сотрудникам Центра диагностики и консультирования (Центра социально-психологической реабилитации) города Узловая Тульской области и лично М. Е. Черновой за полезное обсуждение материалов брошюры.

Литература

При подготовке брошюры были использованы материалы монографий, учебников и пособий, основные из которых перечислены ниже. Некоторые иллюстрации и примеры взяты из этих же источников.

- Азбука радиационной защиты. М.: Изд. «Комтехпринт». 2006. 44 с.
- Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. проф. Э. А. Арустамова. Изд. 2-е. М.: Издательский дом «Дашков и Ко», 2000. 678 с.
- Василенко И. Я. Токсикология продуктов ядерного деления. М.: Медицина, 1999. 200 с.
- Зайнуллин В. Г. Генетические эффекты хронического облучения в малых дозах ионизирующего излучения. СПб.: Наука, 1998. 100 с.
- Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена: Учебник. М.: Медицина, 1999. 384 с.
- Корнеев Н. А., Сироткин А. Н. Основы радиоэкологии сельскохозяйственных животных. М.: Энергоатомиздат, 1987. 208 с.
- Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры Р. М. Алексахин, Л. А. Булдаков, В. А. Губанов и др. / Под общей ред. Л. А. Ильина и В. А. Губанова. М.: ИздАт, 2001. 752 с.
- Кузин А. М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. М.: Наука, 1995. 158 с.
- Основы медицинской генетики: Учебное пособие / Под общей ред. д.б.н. Е. К. Хандогинной. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. 176 с.
- Радиация. Экономика. Жизнь. Новый взгляд на юго-запад Брянской области / Е. М. Мелихова, С. В. Панченко, И. Л. Абалкина и др. / Под ред. Е. М. Мелиховой. М., 2001. 22 с. (ИБРАЭ, TACIS)
- Рекомендации населению по поведению на территории, загрязненной радионуклидами / В. Н. Малаховский, М. И. Балонов, В. В. Борисова и др. / Под ред. проф. П. В. Рамзаева. М.: ИздАт, 1992. 16 с.
- Чернобыль: помогает Всемирная Организация Здравоохранения. Препринт WHO / PER/ 93.4.
- Ярмоненко С. П., Вайнсон А. А. Радиобиология человека и животных: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2004. 549 с.

Содержание

Введение	3
А варии на радиационно-опасных объектах	4
Б езопасность атомной энергетики	5
В нешнее и внутреннее облучение.	6
Г ородские условия: особенности последствий облучения	7
Д оза	8
Е стественный радиационный фон	10
Ж ивотные и растения.	11
З доровье и радиация	13
И зотопы (радионуклиды)	14
К онтроль радиационной обстановки	15
Л учевая болезнь	17
М алые дозы	18
Н аследственность и радиация	19
О блученное ядерное топливо и радиоактивные отходы	20
П роблема порога. Принципы обеспечения радиационной безопасности	21
Р адиационный риск. Радиация и рак	22
С оциальные, экономические и психологические факторы.	24
Т ерритории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению	25
У ровни облучения и нормирование	27
Ф акторы защиты	29
Х роническое облучение	31
Ц елесообразность защитных мероприятий	31
Ч ернобыль.	33
Ш кала ИНЕС	34
Ш итовидная железа. Йодная профилактика	35
Э кология и атомная энергетика	35
Ю ридические нормы	37
Я дерный и радиационный терроризм, ядерное оружие	37
Вопросы и ответы	40
Литература	46

Издательство «Комтехпринт», Москва
Лицензия ИД №02508 от 31.07.2002
Отпечатано с готовых диапозитивов ООО «Инфолио-Принт»
Лицензия ПД №01144 от 06.07.2001
Формат 60×90¹/₁₆. Гарнитура «Officina Sans». Печать офсетная
Уч.-изд. л. 1,8. Усл. печ. л. 1,6

Хандогина Елена Константиновна,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ИБРАЭ РАН.

После чернобыльской аварии в мае-июне 1986 года занималась оценкой доз у ликвидаторов методами биологической дозиметрии, в последующие годы принимала участие в обследовании детей, проживающих в загрязненных районах Брянской области. Участвовала в международном проекте по определению доз, осуществляемом Ассоциацией радиационных цитогенетиков.

Автор многих научных работ и учебных пособий по экологии, радиационной биологии, генетике.

Бархударов Рудольф Михайлович,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ИБРАЭ РАН.

Член Национальной комиссии по радиационной защите, специалист в области дозиметрии, физики защиты, радиационной безопасности, радиационной гигиены и экологии. С мая 1986 года принимал активное участие в изучении последствий чернобыльской аварии, разработке и реализации рекомендаций по защите населения пострадавших районов и ликвидации последствий аварии. Принимал постоянное участие в работе международных организаций (НКДАР ООН, МАГАТЭ, МКРЗ, ВОЗ) по проблемам радиационной безопасности вообще и последствиям чернобыльской аварии в частности.

Автор более 250 работ, в том числе шести монографий и одного учебника.

Мелихова Елена Михайловна,

кандидат физико-математических наук, заведующая лабораторией социально-психологических последствий радиационных аварий ИБРАЭ РАН.

Основные направления исследований: медико-демографические критерии здоровья населения и атомная энергетика как фактор риска, изучение механизмов социального ответа на радиационные аварии, разработка и апробация методов коммуникации по вопросам радиационного риска.

Национальный менеджер проектов ТАСИС по теме «Определение мер по улучшению и поддержке работы по информированию общественности в регионах чернобыльской аварии».

Соавтор и научный редактор образовательных мультимедиа программ.

Картинки нарисовал и брошюру оформил

Иванов Михаил Юрьевич,

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник ИБРАЭ РАН.

После чернобыльской аварии занимался проблемой парового взрыва реактора.