



А В Б У К А

РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

**Азбука радиационной защиты.** — М.: Изд. «Комтехпринт». 2005. 44 с.  
ISBN 5-89107-057-X

О действии излучения и о простейших способах защиты от него пойдет речь в этой брошюре. Она может быть использована в качестве учебного пособия при обучении населения основам радиационной защиты и действиям в случаях радиоактивного загрязнения местности. Кроме того, она может быть полезна для всех, интересующихся вопросами радиационной безопасности.

Издание подготовлено Институтом проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ РАН) в рамках работы, финансируемой Министерством энергетики США.

Ни Правительство США, ни какое-либо его ведомство, включая Министерство энергетики США, а также ни один из сотрудников Правительства США не дает никаких гарантий, прямых или подразумеваемых, и не принимает на себя никакого юридического обязательства или ответственности за точность, полноту или достоверность какой-либо раскрытой информации или названного материала, и не заявляет о том, что использование таковых не нарушает права частных лиц. Упоминание в данном документе какой-либо конкретной организации, продукта, процесса или услуги с использованием названия организации, торговой марки продукта, имени производителя или иным образом не обязательно представляет собой или подразумевает их одобрение, рекомендацию или поддержку со стороны Правительства США или какого-либо его ведомства. Точки зрения и мнения авторов, изложенные в настоящем документе, не обязательно утверждают или отражают точку зрения и мнение Правительства США или какого-либо его ведомства.

# Содержание

Введение.....	2
I. Основные сведения и факты.....	5
Атомная эра. Немного истории.....	5
Дозиметрические единицы.....	9
Характер облучения.....	12
Последствия облучения.....	14
Особенности действия малых доз. Естественный фон.....	17
Нормирование радиационного воздействия.....	20
Основные документы, регламентирующие радиационное воздействие.....	21
II. Радиационные аварии и потенциальные источники опасности.....	23
Возможность аварии.....	23
Классификация радиационных аварий.....	26
Ядерный и радиационный терроризм.....	29
III. Как осуществляется контроль за радиационной обстановкой.....	30
IV. Если произошла радиационная авария.....	33
Как узнать о радиационной аварии и о том, что нужно делать.....	34
О мерах защиты при нахождении на загрязненных территориях.....	35
Целесообразность мер защиты.....	43

## Введение

Научно-технический прогресс, развитие технологий привели к тому, что наряду с природными катаклизмами стали возможны чрезвычайные ситуации техногенного характера, и среди них нельзя полностью исключить вероятность радиационных аварий. Знание правил поведения в чрезвычайных ситуациях, трезвая оценка вероятных последствий и проведение адекватных защитных мероприятий позволят предотвратить или, по крайней мере, свести к минимуму возможный ущерб.

В 1995 году Правительство Российской Федерации приняло специальное постановление, которое определило создание единой системы подготовки и обучения населения действиям при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Законодательство определяет и порядок обучения граждан, и их обязанность изучать основные способы защиты населения территорий. Организация такой системы обучения (ответственность за нее возложена на Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – МЧС) диктует необходимость создания соответствующих учебных материалов.

Предлагаемая брошюра может быть использована в качестве учебного пособия при обучении населения основам радиационной защиты и действиям в случаях радиоактивного загрязнения местности. Кроме того, она может быть полезна для всех, интересующихся вопросами радиационной безопасности человека.

В первой главе приводятся необходимые сведения о радиации. Читатель узнает об истории атомной эры. Поскольку основная характеристика действия радиации — это доза, будет рассказано об основных понятиях в этой области и о дозиметрических единицах. Рассматриваются последствия радиационного воздействия, которые зависят от характера облучения — острого или пролонгированного, общего или локального, внутреннего или внешнего, и обсуждаются проблемы, связанные с действием малых доз радиации. В брошюре также подняты вопросы нормирования и радиационного риска.

Во второй главе рассказывается о радиационных авариях; представлена их классификация. Если вероятность аварий атомных реакторов в наши дни, благодаря жестким мерам безопасности, ничтожна, то источники излучений, применяющиеся в промышленности и медицине, могут представлять определенную опасность при несоблюдении правил обращения с ними. Затрагивается и проблема радиационного терроризма: обеспечение безопасности в случае применения так называемой «грязной бомбы» основывается на тех же принципах, что и при радиационных авариях.

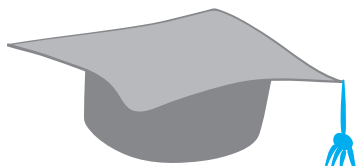


В третьей главе рассказывается о системе АСКРО (автоматизированной системе контроля радиационной обстановки), которой охвачены все атомные электростанции (АЭС) и другие предприятия ядерного комплекса, а также о том, как ориентироваться в показаниях дозиметра.

Что же делать, если произошла радиационная авария? Как узнать о ней? Какие меры защиты будут приняты? В четвертой главе предлагаются ответы на эти вопросы. Оповещение населения — неотъемлемая часть аварийных планов. В этой главе подчеркивается, что крайне важно оставаться спокойным, внимательно слушать передаваемые сообщения об аварии и выполнять все предписания. Меры защиты выбираются в зависимости от характера аварии и служат для предотвращения избыточного облучения населения.

Наконец, в брошюре представлен перечень полезных ссылок на источники информации по вопросам безопасности атомной энергетики и радиационной обстановки.

Издание подготовили в рамках работы, финансируемой Министерством энергетики США, сотрудники Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ РАН): к.э.н. И. Л. Абалкина, к.т.н. Р. М. Бархударов, к.ф.-м.н. М. Ю. Иванов, к.ф.-м.н. Е. М. Мелихова, к.ф.-м.н. И. А. Осипьянц, А. В. Павлов, д.б.н. Е. К. Хандогина под общей ред. д.т.н. И. И. Линге.



## I. Основные сведения и факты

Чтобы ориентироваться в вопросах радиационной защиты, необходимо иметь основное представление об излучении и его действии на организм человека.

### Атомная эра. Немного истории

В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген открыл новые, ранее неизвестные науке лучи, которые отличались большой проникающей способностью, проходя через бумагу, картон и дерево. По имени их исследователя, ставшего первым лауреатом Нобелевской премии по физике, они были названы рентгеновскими, или X-лучами. Вскоре была открыта радиоактивность урана, а несколько позже — полония и радия. Эта череда открытий положила начало использованию ионизирующих излучений, а затем и энергии атомного ядра.

Сразу же после открытия рентгеновского излучения его свойства стали широко использоваться в медицине. О безопасности применения рентгеновских аппаратов и радиоактивных веществ некоторое время не задумывались: ведь человек не видел и не ощущал непосредственного действия излучения. Однако уже очень скоро было обнаружено, что продолжительное и интенсивное облучение оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Сначала исследователи обратили внимание на изменения кожи после контакта с радиоактивными 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. В конце 20-х годов прошлого века специалисты создали международную рабочую группу по систематизации данных о воздействии радиации и выработке мер по радиационной защите. Ныне это Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ). Она разрабатывает рекомендации по правилам обращения с источниками излучения и защитным мерам. На их основе в разных странах специалисты устанавливают национальные нормативы.

В августе 1945 года США сбросили атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки. Это был первый и единственный в истории случай использования ядерного оружия. Однако мир надолго погрузился в состояние ядерного противостояния. В Советском Союзе первые испытания бомбы были проведены в 1949 году на Семипалатинском полигоне в Казахстане.

Но в послевоенные годы развивался и мирный атом. 27 июня 1954 года в г. Обнинске, в 100 км от Москвы, пар, рожденный в «урановом котле», закрутил турбины первой в мире атомной электростанции (АЭС). Напутствие всех присутствующих ученых, инженеров, рабочих было единодушным: «С легким паром!» Это событие наглядно продемонстрировало, что атомную энергию можно превратить, по словам академика И. В. Курчатова, «в мощный источник энергии, несущий благосостояние и радость всем людям на Земле».

Использование атомной энергии определило создание в 1955 году при Организации объединенных наций специального Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР). Задачей комитета стала систематизация и обобщение данных по радиационному воздействию на человека, оценка и выявление эффектов действия радиации.

К началу 80-х годов прошлого века АЭС стали неотъемлемой частью энергетики развитых стран. В настоящее время в мире работает 423 энергоблока АЭС, и на их долю приходится до 18% вырабатываемой электроэнергии, а в некоторых странах (например, в Бельгии и Франции) их доля в энергопроизводстве достигает

80%. В России работают 10 АЭС, которые дают примерно 17% всей вырабатываемой в стране электроэнергии.

Кстати сказать, использование атомной энергии — это не только атомные электростанции. Радиоактивные источники широко используются во многих областях человеческой деятельности — в медицине, науке, сельском хозяйстве, промышленности. С их помощью стало возможным раннее выявление и успешное лечение многих заболеваний, получение новых знаний о строении вещества, повышение урожайности, проверка прочности металлоконструкций и многое другое. В России радиоактивные источники и установки применяют более чем в 15 тысячах организаций (из них две трети — медицинские).

Изготовление топлива для АЭС, а также добычу руды, хранение отходов и отработанного топлива обеспечивают предприятия ядерно-топливного цикла, которых в России около 20. Среди «атомных» предприятий надо особо упомянуть и о предприятиях ядерного оружейного комплекса.

Ни одна новая технология не вызвала столь пристального и критического внимания общественности, как атомная энергетика. В отношении ее существовала настороженность, поскольку использование атомной энергии связывалось в сознании людей с опасностью ядерного оружия с его чудовищной разрушительной силой и катастрофическими последствиями. Авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 года в значительной степени усилила эти опасения.

Аварии на предприятиях атомной энергетики и промышленности, сопровождающиеся выходом радиоактивных веществ, крайне редки. За годы использования атомной энергии была создана надежная и эффективная система обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

Как ни парадоксально, но Чернобыльская авария скорее подтверждает, чем опровергает этот факт: причиной самой крупной аварии в истории атомной энергетики стали ошибочные действия персонала, отключившего системы защиты станции для проведения эксперимента по указанию своего руководства. После Чернобыльской аварии требования к безопасной эксплуатации АЭС и предприятий атомной промышленности были многократно ужесточены. С 1986 го-





да в России имела место только одна авария с выходом радиоактивности — на Сибирском химическом комбинате, но она не имела радиологических последствий ни для населения, ни для персонала.

Иначе обстоит дело с безопасностью источников в других отраслях. Практически ежегодно случаются инциденты, в результате которых происходит превышение допустимых пределов облучения. Как правило, это происходит в тех случаях, когда источник ионизирующего излучения, скажем, дефектоскоп, выходит из-под контроля (например, разгерметизируется). Чтобы предупредить превышение пределов облучения, необходимы, прежде всего, правильные действия персонала по обращению с таким источником. Ни в одной из областей человеческой деятельности нельзя гарантировать полной безопасности. Поэтому, несмотря на принимаемые меры, полностью исключить возможность радиационных аварий нельзя. Но радиационная защита — это не только специальные технические системы, средства защиты и аварийно-спасательные подразделения. Это, в том числе, и правила безопасности для работников и населения, то есть те принципы и меры защиты, которым нужно следовать в необычной или чрезвычайной ситуации. Такие меры позволят предотвратить или, по крайней мере, свести к минимуму возможный ущерб. Например, первое и самое главное правило безопасности, которое должен знать каждый — не брать в руки незнакомые предметы. Это может быть и контейнер с ядовитым или токсичным веществом, и взрывное устройство, и источник ионизирующего излучения.

Сегодня нельзя закрывать глаза и на тот факт, что терроризм становится атрибутом повседневной жизни всех стран. Взрываются автобусы и самолеты, торговые центры и дискотеки; после 11 сентября 2001 года во всем мире усилилось опасение относительно возможного злонамеренного использования радиоактивных материалов в террористических целях. Между тем, в течение уже многих лет под наблюдением МАГАТЭ действует специальная программа жесткого контроля за ядерными материалами. В последние годы предпринимаются значительные меры по усилению контроля за радиоактивными источниками, благодаря которым обеспечивается их недоступность для террористов.

## Дозиметрические единицы

Слово «радиация» (в переводе с латинского — излучение) используется для обозначения энергии, которая испускается и распространяется в виде волн и частиц. Видов излучения существует множество, это и видимый свет, и ультрафиолетовое излучение, и тепловые (инфракрасные) лучи, и радиоволны. Однако чаще всего слово «радиация» используется для обозначения «ионизирующего» излучения.

Излучение называется «ионизирующим» благодаря своей способности вызвать ионизацию (расщепление на положительно и отрицательно заряженные частицы) атомов и молекул в веществе.

К электромагнитным ионизирующим излучениям относятся рентгеновское излучение и гамма-излучение от радиоактивных элементов. По своей природе радиоволны, видимый свет и ультрафиолетовые лучи также являются электромагнитными излучениями, однако их энергии для ионизации недостаточно. Все остальные ионизирующие излучения представляют собой частицы. Например, бета-частицы — это электроны; альфа-частицы — ядра гелия; нейтроны — не имеющие заряда частицы.

Одной из важнейших характеристик разных типов излучения является проникающая способность. Чем выше у частиц плотность передачи энергии, тем быстрее они ее теряют и скорее останавливаются. Такие частицы (например, альфа-частицы) не способны проникать глубоко в материал, поэтому для защиты от них достаточно всего лишь листа бумаги. Наибольшей проникающей способностью обладают гамма- и рентгеновское излучения, и именно поэтому в рентгеновском кабинете так много защитных металлических экранов.

<b>Поглощенная доза</b> (единицы измерения — грей, рад)	Показывает количество энергии, поглощенной телом.
<b>Эквивалентная доза</b> (единицы измерения — зиверт, бэр)	Учитывает неодинаковое действие разных видов излучения.
<b>Эффективная доза</b> (единицы измерения — зиверт, бэр)	Учитывает различия чувствительности органов и тканей к облучению.

Для количественного отражения действия радиации пользуются понятием **доза**. Доза облучения — это наиболее важная характеристика для оценки воздействия радиации на здоровье.

Для характеристики излучения используется понятие **экспозиционная доза**. В воздухе ионизирующие излучения вызывают эффект ионизации, и экспозиционная доза показывает, сколько ионов образовалось в определенном объеме воздуха. Долгие годы для этих целей использовалась внесистемная единица рентген (Р), отражающая число образовавшихся ионов в  $1 \text{ см}^3$  воздуха. И хотя официально в настоящее время эта единица выведена из списка дозиметрических показателей, на практике она все еще широко используется.

Воздействуя на живые организмы, любые виды излучения передают им свою энергию. **Поглощенная доза** — это энергия ионизирующего излучения, которая передается веществу (например, человеческому телу). Поглощенная доза измеряется в греях (Гр), иногда используется также внесистемная единица рад ( $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ ). Эти единицы показывают количество энергии, поглощенной в единице массы вещества.

Разные виды излучения действуют на живые организмы различным образом. При одной и той же поглощенной дозе нейтронное излучение вызовет в 10, а альфа-излучение — в 20 раз более тяжелые эффекты, чем рентгеновское излучение. Для учета этого фактора используется понятие **эквивалентная доза**; единицами измерения эквивалентной дозы являются зиверт (Зв) и старая единица — бэр ( $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ ).

Последствия облучения разных органов и тканей могут быть различными даже при одинаковой поглощенной дозе. Это происходит потому, что радиочувствительность органов существенным образом различается. Например, костный мозг в 10 раз чувствительней к облучению, чем кожа человека. Для оценки возможных последствий неравномерного облучения организма используется понятие **эффективная доза**. Эффективная доза также измеряется в зивертах.

Как соотносятся различные единицы измерения дозы между собой? В грубом приближении можно сказать, что

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

То есть 100 рентген экспозиционной дозы будут приблизительно соответствовать 1 грею поглощенной дозы и 1 зиверту эквивалентной дозы.

На практике чаще можно встретить величины миллизиверт (1 мЗв = 0,001 Зв), сантигрей (1 сГр = 0,01 Гр) и т.д. Небольшие дозы, которые наиболее характерны для обычной жизни, удобнее мерить в миллизивертах по аналогии с тем, как небольшие предметы удобнее измерять не в метрах, а в сантиметрах и миллиметрах.

Как уже говорилось, все виды излучений характеризуются передачей энергии. Однако в отличие, скажем, от тепловой энергии, радиация имеет иной механизм взаимодействия с живыми объектами. Сравнивая их действие, можно привести удивительный факт: энергия, поглощенная телом человека при смертельной дозе 10 Гр, равна тепловой энергии, заключенной в стакане горячего чая. Если же человек поглотит эту энергию как тепловую, выпив стакан горячего чая, это приведет всего лишь к повышению температуры его тела на одну сотую долю градуса.



Кроме суммарной величины дозы имеет значение и интенсивность облучения, характеризующаяся **мощностью дозы**. Мощность дозы — это доза, получаемая в единицу времени, она измеряется, например, в миллизивертах в час или миллизивертах в год — в зависимости от ее величины (как и скорость измеряется в километрах в час, или метрах в секунду, или километрах в секунду — в зависимости от того, насколько быстро движется предмет).

Дозиметры, как правило, показывают не накопленную дозу, а ее мощность. Чтобы получить значение дозы, полученной за определенный промежуток времени, необходимо среднюю за этот период мощность дозы умножить на продолжительность облучения (это справедливо для промежутков времени, значительно меньших, чем период полураспада радиоизотопа либо смеси радиоизотопов). Например, если дозиметр показывает значение 0,1 микрозиверт в час, то доза, полученная за 10 суток, составит:

$$0,1 \text{ мкЗв/ч} \times 240 \text{ ч} = 24 \text{ микрозиверт или } 0,024 \text{ миллизиверт}$$

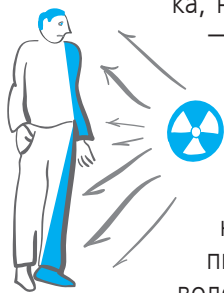
Обратите внимание на то, чтобы время измерялось в одних и тех же единицах — минутах, часах, годах и т.д. Если вновь провести парал-

лель с движением, то 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. Величина, равная числу распадов за одну секунду, называется беккерель (Бк). Загрязненность местности измеряется в Бк/м<sup>2</sup>, пищевых продуктов – в Бк/кг или Бк/л, воздуха – Бк/м<sup>3</sup>. Старая единица называлась кюри (Ки); 1 кюри равняется 37 миллиардам беккерелей (1 Ки = 37·10<sup>9</sup> Бк).

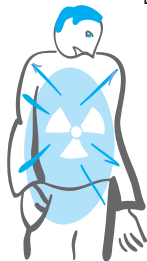
## Характер облучения

По своему характеру облучение может быть внешним или внутренним, общим или локальным, равномерным или неравномерным, острым или хроническим.



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

При радиационной аварии источником опасности может быть внешнее облучение от радиоактивного облака, радиоактивных выпадений на местности. Кроме того, радиоактивные изотопы поступают в организм с вдыхаемым воздухом, водой и продуктами питания, тем самым формируя внутреннее облучение. Снижение уровней внешнего и внутреннего облучения будет происходить за счет распада и выведения радионуклидов из организма.



Облучению может подвергаться либо весь организм полностью (**общее облучение**), 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

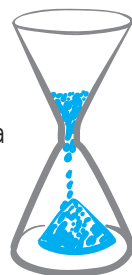
длительного времени может быть в 5–7 раз больше. Эти процедуры не проходят для организма бесследно, однако через некоторое время происходит восстановление.

Радионуклиды могут равномерно распределяться внутри тела (как, например, 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. Внешнее облучение также может быть равномерным, а может приводить к преимущественному поражению отдельных органов и тканей. Таким образом, может происходить **равномерное** или **неравномерное облучение**.

Радиоактивные выпадения могут сохраняться на местности в течение продолжительного срока, в результате человек может подвергаться облучению в течение длительного времени: внешнему – за счет излучения от радиоактивных частиц, выпавших на местности, и внутреннему – от попавших в организм радионуклидов. Такое длительное облучение с малой мощностью дозы называется **хроническим**. Когда же речь идет о любом растянутом во времени облучении (малыми либо большими дозами), следует употреблять более общий термин «**продолжительное облучение**».

Известно, что если провести несколько часов подряд под палящим солнцем, то можно получить серьезные ожоги, а если загорать по несколько минут в день, 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. В значительной степени это объясняется тем, что действуют системы репарации, то есть восстановления от полученных повреждений. Более того, хроническое облучение малыми дозами может даже стимулировать работу систем репарации, то есть 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 продолжительное облучение может затрагивать многие так называемые «критические» периоды развития плода, и



в результате нарушается формирование нескольких систем и органов будущего ребенка.

## Последствия облучения

Различают детерминистские и стохастические последствия облучения. **Детерминистские**, то есть определенные, наступают со стопроцентной вероятностью, если превышен определенный порог дозы. Степень тяжести их проявления зависит от величины дозы облучения. К числу детерминистских эффектов относится, в частности, **лучевая болезнь**.

Существуют две формы лучевой болезни — острая и хроническая. Острая лучевая болезнь развивается после облучения человека в дозах выше 1 Зв. Различают три степени тяжести заболевания: легкая, при которой все пациенты выздоравливают (1–2 Зв); средняя, при которой исход относительно благоприятный, но требуется специальное лечение (2–4 Зв); тяжелая (4–6 Зв), с возможным неблагоприятным исходом. При дозах свыше 6 Зв развивается крайне тяжелая форма острой лучевой болезни, смертность составляет почти 100%. При дозах менее 1 Зв клинические проявления эффектов радиационного воздействия отсутствуют или выражены слабо и проходят без специального лечения.

Хроническая лучевая болезнь — это не отдаленные последствия острой лучевой болезни. Это заболевание развивается в результате длительного облучения в дозах, суммарно достигающих 1–3 Зв. Она может возникнуть как при общем облучении, так и при преимущественном облучении отдельных органов.

Она также имеет три степени — легкая, средняя и тяжелая. После прекращения облучения наступает период восстановления.



Лучевая болезнь не может возникнуть у людей, дозы облучения которых находятся в пределах сотен миллизиверт. Даже в условиях радиационной аварии развитие этого заболевания у населения практически исключено, так как получение доз на уровне 1 Зв нереалистично: согласно принятым критериям, при вероятности облучения населения

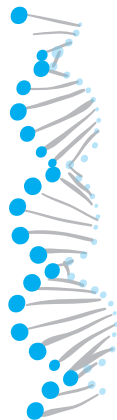
в дозах от 1 до 5 мЗв проводится жесткий радиационный контроль, а при превышении годового предела 20 мЗв – отселение.

В сознании людей с действием радиации часто связывается и такое страшное заболевание, как **рак**. Действительно, радиация может быть причиной онкологических заболеваний. Но, в отличие от лучевой болезни, которая возникает с неизбежностью под действием больших доз облучения, рак может возникнуть, а может и не возникнуть. Такие «вероятностные» эффекты называются **стохастическими**. Кроме того, онкологические заболевания возникают не сразу, а спустя какое-то количество лет, то есть являются **отдаленными последствиями** облучения.

**Радиационный риск** появления рака намного меньше, чем при воздействии химических веществ или вследствие вредных привычек. Риск возникновения рака от токсичных химических веществ при их концентрациях на уровне санитарных норм более чем в сотни раз выше, чем теоретически рассчитанный от многолетнего дополнительного облучения на уровне 1 мЗв в год. Если же с радиационным риском сравнить риск от выкуривания 20 сигарет в день, то окажется, что он будет таким же, как при облучении дозой в 1 Зв. Напомним, что столь высокие дозы получить в обычной жизни просто невозможно, для этого нужны чрезвычайные обстоятельства, такие как были, например, при атомной бомбардировке в Японии.

Среди 86 тысяч жителей Хиросимы и Нагасаки, попавших под атомную бомбардировку и переживших 1945 год (от поражающего действия атомной бомбы до конца 1945 года погибло около 210 тысяч человек), отмечено 82 «дополнительных» смерти от лейкоза – рака крови (1 случай на тысячу пострадавших) по отношению к 162, которые произошли бы у этих людей без облучения (два случая на тысячу человек). От всех видов радиационного рака умерло 420 человек, дозы облучения у них были не ниже 500 Зв. Для сравнения – другие, нерадиационные причины рака вызвали 7400 случаев смерти от рака среди этих же людей.

В обычной жизни риски возникновения радиационного рака малы, тем не менее, когда речь идет о риске дополнительного облучения, требуется соблюдение необхо-



димых мер безопасности. Поскольку это вопрос здоровья, то люди, профессионально контактирующие с источниками излучений, либо проживающие на загрязненных территориях, должны периодически проходить тщательное медицинское обследование. Даже если риск радиационного рака мал, ранняя диагностика рака, который мог возникнуть по другим причинам, дает гораздо больше шансов его успешного лечения.

Риск появления **генетических последствий** облучения намного меньше (примерно в 10 раз), чем риск появления рака.

Генетические нарушения не обнаружены у потомков людей, облученных в довольно высоких дозах, речь идет как об облученных при бомбардировке японских городов, так и о детях профессионалов, чья работа связана с контактами с источниками излучения (в том числе в первые годы развития отрасли, когда вопросы безопасности не были в центре внимания), а также о пострадавших от радиационных аварий.

В отличие от генетических последствий, определенный риск может быть связан с так называемыми **тератогенными** эффектами при облучении ребенка в утробе матери, то есть когда облучается уже сам плод, а не половые клетки его родителей. При облучении плода в дозах свыше 300 мЗв существует вероятность **врожденных нарушений**. Чувствительность плода к действию таких доз радиации чрезвычайно высока, причем она тем больше, чем плод моложе. Однако нужно помнить, что речь в данном случае идет о дозах радиации, в сотни раз превышающих уровень облучения как в обычных условиях, так и при возникновении радиационной аварии! Поэтому вероятность облучения будущего ребенка в дозах, способных привести к отрицательным последствиям для его здоровья, практически нулевая. Намного опаснее для здоровья малыша может стать стресс, переживаемый его будущей мамой.

Следует сказать, что многие химические вещества, лекарства и инфекционные заболевания связаны с гораздо более высоким риском рождения ребенка с серьезными патологиями, чем радиация. К таким заболеваниям относится, например, краснуха. В 60-е годы прошлого века беременным женщинам (в основном в Европе) прописывали, казалось бы, безобидное успокаивающее средство талидомид;

последствия были чудовищными — родилось целое поколение детей с дефектами конечностей. Известна также связь между возрастом родителей, особенно матери, и рождением детей с патологией. Доказано и то, что у потомства матерей, злоупотребляющих во время беременности алкоголем, развиваются аномалии лица, дети отстают в физическом и умственном развитии. При комплексном воздействии негативных факторов нельзя с уверенностью сказать, какой именно из них стал причиной появления дефекта у новорожденного. Однако современные методы диагностики позволяют еще до рождения ребенка выявить наличие у него многих пороков развития.

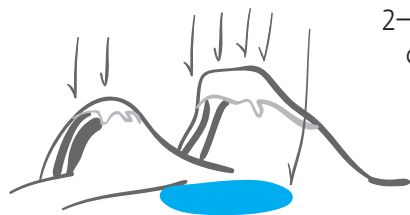
Дети с наследственными заболеваниями, к сожалению, рождаются и у совершенно здоровых родителей, живущих в идеальных условиях. Например, одно из самых распространенных заболеваний, синдром Дауна, встречается в среднем у каждого 700-го новорожденного, а среди детей немолодых матерей — еще чаще.

## Особенности действия малых доз. Естественный фон

Существуют разные подходы к понятию **малых доз**. В радиационной биологии человека к малым принято относить дозы порядка 100—200 мЗв. Но, поскольку такие дозы трудно встретить как в обычной жизни, так и при радиационной аварии, на практике «малыми» часто называют дозы, соизмеримые с естественным фоном. Это дозы на уровне нескольких миллизиверт. Поэтому, когда речь идет о малых дозах, и, что более существенно, об их эффектах, важно четко представлять, о каком уровне величин идет речь.

Все живое на Земле, в том числе и человек как биологический вид, развивалось в условиях воздействия **естественного фонового излучения**, связанного с излучением химических элементов самой планеты и энергией космоса.

В среднем фоновая доза составляет около 2 мЗв в год, причем наибольший вклад в нее (почти 2/3) вносит радон — природный радиоактивный газ, всегда присутствующий в горных породах, прежде всего гранитах. Из-за этого в тех странах, где много гранитных пород (например, во Франции и Финляндии), естественный фон в



2–3 раза выше. Фоновое облучение связано также с калием-40, который почти полностью определяет собственную радиоактивность человеческого тела и мирового океана, и другими элементами. Космическое излучение обус-

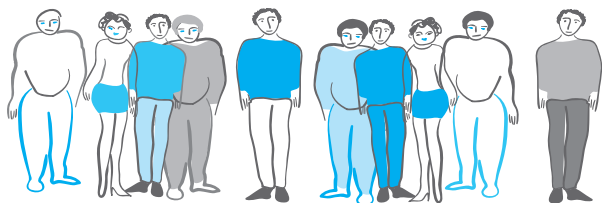
ловлено в основном частицами высоких энергий, приходящими из космоса. До земной поверхности доходит лишь малая часть космических лучей, они поглощаются атмосферой. На уровне моря доза космических лучей мала – около 0,03 мкЗв/час, однако высоко в горах она становится намного выше: на высоте 4–5 км, куда поднимаются альпинисты, она составляет уже 0,2 мкЗв/час, на высоте полета самолетов, составляющей 10 км – 5 мкЗв/час, а на космической орбите (220 км) – 13 мкЗв/час.

В нашей стране, как и в большинстве стран мира, на долю естественных источников радиации приходится более 70% общей дозы облучения, еще около 30% – вклад от медицинских процедур. Дополнительные дозовые нагрузки вследствие работы атомных электростанций и других предприятий атомной промышленности не превышают 1% от естественного радиационного фона.

Теоретически воздействие малых доз на здоровье можно обнаружить, только если сравнивать очень большие группы населения – несколько миллионов человек. Например, для дозы в 10 мЗв нужно обследовать группу в 10 миллионов человек и такую же контрольную группу, чтобы получить результат с достоверностью 95%. Провести такие исследования, конечно же, нереально.

Поэтому при оценке воздействия радиации на здоровье используют данные наблюдений за людьми, проживающими на территории с высоким естественным радиационным фоном или загрязненной в результате техногенных катастроф, а также за специалистами, подвергающимися облучению вследствие профессиональной деятельности. Известно, что на Земле существуют районы (например, в Индии, Китае, Бразилии), где естественный уровень радиации в десятки и даже сотни раз выше среднего. Состояние здоровья проживающих там людей, конечно же, привлекло внимание медиков.

За долгие годы наблюдений врачи не смогли выявить у них каких-либо отклонений от среднемировых показателей ни по раковым, ни по генетическим заболеваниям. Многолетние наблюдения за облученными в результате техногенной деятельности 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, в системе радиационной защиты была принята линейная беспороговая концепция, согласно которой любые дозы облучения способны вызывать отрицательные последствия. Оценка риска при этом заведомо завышена, но это оправданно, поскольку речь идет о здоровье людей.

Проблема выявления воздействия малых доз осложняется тем обстоятельством, что в нашей повседневной жизни действует множество факторов, которые вызывают схожие эффекты. С другой стороны, организм может отреагировать на одно и то же воздействие по-разному, в зависимости от того, какому еще воздействию он подвергается в тот же момент. Дело в том, что на человеческий организм малые дозы облучения (на уровне нескольких миллизиверт) оказывают слишком слабое воздействие по сравнению с другими факторами внешней среды.

Поэтому при прогнозе влияния малых доз радиации на организм человека нужно понимать, что речь идет не об оценке реального воздействия, которое практически невозможно достоверно выявить, а о перенесении данных, полученных для больших доз радиации, в область малых доз.

## Нормирование радиационного воздействия

Защита человека от 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 (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 (около 2 мЗв) в сутки 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 допущении о том, что отдаленные последствия облучения (рак, генетические нарушения) не имеют порога и могут проявиться при любой, даже самой малой дозе.

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

Следует добавить, что сами нормативы радиационной безопасности установлены по значительно более жестким критериям и с большим запасом, нежели нормативы для химических веществ. Тем не менее, эти нормативы периодически пересматриваются и ужесточаются, а Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) рекомендует максимально уменьшать реальное облучение человека ниже установленных пределов, пока это оправдано с социальной и экономической точек зрения.



В наши дни **основной предел дозы** дополнительного облучения **для населения** равен 1 мЗв/год, что сопоставимо с уровнем естественного фона. 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.

Допустимые нормы облучения человека на самом деле не отражают реальный риск возникновения отрицательных последствий, в частности, риск развития рака. Пределы облучения – это не граница, за которой наступает болезнь. Если смертельно 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. В случае превышения дозовых пределов возможно лишь некоторое увеличение риска, причем такое увеличение, если говорить о малых дозах, является теоретическим предположением. Вопросами нормирования ионизирующих излучений в России занимается Научная комиссия по радиационной защите, при этом отечественные нормативы соответствуют международным нормам.

## Основные документы, регламентирующие радиационное воздействие:

- Федеральный закон «О радиационной безопасности населения»;
- «Нормы радиационной безопасности» – НРБ-99.

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

- 1) Принцип нормирования, согласно которому не должны быть превышены допустимые пределы облучения граждан от всех источников излучения.
- 2) Принцип обоснования, запрещающий использование источ-

ников излучения, если вред, причиненный дополнительным облучением от этих источников, будет больше, чем польза от их использования для человека и общества.

**3)** Принцип оптимизации, то есть поддержание индивидуальных доз облучения и числа облучаемых людей на возможно низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов.

Несмотря на то, что основные последствия радиационных аварий обусловлены воздействием не радиационных, а иных факторов (в первую очередь – психологических и социальных), **права** лиц, которых коснулась авария, 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.



## II. Радиационные аварии и потенциальные источники опасности

### Возможность аварии

Существует законодательное определение **радиационной аварии**: это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, стихийными бедствиями, а также другими причинами, в результате чего могло произойти незапланированное облучение людей или радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Чаще всего радиационные аварии случаются при эксплуатации дефектоскопических установок и медицинских гамма-терапевтических аппаратов. Такие аварии в основном происходят из-за несоблюдения правил техники безопасности.

Вот некоторые примеры.

В 1983 году в Мексике источник, содержащий радиоактивный изотоп кобальта, попал в партию металлолома. Загрязненными оказались грузовик, перевозивший металлолом, обочины дорог, выплавленный металл. 10 человек были облучены в дозах, достаточных для проявления лучевой болезни, еще несколько сотен человек получили небольшие дозы.

В 1984 году в Марокко случайный прохожий подобрал и принес домой источник с радиоактивным иридием,



который использовался в гамма-дефектоскопическом аппарате для проверки сварочных швов на промышленной площадке и случайно выпал из крепления контейнера. В результате вся семья из 8 человек погибла от высоких доз облучения.

В 1987 году в Бразилии был размонтирован источник с цезием-137. Радиоактивное облучение стало причиной смерти четырех человек.

При развитии новых технологий обеспечение безопасности часто идет с запозданием; так было и на ранних этапах становления атомных технологий.

Уникальный опыт обеспечения безопасности накапливался постепенно, нередко в основе этого опыта лежали аварии. По мере развития системы безопасности совершенствовались, становились все более надежными, а число происшествий неуклонно снижалось.

Насколько безопасны **АЭС**? После Чернобыльской аварии стало почти аксиомой, что радиация – это нечто ужасное и каждый, кто подвергся ее воздействию, обречен. И хотя это не так, развитие атомной энергетики затормозилось на многие годы. С другой стороны, именно после Чернобыля всем аспектам безопасности атомных станций стало уделяться самое пристальное внимание. В результате



с 1986 года в мире накоплен опыт практически безаварийной эксплуатации АЭС. Можно сделать такое образное сравнение: огонь в очаге, мирно согревающий дом, может стать разрушительным из-за неосторожности или злого умысла,

поэтому с ним надо уметь обращаться. Технологические системы АЭС сконструированы таким образом, чтобы практически полностью исключить поступление радиоактивных веществ в окружающую среду, а возможные утечки свести до минимальных. Этим целям на атомных станциях служат специальные барьеры защиты. Во-первых, топливо находится внутри топливных стержней, чьи защитные оболочки не позволяют опасным продуктам выйти наружу. Следующий защитный барьер – это корпус реактора и система трубопроводов. И, наконец, защитная оболочка уже над корпусом реактора (оболочка безопасности), обычно выполняемая из железобетона.

В наши дни требования к безопасности настолько высоки, что вероятность крупной аварии реактора, которая может привести к гибели людей от облучения, не превышает одного случая за миллион лет эксплуатации. Этот срок в 20 тысяч раз больше, чем средний срок эксплуатации современных реакторов. Чтобы лучше оценить эти цифры, можно представить, что заводская гарантия безотказной работы двигателя автомобиля составляет не 100 тысяч километров пробега, а два миллиарда.

Заметим, что какой бы низкой не была вероятность аварии, 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 (после девятьсот девяносто девятого) 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. Если доставать из мешка шарики, то вероятность вытащить черный —  $1/1000$ ; однако этот черный шарик может попасться при любой попытке. Если событие наступило, то для его последствий уже не имеет значения, было ли оно одним из всего двух возможных или одним из миллиона.

**Радиоактивные отходы** — вещества с повышенным содержанием радиоактивных элементов, которые не предназначены для дальнейшего использования. В первые годы развития атомной энергетики проблеме радиоактивных отходов не уделялось должного внимания. Следствием этого явилось накопление большого количества отходов.

При использовании современных технологий надежная изоляция радиоактивных отходов не представляет проблемы. 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. При захоронении отходов основными защитными барьерами являются геологическая формация (используются природные свойства горных



пород), физико-химическая форма отходов (отходы переводятся в более безопасную форму путем остекловывания, цементирования и др.) и герметизирующие свойства контейнеров.

В результате работы атомных реакторов образуется **облученное (или отработанное) ядерное топливо**. Оно содержит радиоактивные элементы, которые могут быть извлечены и возвращены в ядерный цикл. Другая часть элементов представляет собой радиоактивные отходы.

## Классификация радиационных аварий

Волнение на море измеряется в баллах; при волнении 1–2 балла купание относительно безопасно, а вот при шторме в 5 баллов заходить в воду не рекомендуется никому. Для землетрясений используется шкала Рихтера, позволяющая оценить его силу в баллах. Так и для радиационных аварий: МАГАТЭ установило шкалу из 7 категорий радиационных инцидентов и аварий (**ИНЕС**) по степени их опасности для персонала, населения и окружающей среды. Кроме того, для описания незначительных отклонений в работе АЭС, не имеющих значения для безопасности, используют такую характеристику, как «нулевой уровень»; говорят также и о происшествиях, лежащих «ниже значений шкалы», или «вне шкалы».

1-й и 2-й уровни считают событиями, важными для безопасности; однако такие нарушения не ведут к радиоактивному загрязнению и не представляют какой-либо опасности для населения и окружающей среды.

Собственно авариями нарушения могут считаться, начиная с 3-го уровня (серьезный инцидент), когда возможен выброс радиоактивности за пределы площадки. К таким относится авария на Сибирском химическом комбинате в Томске в 1993 году, когда в результате разрушения одного из технологических аппаратов произошло радиоактивное загрязнение производственных помещений, промышленной площадки самого завода и промышленных площадок, расположенных рядом с ним. Облучения персонала и населения в дозах, превышающих допустимые уровни, не было.

Авария 4-го уровня произошла в 1999 году в Японии: на предприятии возникла неуправляемая цепная реакция, произошел незна-

чительный выброс радиоактивности на территории предприятия; двое рабочих, оказавшихся виновниками аварии, скончались.

К авариям 5-го уровня относится тяжелая авария с расплавлением активной зоны реактора, которая произошла на АЭС Три-Майл-Айленд в США в 1979 году. Защитная оболочка реактора при этом не разрушилась, и выброса радиоактивности за ее пределы не было. Однако ввиду серьезности ситуации и для предотвращения возможных последствий была проведена временная эвакуация людей. Этот случай показал, что

даже тяжелая авария (с расплавлением активной зоны) не повлекла за собой отрицательных последствий для здоровья населения и окружающей среды, поскольку сработала система защитных барьеров. Меры защиты населения, принимаемые в таких случаях, часто являются предупредительными и ставят цель исключить любую возможную опасность для людей.

В 1957 году произошли сразу две аварии, которые соответствуют 6-му уровню. На заводе Уиндскейл в Великобритании произошел пожар на реакторе, служащем для наработки оружейного плутония; радиоактивное облако достигло Европы. В России, на Южном Урале, произошла авария на ПО «Маяк» – взрыв емкости-хранилища радиоактивных отходов. На основе оценок дозы облучения было принято решение об эвакуации и отселении почти 11 тысяч человек. Загрязненная территория получила название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС).

К самому тяжелому, 7-му уровню, относится авария на Чернобыльской АЭС 1986 года, когда произошел взрыв и пожар на четвертом блоке. Более 300 человек из персонала станции и пожарных облучились



Шкала ИАЭС

в больших дозах, 134 человека получили острую лучевую болезнь, вскоре после аварии 28 из них скончались. В результате аварии оказались загрязненными обширные районы Белоруссии, Украины; в России загрязнение затронуло часть территорий Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей. Благодаря защитным мерам, включая эвакуацию, дозы дополнительного облучения населения в основном не достигли опасного уровня. Но нельзя не сказать и об ошибках: из-за несвоевременной и плохой организации защитных мероприятий в первый месяц после аварии дозовая нагрузка на щитовидную железу от радиоактивного йода оказалась высокой, а характерная для этих регионов йодная недостаточность стала тем фактором, который усилил отрицательные последствия облучения.

Считается, что отдаленные **последствия радиационных аварий** могут затронуть большое число людей. Однако это не совсем так. Радиоактивное загрязнение действительно может охватывать значительные территории, как это было в случае Чернобыля. Однако, в отличие от других промышленных и транспортных аварий, радиоактивное загрязнение не приводит к непосредственной гибели большого числа людей. К примеру, при взрыве нефтепровода в Башкирии в июне 1989 года погибли 760 человек, при крушении парома «Эстония» в сентябре 1994 года — около 900 человек, химическая авария в Бхопале (Индия, 1984) сразу унесла жизни 2 тысяч человек, а за последующие 10 лет умерло еще 20 тысяч, всего же число пострадавших при этой аварии — до 200 тысяч человек.

Для сравнения напомним, что среди тех, кто пережил атомную бомбардировку в Японии, дополнительная смертность от всех видов радиационного рака за 50 лет составила 420 случаев, или 1 случай на 200 человек.

Чернобыльская авария стала практически наихудшим вариантом ядерной аварии на реакторе: разрушен реакторный блок, расплавлена активная зона, в окружающую среду выброшены десятки миллионов кюри радиоактивных веществ. Но при всем этом только в отношении рака щитовидной железы отмечено существенное повышение заболеваемости. По остальным же показателям состояние здоровья населения пострадавших районов ничем не отличается от других районов России. Показатели смертности ликвидаторов также не отличаются от таких же для мужского населения страны. Что же

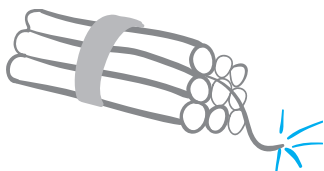
касается разговоров о рождении чудовищных монстров или мучительной смерти тысяч ликвидаторов от лучевой болезни, то это из области фантазий, на практике такое просто невозможно.

## Ядерный и радиационный терроризм

В кинобоевиках сюжет с бандитами, захватившими ракеты с ядерными боеголовками и шантажирующими правительства, обыгрывается довольно часто; в реальной же жизни охрана таких объектов обеспечена надежно. Кроме того, взорвать похищенную бомбу совсем не просто: современные боезаряды имеют много степеней защиты (специальные предохранители, кодовые устройства и т.д., «взломать» которые едва ли удастся даже злоумышленнику с хорошей технической подготовкой). **Ядерный терроризм** (то есть использование в преступных целях ядерных материалов, способных вызвать цепную реакцию) в большой степени представляет опасность как средство шантажа, рассчитанное на создание страха и паники.

Иное дело **радиационный терроризм**, который, к сожалению, гораздо более реален. Террористы пугают людей применением так называемой «грязной» бомбы — взрывного устройства, начиненного не гайками и болтами, а радиоактивными веществами, которые после взрыва рассеются. Взрыв «грязной» бомбы, скорее всего, не приведет к большому числу «радиационных» жертв (тротил, определяющий силу взрывного устройства, может нанести больший ущерб, чем радиационная составляющая).

В настоящее время на международном уровне предпринимаются серьезные меры по контролю за ядерными и радиационными материалами; разработана специальная система учета, отслеживающая все их перемещения.



### III. Как осуществляется контроль за радиационной обстановкой

Мы чувствуем температуру, ощущаем влажность, различаем громкость звуков и яркость света. Но радиацию мы не воспринимаем органами чувств, действие излучения можно уловить лишь с помощью специальных приборов – дозиметров.

Все атомные станции России имеют системы **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 и более километров вокруг станции. В населенных пунктах, расположенных вблизи АЭС, информационные табло, входящие в систему АСКРО, показывают уровень радиационного фона в режиме реального времени.

Радиационный мониторинг территорий проводится в автоматическом режиме. Датчики проводят измерения в ежеминутном интервале, накапливают результат и каждый час передают информацию на центральный пункт АСКРО на АЭС.

При нормальном режиме эксплуатации работа АЭС никак не обнаруживается на датчиках, данные АСКРО отражают лишь небольшие колебания естественного фона. В аварийной же ситуации при повышении радиационного фона оперативное получение данных позволяет оценить радиационную обстановку, дать прогноз

развития ситуации, определить необходимые меры для защиты населения.

При превышении фонового уровня в 30-километровой зоне наблюдения на 0,1 мкЗв/час будет дан сигнал «Аварийная готовность». Если мощность дозы составит 20 мкЗв/час, то должны вступить в действие аварийные планы, а ситуация уже будет характеризоваться 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, и в Ситуационно-кризисный центр Федерального агентства по атомной энергии.

Системой АСКРО охвачены и многие другие предприятия ядерного комплекса. Информация о текущем состоянии радиационной обстановки находится в свободном доступе. Кроме того, АСКРО предприятий атомной отрасли — это не единственный источник данных о радиационной ситуации. Во многих регионах созданы свои системы контроля радиационной обстановки. Эти системы постепенно объединяются, и в конечном итоге будет создана Единая государственная система автоматизированного контроля радиационной обстановки.

Дополнительный радиометрический контроль осуществляется различными ведомствами. Постоянный контроль радиационной обстановки на территории Российской Федерации ведут службы Росгидромета, Роспотребнадзор контролирует содержание радионуклидов в продуктах питания, предметах потребления. Ветеринарными и агрохимическими лабораториями осуществляется контроль содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Санитарные правила и

Единица измерения	Показания дозиметра		
	Все в порядке, поводов для беспокойства нет	Необходимо обратиться за информацией	Возможна аварийная ситуация
мкЗв/час	0,1–0,5	0,5–1,2	Свыше 1,2
мкР/час	10–50	50–120	Свыше 120
мкрад/час	10–50	50–120	Свыше 120
мкбэр/час	10–50	50–120	Свыше 120

нормы содержат строгие требования, призванные защитить здоровье населения.

Сегодня каждый может купить себе дозиметр; сейчас их предлагается множество. О единицах измерения дозы, о том, что представляет собой естественный радиационный фон и о том, какие факторы вносят свой вклад в облучение человека, уже рассказывалось выше. А для того чтобы показания дозиметра стали такими же понятными, как, например, комнатного термометра или барометра, мы привели простейшую таблицу. В ней одни и те же значения приводятся как в стандартных, так и в устаревших, но для многих более привычных единицах.



## IV. Если произошла радиационная авария

В нашей стране действует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Ее цель – объединение усилий всех органов власти, организаций, учреждений и предприятий, их сил и средств в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий. В нее входят отраслевые системы, в том числе отраслевая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах атомной промышленности (ОСЧС). Соответствующие комиссии и структуры созданы и в организациях, в том числе, в концерне «Росэнергоатом» – организации, эксплуатирующей все российские АЭС.

В региональных органах РСЧС имеются четкие аварийные планы, которые вступают в действие при возникновении нарушений в работе атомных станций и других радиационно опасных объектов.

Согласно шкале ИНЕС, происшествия нулевого («вне шкалы»), первого и второго уровней не имеют никаких последствий для населения; тем не менее, обо всех таких происшествиях сообщается средствам массовой информации. Обязательно приводятся данные о радиационном фоне, который при таких происшествиях, как следует из их классификации, останется в пределах нормы, в чем общественность может убедиться.

В более серьезных ситуациях, если возникает угроза облучения населения, принимаются решения о необходимых мерах радиационной защиты, эти меры зависят от величины прогнозируемых доз. Самое

главное в тяжелых случаях — не допустить переоблучения людей и предотвратить загрязнение территории.

Радиационная защита при аварии должна обеспечить предотвращение возникновения детерминистских (предопределенных) эффектов облучения и свести к минимуму возможность наступления отдаленных последствий облучения, в том числе, онкологических заболеваний.

## Как узнать о радиационной аварии и о том, что нужно делать



Закон «О радиационной безопасности населения» обязывает организации, работающие с источниками излучений, в случае радиационной аварии проинформировать органы государственной власти, а также органы местного самоуправления и население территорий, на которых возможны повышенные дозовые нагрузки. Обязательное информирование населения о радиационных авариях и состоянии радиационной обстановки предусмотрено законодательством Российской Федерации.

**Оповещение населения** в случае возникновения угрозы здоровью является неотъемлемой составной частью аварийных планов. Основной способ оповещения — местное радио и телевидение, специальные сирены.

Периодически жителей районов, расположенных неподалеку от атомных станций или предприятий, имеющих исследовательские реакторы, будоражат слухи о радиационной аварии. За многие годы замалчивания информации у населения появился страх — не скрывают ли и в этот раз правду о происшествии, ведь после Чернобыльской аварии об истинных масштабах ее узнали с опозданием. С недоверием бороться трудно: аргументов против «не верю» не найти.

Попробуем оценить ситуацию, что называется, «от обратного». Представим себе, что произошла серьезная радиационная авария с радиоактивным загрязнением территории, а руководитель предприятия пытается скрыть это. Подобные действия ответственных лиц не только преступны, но и бессмысленны, поскольку факт радиационной аварии очень скоро будет обнаружен, и о повышении уровня радиации неизбежно станет известно. Для этого существуют АСКРО; для этого производится контроль радиационной обстановки службами Росгидромета и санитарно-эпидемиологического надзора. Более того, действительные уровни радиации покажут дозиметры, которые имеются у представителей экологических организаций и у населения. Поэтому самый простой совет тем, кто боится быть обманутым, — купить дозиметр.

Самое главное – внимательно выслушать передаваемые сообщения: в них будет указано, что делать и как защитить себя и свою семью. Если вам что-то непонятно или вы не можете выполнить рекомендации, дозвонитесь по телефону до дежурных МЧС, в местные органы власти.



Может случиться, что по некоторым причинам вы не смогли получить своевременной официальной информации об аварии, поскольку находились на даче, в лесу, на рыбалке. Увидев первые признаки незнакомой ситуации (например, знак радиационной опасности на дороге) или услышав об аварии, необходимо сохранять спокойствие. Лучше оставаться в помещении, а если новость застала вас на улице – добраться до места, где можно получить более детальную информацию. Детей, находящихся на улице, надо позвать домой. В детских учреждениях – школах, детских садах и т.д. персонал будет проинструктирован о том, что надо делать в каждом конкретном случае. Следует включить радио, телевизор. Если в доме есть компьютер и вы хотите получить больше информации, а также узнать, что сообщают СМИ – воспользуйтесь интернетом.

Еще раз напомним: если произойдет радиационная авария, о ней незамедлительно будет сообщено. За утаивание информации об авариях на объектах использования атомной энергии предусмотрена строгая ответственность. Информация о любых, даже незначительных, нарушениях в работе АЭС и других предприятий атомной промышленности является открытой. вы можете получить ее, зайдя на официальные сайты концерна «Росэнергоатом» ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru)) и Федерального агентства по атомной энергии ([www.minatom.ru](http://www.minatom.ru)).

## О мерах защиты при нахождении на загрязненных территориях

Что может произойти в результате радиационной аварии:

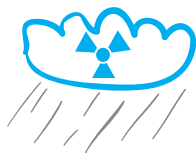
- Образование радиоактивного облака; в этом случае опасность представляет внешнее облучение во время его прохождения, поступление радиоактивных веществ в организм человека вместе

с вдыхаемым воздухом и радиоактивное загрязнение одежды и кожных покровов.

→ Радиоактивное загрязнение территории и помещений в результате осадения или механического переноса радиоактивных веществ; факторами опасности будут внешнее облучение при нахождении на загрязненном участке, загрязнение продуктов питания и образование радиоактивной пыли.

→ Загрязнение поверхностных вод вследствие непосредственного поступления радиоактивных веществ в водоем или их осадения при прохождении радиоактивного облака. В результате может быть опасным пребывание на водоеме и использование воды.

→ Потеря контроля над источником: может случиться, что источник радиоактивного излучения окажется «бесхозным». Главное – не приближаться к нему и, разумеется, не брать в руки. Этого вполне достаточно, чтобы избежать неблагоприятных для здоровья последствий.

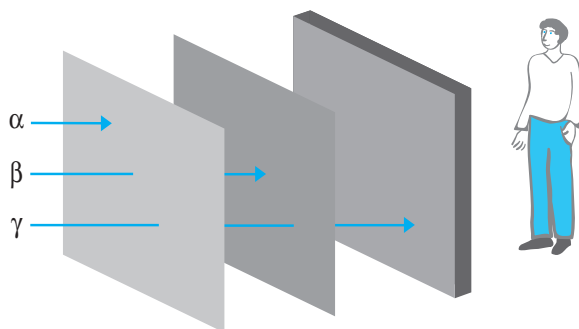


В зависимости от характера аварии радиоактивные вещества могут быть в различных формах: в виде газа или аэрозолей (мелких частиц, которые осаждаются во время прохождения облака).

Состав радиоактивных веществ также может очень сильно различаться. В простом случае, если разрушен изотопный источник, это один или несколько радиоактивных изотопов, свойства которых, в том числе период полураспада, хорошо известны специалистам. В более сложном случае, например, при аварии на действующем ядерном реакторе, среди радиоактивных веществ, поступивших в окружающую среду, могут оказаться десятки радионуклидов. Большинство из них имеет очень короткий период полураспада: минуты, часы и дни. Именно за это время их радиоактивность снижается вдвое. Для некоторых же период полураспада составляет десятки лет (например, для радиоактивного цезия). Чем больше времени прошло с момента радиоактивного загрязнения, тем меньше интенсивность излучения. Самыми опасными являются первые дни и недели, а затем ситуация будет постепенно улучшаться.

Все радионуклиды имеют одно общее свойство — они распадаются. При распаде ядер высвобождается энергия, как правило, в виде гамма-квантов и бета-частиц; при делении некоторых ядер выделяются альфа-частицы. Все они могут иметь разную энергию и, как следствие этого, разную проникающую способность. 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.

**То есть от излучения можно защититься благодаря экранированию:**



Естественно, что можно защититься и от радиоактивных веществ, поступающих с вдыхаемым воздухом, водой и пищей. В зависимости от того, в какой форме попали радионуклиды в организм человека (нерастворимой или растворимой), они либо выводятся из организма, либо накапливаются в органах и тканях человека. Некоторые из них имеют специфические особенности поведения в организме человека. Среди них в первую очередь необходимо отметить радионуклиды **йода**. Йод жизненно необходим человеку: при его недостатке возникают тяжелые заболевания, а человеческий организм устроен так, что йод хорошо усваивается им и сосредотачивается в **щитовидной железе**. При этом организм не различает, какой это йод — стабильный или радиоактивный. Эту принципиальную особенность очень важно знать при аварии на действующих ядерных установках: при делении ядер урана образуется достаточно много радиоизотопов йода.

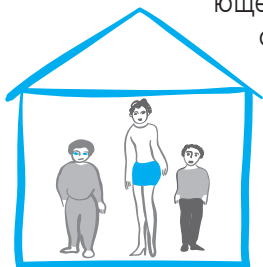
В случае аварии радиоактивный йод может попасть в окружающую среду и в организм человека, что может вызвать заболевания щитовидной железы. Поэтому одна из первых мер защиты в случае аварии — **йодная профилактика**. Решение о проведении йодной профилактики принимается местными подразделениями МЧС и ГО и доводится до сведения населения.



Йодид калия детям старше 2 лет и взрослым следует принимать по 0,125 г, а детям до 2 лет — по 0,04 г один раз в день после еды, запивая киселем, чаем или водой. Водно-спиртовой раствор йода (5%) дети старше 2 лет и взрослые могут употреблять 3 раза в день после еды, по 3–5 капель на стакан молока или воды, а доза для детей до 2 лет — 1–2 капли на 100 мл молока или питательной смеси. Йодную профилактику проводят в течение 7 дней. Следует иметь в виду, что беременным женщинам вместе с препаратами, содержащими йод, необходимо принимать перхлорат калия (0,75 г), чтобы избежать возможности отрицательного действия йода на плод.

Защитить щитовидную железу помогут таблетки, содержащие йод. В домашней аптечке желательно иметь необходимые и вполне доступные лекарства — йодид натрия или калия, йодактив, йодомарин. Их надо принимать сразу же, как только стало известно об аварии, до поступления радиоактивного йода (тогда защита будет обеспечена на 98%), в противном случае — как только это станет возможным. Эффективность йодной профилактики со временем становится ниже и спустя 4–6 часов составит 50%. Ну а если таблеток под рукой не оказалось, можно принять несколько капель обычного спиртового раствора йода, растворенного в воде или молоке, или нанести на кожу йодную сетку 10x10 см.

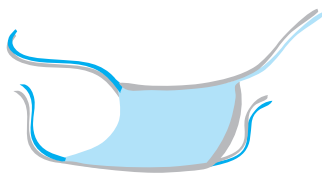
В начальной фазе аварии радиационная обстановка может быстро меняться. Наиболее опасен момент прохождения радиоактивного облака. Для защиты в этот период применяется **укрытие**, то есть нахождение в помещении, изолированном от окружающей среды. Если по радио или иным средствам связи сообщили, что нужно пройти в ближайшее убежище — пройдите туда. Оказавшись в убежище, соблюдайте правила поведения и неукоснительно выполняйте распоряжения старших.



Если нет времени или возможности укрыться в специально оборудованном убежище,

обычный жилой дом также обеспечит надежную защиту и многократное снижение доз облучения. Не надо волноваться; плотно закройте двери, окна и форточки, чтобы не допустить попадания внутрь дома радиоактивной пыли. Еще лучше, если в доме есть изолированные помещения без окон – укройтесь в них. На улице лучше не выходить, но если этого потребует обстановка, необходимо применить **меры индивидуальной защиты**. Придя с улицы, следует умыться и переодеться.

Защитить **кожу** поможет обычная одежда, прикрывающая открытые участки тела. Для защиты рук можно использовать перчатки и рукавицы, а для защиты ног – резиновые сапоги, любую закрытую обувь. Женщинам лучше надеть брюки. Если случилось так, что участки кожи, волосы оказались незащищенными и подверглись радиоактивному загрязнению, необходимо промыть их водой с мылом или шампунем.



Если нет противогаза или респиратора, для защиты **органов дыхания** можно самостоятельно сделать тканевые маски или ватно-марлевые повязки. А если происшествие застало вас на улице, надо прикрыть нос и рот носовым платком или куском плотной ткани.

Чтобы избежать попадания радионуклидов в организм с продуктами питания, не следует принимать пищу на открытом воздухе.

Укрытие не может продолжаться долго – это несколько часов, максимум сутки. За это время будет уточнена радиационная обстановка и будут даны рекомендации о дальнейших действиях. Предпринимать самостоятельные действия в этот период нецелесообразно и опасно. Не зная радиационной обстановки, при выходе из дома вы можете оказаться на наиболее загрязненных участках.

Скорее всего, спустя короткое время можно будет покинуть укрытие и вести **привычный образ жизни**.

Однако может случиться и так, что будет принято решение об **эвакуации**. Такое решение принимается в соответствии с критериями, которые гарантированно обеспечивают безопасность. Тем не менее, эвакуация означает, что ситуация действительно серьезная и нужно

вести себя максимально организованно. В объявлении об эвакуации будет сказано о месте сбора, о маршруте, даны необходимые указания. Если вы находитесь дома, то получив указание об эвакуации, следует быстро и без паники взять с собой документы, деньги, минимум необходимых вещей, выключить свет, газ, закрыть квартиру и в нужное время прибыть на пункт сбора. Если вы уже находитесь в убежище, то нужно посоветоваться с ответственным руководителем – возможно, придется обойтись и без документов.

При эвакуации транспортом подготовленные вещи и продукты можно укладывать в чемоданы, сумки или рюкзаки; они не должны быть слишком тяжелыми, однако надо пред-



усмотреть все необходимое, учесть погоду. Не будет лишней небольшая аптечка, а из продуктов лучше взять то, что не испортится скоро, и не забыть о питьевой воде.

Если расстояния невелики и предстоит эвакуация пешком, вещи лучше уложить в рюкзак. Обувь должна быть удобной и соответствовать сезону. 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 окажется опасным для здоровья, производится **переселение** жителей в благополучные районы. Может случиться и так, что после радиационной аварии дозы дополнительного облучения будут невысокими и переселения не потребуются, однако для того чтобы не допустить отрицательных последствий для здоровья, возникнет необходимость в соблюдении простейших правил.

Расчеты, сделанные на основе измерений загрязненности местности радионуклидами, позволяют оценить дозу облучения населения. В зависимости от возможной накопленной дозы, загрязненные территории делятся на зоны. Например, при загрязнении радиоактивным цезием  $15 \text{ Ки/км}^2$  средняя годовая доза может составить  $1,5 \text{ мЗв}$ , а уровень загрязнения в  $40 \text{ Ки/км}^2$  соответствует средней дозе  $4 \text{ мЗв}$  в год.

У специалистов СЭС можно получить информацию об уровнях облучения. Дозиметрические данные крайне необходимы для того,

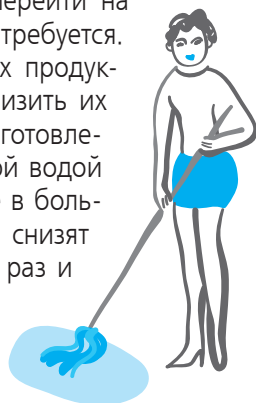
чтобы выбрать правильные меры защиты. Радиоактивные осадки обычно выпадают неравномерно, образуя «пятна». Надо выяснить у дозиметристов, есть ли такие пятна на Вашем участке, пострадал ли колодец. Надо знать, можно ли купаться в речке, в какие леса лучше не заходить, на каких пастбищах выпасать скот. Если имеются данные о радиоактивном загрязнении леса, речки — желатель- но воздержаться от прогулок и купания. В то же время пребывание на природе полезно для здоровья, и необоснованное ограничение пользы не принесет. На пунктах контроля, в СЭС надо обязательно измерять содержание радионуклидов в продуктах, пойманной в реке рыбе, собранных в лесу ягодах и грибах.



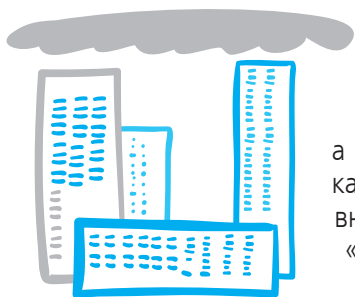
В быту лучшей защитой будет соблюдение самых обычных мер гигиены: надо вытирать ноги при входе в дом о влажный коврик, не ходить по улице в домашней обуви, чистить верхнюю одежду. И конечно, надо чаще делать влажную уборку.

После аварии радиоактивные частицы выпадают на почву, поверхности водоемов. На этой почве вырастают растения, в которых, благодаря процессам миграции по биологическим цепям, содержатся 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.

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 требуется. Для полноценного питания нужно знать, в каких продуктах могут накапливаться радионуклиды и как снизить их содержание. Нехитрые приемы обработки и приготовления продуктов (например, промывание проточной водой перед приготовлением, вымачивание, кипячение в большом количестве воды, которую потом сливают) снизят содержание радионуклидов в пище в несколько раз и помогут избежать нежелательных последствий.



В **городских условиях** есть свои особенности. Из-за большой плотности населения радиоак-



тивное загрязнение затрагивает большее число людей. С другой стороны, население питается в основном продуктами, покупаемыми в магазинах, а не выращенными на собственных участках. Это позволяет резко ограничить дозу внутреннего облучения, обусловленную «пищевым» путем.

Отличительной чертой городов является высокий уровень загрязнения окружающей среды, обусловленный нерадиационными факторами. Он связан, в основном, с деятельностью промышленных предприятий, выбросами автотранспорта. Риск для здоровья от нерадиационных факторов может в сотни раз превышать риск радиационный, поэтому снижение загрязнения окружающей среды 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 за состоянием здоровья поможет своевременно выявить (и успешно вылечить) не только заболевания, связанные с возможными последствиями облучения, но и болезни, возникновение которых не обусловлено радиацией.

Итак, если произошла радиационная авария, надо твердо знать, что будут **приняты все необходимые меры для защиты населения**. Ни в коем случае не следует поддаваться панике или принимать лекарства, которые «помогли» родственнице подруги вашей соседки «в прошлую аварию». Помните, что гипертонический криз от ненужного стресса или отравление лекарствами (в том числе, передозировка йодных препаратов) сами по себе опасны.

Будет ошибкой впасть в другую крайность и полностью игнорировать требования безопасности. Надо следовать рекомендациям, которые даются специалистами, слушать объявления, обязательно обращать внимание на предупредительные знаки, не заходить на загрязненные участки, соблюдать рекомендуемые меры безопасности. **Любые, даже неполные меры защиты – это лучше, чем полное отсутствие всякой защиты.**

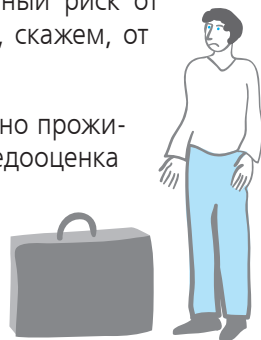
## Целесообразность мер защиты

Необходимо различать две разные ситуации: острый период, следующий непосредственно за радиационной аварией, и последующее проживание на загрязненных территориях. В обоих случаях характер и объем защитных мероприятий определяются возможными последствиями облучения. Эффективность защитных мер должна рассматриваться с учетом следующих факторов: предотвращенная доза, стоимость защитных мер, социальные последствия и т.д. Конкретные меры принимаются в зависимости от степени тяжести аварии и должны быть оптимизированы таким образом, чтобы защитные мероприятия приносили больше пользы, чем вреда.

Например, решение об отселении не будет оправданным, если после переезда пострадает здоровье от смены привычной обстановки, потери работы, изменения привычного уклада жизни; не исключено, что на новом месте повысится риск заболеть из-за действия каких-либо местных факторов. Массовое переселение может стать причиной сокращения продолжительности жизни, в том числе, за счет онкологических заболеваний: переселение людей при среднем возрасте 35 лет может отнять до 8 лет полноценной жизни из-за изменения уклада жизни, ухудшения самочувствия, стресса. К такому снижению продолжительности жизни облучение от проживания на загрязненной территории не приведет.

Больше вреда, чем пользы могут принести и необоснованные пищевые ограничения. Например, даже если люди случайно употребят в пищу небольшое количество «грязных» грибов, это практически не приведет к повышению риска, так как полученная доза будет ничтожно мала. В любом случае дополнительный риск от употребления таких грибов будет меньше, чем, скажем, от алкоголя или курения.

Уровни облучения на территориях, где разрешено проживание, не представляют угрозы для здоровья. Недооценка риска опасна, но не менее опасна и его переоценка. Известно, что стресс является причиной многих болезней, снижает общую сопротивляемость организма. Поэтому страх перед радиацией либо каким-то иным фактором,



приводящий к стрессу, может представлять бóльшую опасность для здоровья, чем сам этот фактор.

Разумные социальные и экономические меры не в меньшей степени, чем медицинские, способны свести к минимуму отрицательные последствия радиационных аварий. Считается, что состояние здоровья человека примерно на 15% зависит от наследственности, на столько же – от состояния окружающей среды; самая большая зависимость существует от образа жизни – 60%, еще 10% дает

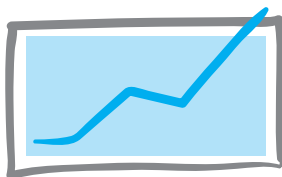


состояние здравоохранения. Поэтому снизить общий риск для здоровья можно и за счет уменьшения действия других факторов риска.

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. Кроме того, возможности человека по сохранению своего здоровья напрямую связаны с уровнем жизни. Именно поэтому во главу угла должны быть поставлены не только собственно медицинские мероприятия,

но и экономическое развитие региона, создание новых рабочих мест, повышение уровня доходов населения.



Где можно получить необходимую информацию о деятельности предприятий атомной промышленности и по вопросам безопасности атомной энергетики?

**Интернет-сайт Федерального агентства по атомной энергии РФ:**

[www.minatom.ru](http://www.minatom.ru)

**Интернет-сайт концерна «Росэнергоатом»:**

[www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru)

**Интернет-сайт Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС):**

[www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)

**Интернет-сайт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет):**

[www.meteorf.ru](http://www.meteorf.ru)

**Интернет-сайт Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН:**

[www.ibrae.ac.ru](http://www.ibrae.ac.ru)

Иллюстрации выполнены В. С. Айвазян.  
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 148×210. Гарнитура «FreeSet». Печать офсетная  
Уч.-изд. л. 2,8. Усл. печ. л. 2,7. Тираж 500