



*Чернобыльская  
радиация*

*в вопросах  
и ответах*

# Чернобыльская радиация в вопросах и ответах

Москва  
2005

**Чернобыльская радиация в вопросах и ответах**  
М.: Изд. «Комтехпринт», 2005. 32 с.

Брошюра адресована сотрудникам центров социально-психологической реабилитации населения, специалистам государственных органов и органов местного самоуправления, учителям и преподавателям, то есть всем тем, кто в той или иной мере обсуждает вопросы чернобыльской радиации и нуждается в информации по этому вопросу.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>Термины и определения</b> .....                             | 4  |
| <b>Введение</b> .....  | 5  |
| <b>Раздел 1. Чернобыльская авария – как это было</b> .....     | 6  |
| 1.1 Хроника Чернобыльской аварии.....                          | 6  |
| 1.2 Как проходила ликвидация аварии на Чернобыльской АЭС ..... | 8  |
| 1.3 Радиоактивные выбросы Чернобыльской АЭС .....              | 10 |
| 1.4 Радиационное загрязнение территорий.....                   | 12 |
| <b>Раздел 2. Радиация и риск</b> .....                         | 14 |
| 2.1 Природные и техногенные источники радиации .....           | 14 |
| 2.2 Малые и большие дозы облучения .....                       | 16 |
| 2.3 Радиационные нормы.....                                    | 18 |
| 2.4 Радиационный риск.....                                     | 20 |
| <b>Раздел 3. Чернобыль и радиация</b> .....                    | 22 |
| 3.1 Поступление радиоактивного йода.....                       | 22 |
| 3.2 Дозы облучения населения.....                              | 24 |
| 3.3 Безопасное проживание на загрязненных территориях.....     | 26 |
| 3.4 Медицинские последствия Чернобыля .....                    | 28 |
| 3.5 Чернобыльский форум.....                                   | 30 |
| 3.6 Уроки Чернобыля .....                                      | 32 |

## Термины и сокращения

| Термин           | Единицы измерения  |                    | Соотноше-<br>ние<br>единиц     | Определение  |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--|
|                  | В системе СИ       | В старой системе   |                                |  |
| Активность       | Беккерель, Бк      | кюри, Ки           | 1 Ки = 37 x 10 <sup>9</sup> Бк | число радиоактивных распадов в единицу времени                               |
| Мощность дозы    | зиверт в час, Зв/ч | рентген в час, Р/ч | 1 мкР/ч = 0,01 мкЗв/ч          | уровень излучения в единицу времени  |
| Поглощенная доза | грей, Гр           | радиан, рад        | 1 рад = 0,01 Гр                | количество энергии ионизирующего излучения, переданное определенному объекту |
| Эффективная доза | Зиверт, Зв         | рем                | 1 рем = 0,01 Зв                | доза облучения, учитывающая различную чувствительность органов к радиации    |

м (милли-) одна тысячная часть (10<sup>-3</sup>)

мк (микро-) одна миллионная часть (10<sup>-6</sup>)

Пример: 1 рентген = 1 000 миллирентген = 1 000 000 микрорентген

Беккерель – это очень маленькая величина по сравнению с кюри (1 Ки = 37 x 10<sup>9</sup> Бк). Беккерель обычно используется для измерения содержания радионуклидов в воде, воздухе, продуктах и материалах. Для плотности загрязнения почв более привычным является кюри.

Плотность загрязнения почв в разных единицах измерения

| кюри на км <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> ) | килобеккерель на м <sup>2</sup> (кБк/м <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| 1   | 37  |
| 5   | 185   |
| 15  | 555   |
| 40  | 1480  |

Зиверт (Зв) – это достаточно большая величина, более употребимым для измерения дозы облучения является миллизиверт (мЗв), или одна тысячная доля Зиверта. 1 Зв = 1000 мЗв.

При измерении радиационного фона привычным для нас является микрорентген в час (мкР/ч), но в системе СИ фон измеряется в микрозивертах в час (мкЗв/ч). Зная соотношение рентгена и зиверта как 100:1, можно перевести радиационный фон из одной единицы в другую: 10 мкР/ч = 0,1 мкЗв/ч.

## Введение

Чернобыльская авария продолжает присутствовать в жизни сотен тысяч жителей России как часть их прошлого и настоящего. Сегодня информация о Чернобыле и его последствиях, несмотря на большое число имеющихся научных и популярных изданий, необходима и актуальна для многих людей.

Представление и обмен информацией стало целью международной инициативы – создания Международной исследовательской и информационной сети по вопросам Чернобыля. В 2003-2004 годах в рамках этой инициативы в 4-х областях России, наиболее затронутых Чернобыльской аварией, было проведено исследование потребностей населения в информации о последствиях аварии. На вопрос, какая нужна информация не дошла до жителей, многие отвечали, что ими не получена информация о влиянии радиации на здоровье, радиационном фоне, опасных уровнях радиации. Во многих ответах люди просто указывали, что не получили правдивой и достоверной информации.

Настоящая брошюра ставит целью представить информацию по некоторым вопросам, задаваемым жителями. В брошюре приведены основные сведения, связанные с Чернобыльской аварией и радиационным риском в целом. Каждой теме посвящен один разворот страницы: слева дана краткая информация, включающая цифры и факты, а справа – ответы на часто задаваемые вопросы.

Брошюра адресована сотрудникам центров социально-психологической реабилитации населения, специалистам государственных органов и органов местного самоуправления, учителям и преподавателям, то есть всем тем, кто в той или иной мере обсуждает вопросы чернобыльской радиации и нуждается в информации по этому вопросу.

Брошюра подготовлена в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН). Авторы брошюры – старшие научные сотрудники ИБРАЭ РАН И.Л.Абалкина и С.В.Панченко – выражают надежду, что смогли дать ответы хотя бы на некоторые вопросы, волнующие жителей территорий, затронутых аварией на Чернобыльской АЭС.

## Раздел 1. Чернобыльская авария – как это было

### 1.1 Хроника Чернобыльской аварии

26 апреля 1986 года в 01:24 на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС произошла самая крупная авария в истории атомной энергетики. Аварии предшествовали определенные события: был запланирован эксперимент, для проведения которого 4-й энергоблок с номинальной мощностью в 3200 мегаватт (МВт) тепловой энергии должен быть выключен из энергосети, а его мощность снижена до 700-1000 МВт. Краткая хронология событий приведена ниже.

25 апреля 1986 года

|       |   |
|-------|---|
| 01:06 | Началось планируемое снижение тепловой мощности реактора.   |
| 13:05 | Тепловая мощность реактора снижена до 1600 МВт (50% от номинальной), должно быть продолжено снижение мощности.  |
| 14:00 | В целях чистоты эксперимента отключена система аварийного охлаждения реактора, что противоречит регламенту эксплуатации.  |
| 14:00 | По требованию диспетчерского пункта в Киеве для продолжения энергоснабжения потребителей снижение мощности остановлено. Реактор работает на 50% мощности до 23:00, однако система аварийного охлаждения реактора не подключена. |
| 23:05 | Повторное снижение мощности реактора.   |

26 апреля 1986 года

|          |  |
|----------|--|
| 00:28    | При мощности 500 МВт управление переведено в автоматический режим, однако неожиданно мощность падает до 30 МВт (1% от номинальной). При таком уровне требуется немедленное отключение реактора, включение – только через сутки. Это не было выполнено. |
| 00:32    | Оператор пытается восстановить мощность, вынимая стержни-поглотители из реактора. Чтобы оставить менее 25 стержней, требуется разрешение главного инженера, однако их уже меньше.  |
| 01:07    | Стабилизация мощности на уровне 200 МВт (7% от номинальной) за счет недопустимого изъятия еще нескольких стержней.   |
| 01:23:04 | Продолжение эксперимента на недопустимо низкой мощности.   |
| 01:23:35 | Бесконтрольное увеличение пара, подъем мощности реактора.  |
| 01:23:40 | Нажата аварийная кнопка, которая вводит стержни в активную зону.   |
| 01:23:44 | Реакторная мощность превысила номинальную (3200 МВт) в 100 раз.  |
| 01:24    | Верхняя часть реактора – плита весом 1000 т – разрушена (первый взрыв), выброс раскаленных частей активной зоны (второй взрыв).  |

Сама авария – два взрыва, приведших к разрушению энергоблока, длилась всего несколько секунд. Но события, которые способствовали ее развитию, не укладываются в рамки нескольких часов 25 и 26 апреля. Социально-политическая система, при которой были возможны грубые нарушения технических регламентов, складывалась десятилетиями.

*Зачем был нужен эксперимент, проводившийся на четвертом энергоблоке? Допустимы ли такие эксперименты вообще?*

На 25 апреля 1986 года на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС был намечен профилактический ремонт и запланированы испытания турбогенератора. Смысл испытаний состоял в том, чтобы турбогенератор уже после своего отключения в случае аварии мог на остаточном ходу в течение 45-50 секунд продолжать надежное электроснабжение систем аварийного отключения реактора. То есть конечной целью эксперимента выступало повышение безопасности.

Испытания оборудования проходят на любых производствах, но в целях безопасности требуется строго соблюдать регламент проведения работ и при необходимости согласовывать испытания с надзорными органами. На Чернобыльской АЭС этого сделано не было.

*Что послужило причиной самой крупной аварии в мировой атомной энергетике?*

До настоящего времени все еще нет единой версии причин самой аварии: физические процессы, которые происходили в реакторе в те роковые секунды, и сегодня продолжают оставаться предметом научного изучения. Но, расходясь в деталях, специалисты единодушны в одном: причины аварии в техническом несовершенстве конструкций реактора в сочетании как с ошибочными действиями персонала станции, так и со сложившейся в СССР практикой пренебрежения установленными правилами и нормами.

*Можно ли было избежать Чернобыльской аварии?*

Отсутствие любого из двух факторов – ошибок персонала или конструкционных недостатков – позволило бы избежать аварии. Но в той социально-политической системе техногенные аварии были закономерны: ведь только для того, чтобы поскорее отрапортовать об очередном “успехе”, крупные промышленные комплексы можно было вводить и эксплуатировать вопреки установленным правилам технической и экологической безопасности.

*Кто-либо понес ответственность за взрыв реактора?*

Да. Шесть человек, в их числе директор Чернобыльской АЭС, главный инженер и начальник смены, понесли уголовное наказание и были осуждены на различные сроки тюремного заключения. Руководители Высокоставленные чиновники (включая председателя Госатомэнергонадзора, заместителя министра энергетики и электрификации СССР, первого заместителя министра среднего машиностроения и др.) сняты с занимаемых должностей “за крупные ошибки и недостатки в работе, приведшие к аварии с тяжелыми последствиями”.



## 1.2 Как проходила ликвидация аварии на Чернобыльской АЭС

С первых минут видимым признаком аварии был пожар на крыше 4-го энергоблока. Его начали тушить уже через 4 минуты после взрыва силами станционных пожарников, к 06:35 пожар на крыше был ликвидирован. То, что реактор разрушен, в первые часы не было ясно. Точных данных о радиационной обстановке на АЭС и в прилегающих районах также нет, и ранним утром “наверх” идут рапорты о том, что ситуация не вызывает опасений. В это время в медсанчасть станции уже поступают десятки людей, а замеры радиации показывают уровни, опасные для жизни. Картина аварии и радиационная обстановка стали окончательно ясны только днем 26 апреля – руководство станции долго не верило поступавшей к нему информации и не предпринимало необходимых действий по защите персонала и населения.

### Основные даты и события

26 апреля – начало йодной профилактики г. Припять

27 апреля – эвакуация населения г. Припять (эвакуировано 49 360 человек), начало засыпки разрушенного реактора с вертолетов,

28 апреля – начало йодной профилактики населения в 30-км зоне, первое сообщение об аварии в печати

30 апреля – на вокзалах Киева развернуты посты дозиметрического контроля, ограничено употребление воды из открытых колодцев в 3-х областях Украины

2 мая – эвакуация населения из 10-км зоны (эвакуировано 10 779 человек)

4-7 мая – эвакуация населения из 30-км зоны (эвакуировано 30 136 человек)

8 мая – начало крупномасштабных работ по дезактивации населенных пунктов и техники в 30-км зоне

14 мая – выступление М. Горбачева по телевидению об аварии на АЭС

22 мая – введены специальные пропуска для проезда в 30-км зону

28 мая – призыв на специальные сборы военнообязанных запаса

13 июня – принято Постановление Совета министров УССР о мерах по усилению санитарно-гигиенического режима при проведении сельскохозяйственных работ в районах, подвергшихся загрязнению

25 июля – закончена установка ограждения по периметру зоны отчуждения (195,9 км)

июль-октябрь – для эвакуированных жителей построено 8210 жилых домов усадебного типа, 222 объекта соцкультбыта

14 ноября – завершено сооружение “Саркофага”. На его строительство израсходовано 100 тыс. кубометров бетона и 6,8 тыс. тонн металлоконструкций.

*Когда в СССР сообщили об аварии на Чернобыльской АЭС?*

Первая информация об аварии прозвучала в программе «Время» вечером 27 апреля, первая публикация в печати состоялась 28 апреля.

**ТАСС, 28 апреля 1986 года:** «На Чернобыльской атомной электростанции произошел несчастный случай. Один из реакторов получил повреждение. Принимаются меры с целью устранения последствий инцидента. Пострадавшим оказана необходимая помощь. Создана правительственная комиссия для расследования происшедшего».

*Почему г.Припять эвакуировали только 27 апреля?*

Вряд ли эвакуацию могли организовать и провести 26 апреля – ведь до полудня масштабы аварии не были ясны. Однако в Припяти радиационную обстановку стали измерять с 03:00 часов 26 апреля. Уже тогда можно было предупредить людей об опасности, сказать о необходимости закрыть окна, не выходить на улицу. Этого не было сделано, и для Припяти начался обычный день. Решение о подготовке к эвакуации было принято вечером 26 апреля, когда радиационная обстановка существенно ухудшилась. В 00:50 27 апреля из Киева в Припять были отправлены 610 автобусов и 240 грузовых машин, еще 532 автобуса было направлено из Киевской области. Мобилизация такого количества транспорта была проведена в кратчайшие по тем временам сроки. 50-тысячный город Припять был эвакуирован днем 27 апреля с 15:00 до 18:00, то есть за 3 часа. В эти часы мощность дозы достигла максимума и держалась на этом уровне еще не менее суток.

Мощность дозы по одному из пунктов наблюдения в г. Припять

|                     |                |                |                |                |                |                |                |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Время измерения     | 26.04<br>03:00 | 26.04<br>12:00 | 26.04<br>22:00 | 27.04<br>07:00 | 27.04<br>13:00 | 27.04<br>21:30 | 28.04<br>19:00 |
| Мощность дозы, мР/ч | 14,4           | 14             | 61             | 200            | 540            | 540            | 400            |

*Какие приоритеты ставила власть при ликвидации аварии?*

Власть не была готова к тому, что такое может произойти. В первые дни после аварии власть преодолела собственную растерянность и пыталась овладеть ситуацией. Важнейшим публичным приоритетом власти была защита населения, хотя все решения, в том числе и эвакуация, давались ей очень непросто. Критики называют эти решения запоздалыми и не очень организованными. Другим безусловным приоритетом власти было как можно скорее вернуть АЭС в строй, цена этого шага не обсуждалась. Локализация топлива и радиоактивных веществ от разрушенного реактора – это был приоритет, установленный физиками. С этими веществами была связана потенциальная угроза, и, кроме того, без этого был невозможен быстрый пуск АЭС. Создавая в глазах общества привлекательную в целом картину своих действий с отдельными упущениями, власть в итоге защищала саму себя.

### 1.3 Радиоактивные выбросы Чернобыльской АЭС

Радиоактивные выбросы 4-го энергоблока представляли собой растянутый во времени процесс. В момент аварии произошел механический выброс топлива из разрушенного реактора, которое, из-за своего веса, упало в районе самой станции. С 26 апреля по 2 мая 1986 г. выбросы радионуклидов были связаны с горением графитовой кладки реактора (самый опасный пожар был 27 мая). Затем выбросы спали, но в отдельные дни мая еще возникали небольшие очаги возгорания графита.

#### Максимальная зарегистрированная мощность дозы

| Место                   | Мощность дозы, мкР/ч | Дата измерения |
|-------------------------|----------------------|----------------|
| Припять                 | 1 370 000            | 28 апреля      |
| Киев                    | 2 200                | 30 апреля      |
| Минск                   | 60                   | 28 апреля      |
| Гомель                  | 800                  | 27 апреля      |
| Новозыбков              | 6 200                | 29 апреля      |
| Брянск                  | 600                  | 29 апреля      |
| Тавастехаус (Финляндия) | 1 400                | 29 апреля      |
| Зальцбург (Австрия)     | 1 400                | 2 мая          |
| Мюнхен (Германия)       | 2 500                | 30 апреля      |

Радиоактивные выбросы с самого начала распространялись в разные стороны по воздушным потокам, проходившим на разной высоте. В результате уже к 8.00 26 апреля передний край радиоактивных облаков достиг: на западе – Бреста и Винницы, на севере – Гомеля и Витебска, на востоке – Харькова и Луганска, на юге – Керчи и Одессы. Основной перенос радиоактивных выбросов шел на запад и северо-запад – на территорию Белоруссии и дальше в сторону Западной Европы. Уже на следующий день выбросы достигли Польши и Швеции. Из-за того, что направление ветра менялось, в отдельных местах шли дожди различной интенсивности, и происходило вымывание радионуклидов из проходящих облаков, формировалась крайне неравномерная картина загрязнения.

Сразу после аварии наибольшую опасность для населения представляли радиоактивные изотопы йода. Максимальное содержание радиоактивного йода в молоке и растительности наблюдалось с 28 апреля по 9 мая 1986 г., однако в этот период “йодной опасности” защитные мероприятия почти не проводились. Для жителей России в конце апреля и в течение мая наибольшее воздействие оказывал радиоактивный изотоп йод-131, который мог поступать в организм человека главным образом с молоком и молочной продукцией, а также с яйцами и листовой зеленью.

В дальнейшем радиационную обстановку определяли долгоживущие радионуклиды. С июня 1986 г. радиационное воздействие формировалось в основном за счет радиоактивных изотопов цезия.

*Выбросы продолжались не один и не два дня. Нельзя ли было быстрее справиться с аварией?*

Основные выбросы, которые определили разнос радиации далеко за пределами площадки Чернобыльской АЭС, продолжались всего 4-5 дней. В этот период вряд ли что можно было сделать. Те героические усилия, которые были предприняты пилотами и людьми, грузившими песок, доломит, глину в вертолеты для сбрасывания на 4-й энергоблок, не могли существенно повлиять на величину выбросов. Но самоотверженные действия этих людей, находившихся в чрезвычайной обстановке, позволили побороть страх и вселили веру в победу.

*Почему о том, какие районы пострадали, говорили не сразу?*

Есть две основные причины. Первая связана с неопределенностью развития ситуации. Сразу можно было сказать только об опасности для близлежащих населенных пунктов - городе Припяти, которые был эвакуирован в течение суток, и населенных пунктах 30-км зоны. Радиационная обстановка в других районах определялась направлением движения радиоактивных облаков (которое менялось в зависимости от направления ветра на различных высотах) и выпадением осадков. Поэтому заранее определить, какие районы пострадают, было практически невозможно. Составление же детальнх карт загрязнения местности потребовало нескольких лет исследований.

Вторая причина молчания заключается в инерции самой системы, где было принято скрывать нежелательную информацию от народа, а также в страхе, некомпетентности или невежестве тех лиц, от которых зависело предоставление информации. Поэтому не вся получаемая информация становилась достоянием гласности: многое скрывалось или замалчивалось. Показателен, например, тот факт, что даже о самом факте аварии первыми сообщили за рубежом: 27 апреля радиоактивное облако достигло Швеции, и шведские власти направили СССР официальный запрос об аварии на Чернобыльской АЭС. Источник выбросов был определен на основе данных замеров и направления ветра. Широкая международная огласка была дополнительным фактором, требующим действий от властей бывшего СССР.

*Есть ли сегодня полная картина загрязнения?*

Да, есть карты загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90 для всех территорий бывшего СССР.

*Где получить информацию о загрязнении моего населенного пункта?*

В местной администрации, в СЭС. Информация по территориям и населенным пунктам России и Беларуси есть на сайте Российско-Белорусского информационного центра по адресу: <http://rbic.ibrae.ru/>.

#### 1.4 Радиоактивное загрязнение территорий

После распада радиоактивного йода и других короткоживущих радионуклидов загрязнение территорий стали определять радиоактивные изотопы цезия, а в некоторых районах Украины и Белоруссии также и стронция.

Наиболее интенсивные выпадения характерны для центральной зоны – 30-км зоны вокруг Чернобыльской АЭС. Другая сильно загрязненная зона – это некоторые районы Гомельской и Могилевской областей Белоруссии и Брянской области России, которые расположены примерно в 200 км от АЭС. Загрязнение этой территории в основном сформировалось в результате радиоактивных выпадений 28-29 апреля 1986 г., а плотность загрязнения по цезию в ряде населенных пунктов составила более 40 Кюри на квадратный километр (Ки/км<sup>2</sup>). Еще одна, северо-восточная зона, расположена в 500 км от АЭС, в нее входят некоторые районы Калужской, Тульской и Орловской областей. Плотности загрязнения здесь были ниже, и, как правило, не превышали 15 Ки/км<sup>2</sup>. Эта зона загрязнения также сформирована в конце апреля.

Из-за дождей выпадения цезия легли “пятнами”, поэтому даже на соседних территориях плотность загрязнения могла различаться в десятки раз. Затем это стало одной из причин возникновения конфликтов: когда были установлены льготы, люди с трудом верили, что соседние деревни могут быть отнесены к различным зонам загрязнения.

Улучшение радиационной обстановки связано в основном с распадом радиоактивных веществ: с течением времени плотность загрязнения на всех территориях уменьшается, а их общая площадь сокращается (см. таблицу ниже).

##### Площадь загрязнения цезием-137 в России по годам, км<sup>2</sup>

| Годы | Площади (км <sup>2</sup> ) с различным уровнем загрязнения |                         |                          |                         |
|------|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|      | 1-5 Ки/км <sup>2</sup>                                     | 5-15 Ки/км <sup>2</sup> | 15-40 Ки/км <sup>2</sup> | > 40 Ки/км <sup>2</sup> |
| 1986 | 56 260   | 5 780                   | 2 070                    | 580                     |
| 1996 | 48 980   | 5 330                   | 1 900                    | 310                     |
| 2006 | 26 260   | 3 540                   | 1 280                    | 40                      |
| 2016 | 18 920   | 2 780                   | 850                      | 10                      |

Радиационная обстановка также улучшалась в результате проведения защитных мероприятий: для предотвращения разноса пыли асфальтировались дороги и накрывались колодцы, перекрывались крыши жилых домов и общественных зданий, где в результате выпадений скапливались радионуклиды, местами снимался почвенный покров, в сельском хозяйстве проводились специальные мероприятия для снижения загрязнения производимой продукции.

*Где выпало больше всего радиоактивности?*

Для радионуклидов цезия это можно охарактеризовать следующим образом. Из-за того, что часть радиоактивного облака перемещалась на большой высоте, выпадения отмечены практически во всех странах Северного полушария. Но большая их часть осела в европейских странах. Если выпадения по всей Европе принять за 100 процентов, то из них на территорию России выпало 30%, Белоруссии – 23%, Украины – 19%, Финляндии – 5%, Швеции – 4,5%, Норвегии – 3,1%, Австрии – 2,5%. При этом в России выпадения “размазаны” по достаточно большой территории, поэтому общая площадь территорий, загрязненных выше 1 Ки/км<sup>2</sup>, будет здесь наибольшей. А в Белоруссии, где выпадения оказались более сконцентрированными, будет наибольшая площадь территорий, загрязненных свыше 40 Ки/км<sup>2</sup>.

*Через сколько лет исчезнет Чернобыльская радиация?*

Это определяется периодом полураспада радиоактивных элементов. Для йода-131 это 8 дней, для цезия-137 – 30 лет. Это значит, что через 30 лет цезия станет в два раза меньше, чем было сразу после аварии. Еще через 30 лет останется четверть того количества, которое было изначально, и так далее. Это так называемый естественный распад.

Но радиационная обстановка зависит не только от этого. Со временем радиация уходит в нижние слои почвы и становится менее доступной. Ее уже в меньшей степени получают и растения, и люди. Это так называемый эффективный период полураспада. Для цезия-137 он составляет около 25 лет в лесных экосистемах; 10-15 лет на лугах и пашнях; 5-8 лет в населенных пунктах. Поэтому радиационная обстановка улучшается быстрее естественного распада радиоактивных элементов.

*Есть ли угроза от 4-го блока сегодня? Какой там сейчас радиационный фон?*

Угрозы нет. Большая часть радионуклидов залита бетоном в период строительства саркофага (объект «Укрытие») и на 100-200 лет надежно изолирована от окружающей среды. Кроме того, Чернобыльская АЭС находится в центре зоны отчуждения, размеры которой составляют 40 на 60 километров. Сегодня Украина планирует пересмотреть площадь зоны и, возможно, уменьшить ее радиус до 10 километров.

Чернобыльская АЭС продолжала вырабатывать электроэнергию до декабря 2000 года, когда был остановлен последний энергоблок. Сегодня станция доступна для посещения туристов. Радиационный фон в районе смотрового павильона «Укрытие» составляет 1,2 миллирентген в час, в районе административного здания АЭС – 70 микрорентген в час. Для сравнения: 26.04.1986г. радиационный фон рядом с 4-м энергоблоком составлял 10 000 рентген в час, 13.05.1986г. – 1 200 рентген в час.

## Раздел 2. Радиация и риск

### 2.1 Природные и техногенные источники радиации

Уровень радиации в конкретном месте создается естественными и техногенными источниками. Естественная радиация – это, во-первых, природный фон. Если дозиметр показывает уровень фона в 10 мкР/ч, то примерно 4 мкР/ч будет приходиться на космические лучи, которые достигают поверхности земли, а около 6 мкР/ч – на присутствующие в земле радиоактивные элементы (калий, уран и торий).

При уровне фона в 10 мкР/ч человек получает за год дозу облучения в 0,8 мЗв. С помощью этих цифр можно рассчитать и другие фоновые дозы: при фоне в 20 мкР/ч годовая доза составит 1,6 мЗв, при 25 мкР/ч – 2 мЗв.

К естественной радиации также относится радон – радиоактивный газ, который поступает из земной коры. Радон тяжелее воздуха, поэтому он накапливается в подвалах и на первых этажах зданий. Радон вносит основной вклад в дозу облучения жителей планеты, которая оценивается в среднем в 1,6 мЗв за год. Но это именно в среднем. Индивидуальная доза может составлять от 1 до 100 мЗв, что зависит от местности, типа зданий, используемых строительных материалов, а также способов изоляции и вентиляции помещений.

Природные строительные материалы – еще один источник облучения. Они могут создавать фон как в помещениях, так и на улице. Скажем, если в Москве или Санкт-Петербурге дозиметр показывает 16 мкР/ч, то Вы, скорее всего, стоите у облицованного гранитом здания или на мостовой. Добавка в 6 мкР/ч над средним фоном – это вклад гранита.

100 лет назад в фоне не было одной составляющей, которая есть сегодня. Это – глобальные выпадения от испытаний ядерного оружия, то есть техногенная составляющая. Она мала – всего 0,1 мкР/ч. Но где бы сегодня не измерялся фон, и сколько бы он не составлял (в нашем примере – 10 мкР/ч), в нем всегда будут присутствовать эти постоянные 0,1 мкР/ч. Кроме этого, уровень фона может быть повышен на конкретных территориях, загрязненных в результате аварий.

Другие, отличные от природных, источники радиации – это, в основном, медицинские процедуры. В России их вклад в общую дозу облучения, получаемую за год, оценивается в 30%. Понятно, что это усредненные данные: тот, кто не делал таких процедур, не получал никакой дозы. Такие техногенные источники, как АЭС, дают вклад в общую дозу менее 0,1%. Это – для населения. Для персонала АЭС, как и работников ряда других профессий, такой вклад будет, конечно, больше.

Природный фон (0,8 мЗв) + радон (1,6 мЗв) + медицина (1 мЗв) + другие техногенные источники (0,1 мЗв) = средняя доза за год (3,5 мЗв).

*Радиация и ионизирующие излучения – это одно и то же?*

Радиация (в переводе с латинского - излучение) – это более широкое понятие. Оно используется для обозначения энергии, которая испускается и распространяется в виде волн и частиц. Есть много видов излучения: это известные всем свет и тепло, электромагнитные излучения, радиоволны и др. Но чаще всего слово “радиация” используется для обозначения “ионизирующего” излучения. Ионизирующие излучения называются так благодаря своей способности вызывать ионизацию атомов и молекул в веществе (ионизация - превращение нейтральных частиц в электрически заряженные). Для таких излучений используется термин “ионизирующая радиация”. Все остальные виды излучения называются “неионизирующей радиацией”.

*Есть ли места, где нет радиации?*

Нет, земля по своему физико-химическому составу и нахождению в космическом пространстве устроена так, что радиация есть везде. С момента зарождения человечества и до настоящего времени естественная радиация также характерна для условий жизни на земле, как солнечный свет, состав воздуха или атмосферное давление. Поэтому любая попытка избежать воздействия радиации “полностью” обречена на неудачу. Но это и не требуется, так как жизнь без радиации является для человека столь же противоестественной, как и жизнь в безвоздушном пространстве. Опыты показывают, что живые организмы (одноклеточные, растения, млекопитающие), искусственно лишённые природного радиационного фона, погибали в течение трех недель.

*Как меняется природный фон в зависимости от места?*

Как и другие факторы внешней среды (температура воздуха, влажность и др.), природный фон не является постоянным. Он изменяется как во времени, так и от места к месту. Колебания во времени невелики и связаны с тем, что радиация поступает из земли неравномерно. Например, если радиационный фон составляет 10 микрорентген в час (мкР/ч), это будет среднее значение, а сам фон будет ежесекундно колебаться вокруг этой цифры (изредка могут фиксироваться отклонения до 30% в ту и другую сторону). Вклад космических лучей увеличивается с подъемом в высоту: на высоте 4-5 километров он составит не 4, а уже 20 мкР/ч.

Колебания природного фона в зависимости от места больше: если в средней полосе России природный фон составляет в среднем 8-10 мкР/ч, то в ряде мест Карелии, Алтая, а также Финляндии, Франции, Италии он может быть в два раза выше из-за гранитных пород. В Китае, Индии и Бразилии есть места, где природный фон намного выше обычного и составляет 60, 150, 1500, 4000 и даже 32000 мкР/ч. И это не какие-то безлюдные места, а пляжи и другие используемые человеком территории.



## 2.2 Малые и большие дозы облучения

Для человека воздействие на уровне нескольких миллизиверт является слишком слабым, чтобы организм мог на него как-то отреагировать. При дозах менее 100 мЗв какие-либо медицинские последствия радиационного воздействия не выявлены (см. таблицу ниже). При этом подразумевается, что такие дозы получены не в течение всей жизни, а за один раз или за сравнительно короткое время (например, за год) и плюс к тому, что человек получает от природного фона.

| Доза            | Эффект   |
|-----------------|--|
| Более 3 000 мЗв | Доза, угрожающая жизни   |
| Более 1 000 мЗв | Доза, вызывающая лучевую болезнь   |
| Более 200 мЗв   | Доза, увеличивающая риск различных заболеваний, включая раковые (риск растет с увеличением дозы) |
| 200 – 500 мЗв   | Доза с эффектом “радиационного гормезиса” – отмечается улучшение функционирования организма      |
| Более 100 мЗв   | Доза облучения плода, при которой возможны пороки развития                                       |
| 1- 100 мЗв      | Доза, при которой положительные или отрицательные изменения здоровья не регистрируются           |

Наиболее чувствителен к радиации ребенок, находящийся в утробе матери: его организм формируется в несколько стадий. Поэтому уже при дозе облучения в 100 мЗв возможны отклонения в развитии того органа или системы, которые закладывались в момент облучения.

Человеку в обычной жизни невозможно получить дозы облучения, намного превышающие фоновые. Например, чтобы получить дозу в 100 мЗв нужно полгода находиться в условиях радиационного фона в 2 500 мкР/ч – это выше значений фона в 250 раз (при обычном фоне в 10 мкР/ч дозу в 100 мЗв придется получать в течение 120 лет).

Годовая доза от просмотра телевизора по 3 часа в день - 0,001 мЗв

Годовая доза от курения по одной сигарете в день – 2,7 мЗв

Годовая доза от проживания рядом с АЭС – 0,01 мЗв

Флюорография – 0,6 мЗв

Полет на самолете из Москвы в Нью-Йорк – 0,3 мЗв

Дозы облучения от техногенных источников намного меньше, чем от природных. Исключение составляет радиотерапия, используемая для лечения рака, где дозы могут достигать 5 Грей и более (см. сноску на с.24). Если бы облучению в такой дозе подверглось все тело, человек мог бы умереть. Но в радиотерапии облучается отдельный орган, вернее даже, его часть. Такие дозы человек переносит тяжело, но это дает шанс спасти его жизнь.

*Вредным является любой уровень радиации?*

Нет, не любой. Свойство всех внешних воздействий – быть безопасными при одном уровне и становиться опасными при другом. Так, температура воздуха в 22° воспринимается человеком как комфортная, а в 40° – как жара. При 100° (такая температура бывает в сауне) человек может выдержать несколько минут. То же происходит и с радиацией: организм человека воспринимает природный фон и сопоставимые с ним уровни облучения как привычные и удобные для себя факторы внешней среды. Об опасности облучения говорят тогда, когда полученные дозы **в десятки и сотни раз** превышают уровень доз от природного фона.

*Где можно получить высокую дозу облучения?*

В природе не существует мест, где можно получить высокую дозу за короткое время. Но длительное, в течение ряда лет, облучение радоном в высоких дозах приводит к повышению риска заболеваемости раком легких, особенно для курильщиков. Потенциальная опасность получения высоких (более 1000 мЗв) доз связана с техногенными источниками. Это, прежде всего, приборы, которые содержат радиоактивные вещества: пока они в исправном состоянии, их эксплуатация безопасна, но если они потеряли герметичность, то контакт с радиоактивным веществом может привести к дозам облучения, опасным для здоровья. Поэтому сами такие источники и работа с ними находятся под жестким контролем.

*Приходится слышать как о пользе, так и вреде малых доз облучения. Что же на самом деле?*

Надо уточнить, о каких дозах идет речь. Малыми ученые называют любые дозы менее 100 мЗв. Для таких доз действительно не выявлено никаких вредных последствий. Эксперименты на животных показали, что дозы на уровне 200 мЗв оказывают даже стимулирующее воздействие на здоровье. Но, говоря о малых дозах, чаще всего имеют в виду дозы на уровне природного фона, то есть дозы в несколько мЗв или меньше. Организм человека такие дозы просто “не замечает”, хотя отдельные клеточные структуры могут их “почувствовать”.

*Не лучше ли отказаться от медицинского облучения?*

Если обследование необходимо для постановки диагноза, то неразумно от него отказываться. Именно ранняя и правильная диагностика позволяет лучше лечить болезни. Большинство медицинских исследований, например, в стоматологии или хирургии, связаны с незначительным облучением – в диапазоне от 0,3 до 3 мЗв. Радиация выступает и в качестве лечебного фактора, например, в радоновых ваннах. Принцип их действия – стимулирование иммунной системы организма, поэтому они используются при лечении многих заболеваний. А вот ненужных процедур стоит избегать, связаны они с облучением или нет.

### 2.3 Радиационные нормы

Доза облучения, которую получает человек, зависит как от уровня фона, так и от образа жизни самого человека. Природный фон (как и глобальные выпадения) нельзя ни увеличить, ни уменьшить. Другими источниками радиации можно в той или иной степени управлять.

Например, радон накапливается в плохо проветриваемых помещениях. Если просто открыть форточку, его концентрация сразу снижается. Медицинские процедуры, работа с источниками ионизирующего облучения – это также управляемые факторы.

Приведем основные допустимые значения, установленные Нормами радиационной безопасности (НРБ-99).

#### *Природные источники*

Содержание радона в воздухе помещений – 100 Бк/м<sup>3</sup> для новых зданий, 200 Бк/м<sup>3</sup> для существующих зданий (это соответствует дозам в 5 и 10 мЗв за год для тех, кто находится в таком помещении 24 часа в сутки)

Фон в зданиях от стройматериалов – 20 мкР/ч (это соответствует дозе в 1,6 мЗв за год для тех, кто находится в помещении 24 часа в сутки)

#### *Дозы облучения*

От техногенных источников для населения (кроме медицины) – 1 мЗв в год (но не более 5 мЗв за 5 лет) и 70 мЗв за 70 лет

От природных источников – предел для суммарной дозы не устанавливается (но есть ограничения для отдельных источников)

От медицины – предел дозы не устанавливается

Допустимые уровни радионуклидов в продуктах питания устанавливаются санитарными нормами (см. таблицу ниже).

| СанПиН 2.3.2.1078-01<br>Продукты питания | Допустимые уровни, Бк/кг |             |
|--|--------------------------|-------------|
|  | Цезий-137                | Стронций-90 |
| Мясо, колбасные изделия                  | 160                      | 50          |
| Молоко, сметана, творог, сливки          | 100                      | 25          |
| Рыба                                     | 130                      | 100         |
| Картофель, овощи                         | 120                      | 40          |
| Дикие ягоды                              | 160                      | 60          |
| Грибы                                    | 500                      | 50          |
| Сушеные грибы                            | 2500                     | 250         |

Санитарные нормы исходят из того, чтобы со всеми продуктами питания человек не мог получить дозу больше 1 мЗв в год. Для этого количество активности, соответствующее дозе в 1 мЗв, раскладывается на разнообразные продукты с учетом их доли в рационе. Нормы содержат большой “запас прочности”, поскольку чаще всего содержание радионуклидов в продуктах составляет лишь доли от допустимого уровня.

*Если известен уровень содержания цезия в продукции, можно ли рассчитать, какую дозу получит человек?*

Да, и сделать это несложно. Чтобы получить с продуктами питания годовую дозу в 1 мЗв, в организм должно поступить 77 000 Бк цезия. Зная эти цифры, можно рассчитать дозу от любого продукта.

Пример: Какую дозу облучения получит человек, если выпьет 1 литр молока с содержанием цезия 100 Бк/л?

Составляем пропорцию:  $77\ 000\ \text{Бк} - 1\ \text{мЗв}$

$100\ \text{Бк} - x\ \text{мЗв}$

Вычисляем:  $x = (100\ \text{Бк} \cdot 1\ \text{мЗв}) : 77\ 000\ \text{Бк} \approx 0,001\ \text{мЗв}$

*Нередки случаи, когда на рынках изымают радиоактивные ягоды и грибы. А если мы их уже купили и съели?*

Санитарные нормы предназначены для того, чтобы контролировать продукты на стадии их производства и продажи, поскольку сами граждане не могут это делать. Поэтому любые продукты, не соответствующие нормам, изымаются из продажи. Это юридическая сторона вопроса. Но есть и практическая.

Сознавать, что в пищу попали продукты с повышенным содержанием радионуклидов, весьма неприятно. Для оценки риска здоровью важно знать масштаб проблемы: в течение какого времени происходит употребление какого количества какой продукции. Если съеден 1 кг черники с уровнем содержания цезия в два раза выше нормы (то есть 320 Бк/кг), то полученная доза составит 0,004 мЗв. Такая же доза может быть получена, если съесть 2 кг “нормальной” черники. Для дозы в 1 мЗв потребуется съесть 250 кг черники с уровнем 320 Бк/кг.

Не все потребляемые продукты имеют верхнюю границу допустимого содержания радионуклидов. Например, в Брянской области среднее содержание цезия в молоке, продаваемом в магазинах, составляет 10 Бк/л при нормативе в 100 Бк/л. В нашем примере с черникой это означает, что 160 Бк, полученные от ягод сверх допустимого уровня, компенсируются 180 Бк, “экономленными” при потреблении 2 л молока.

*По НРБ-99 от техногенных источников можно получать 1 мЗв в год, а от радона – 10 мЗв. Значит, радон в 10 раз менее опасен?*

Нет. Радон в помещениях – это актуальная проблема. В США, по оценкам, радон ежегодно вызывает около 15 тыс. смертей от рака легких. Именно поэтому радон нормируется, и соответствующие замеры требуются при проектировании и строительстве. Различия в допустимых дозах от различных источников объясняются как проблематичностью установления более высоких требований к природному облучению (тогда требования не смогут быть выполнены), так и излишне жестким нормированием в отношении техногенных источников.

## 2.4 Радиационный риск

На человека одновременно воздействует множество факторов внешней среды – физических, химических, биологических. Один и тот же фактор может быть как полезным, так и вредным: опасность определяется интенсивностью и продолжительностью воздействия. Например, загорать во время летнего отпуска по 15 минут в день полезно, а находиться под палящим солнцем 8 часов подряд – нет. Для радиации мерой воздействия на здоровье является доза, которую получил человек.

### **Причины смертности населения России**

Сердечно-сосудистые заболевания - 55%

Несчастные случаи, отравления, травмы – 15%

Онкологические заболевания – 15%

Другие (заболевания органов дыхания, пищеварения и др.) – 15%

При воздействии радиации различают два вида эффектов. Одни наступают сразу, но только при высоких дозах (1 Зв и выше). К таким немедленным эффектам относится, например, лучевая болезнь. Для нее существует дозовый порог: при дозах до 1 Зв лучевая болезнь не возникает вообще, а при дозах выше 2 Зв возникает у всех.

Другие эффекты возникают через весьма длительное время (5-20 лет). Это рак и некоторые другие заболевания. Чем выше доза, тем выше риск таких последствий – это утверждение верно для доз более 300 мЗв. Для меньших доз подтвердить или опровергнуть наличие риска не удается: их воздействие не выявляется на фоне других, более значимых факторов, влияющих на здоровье. Однако в целях защиты человека предполагается, что как бы ни была мала доза, риск не равен нулю. Из этого исходит радиационное нормирование и законодательство.

При дозе в 1 Зв вероятность смерти от рака возрастает на 5%. Покажем это на примере. Рак является причиной смерти 15 россиян из 100, т.е. вероятность умереть по этой причине составляет 15%. Если все 100 человек получают дозу облучения в 1 Зв, то для этих людей вероятность смерти от рака возрастет на 5% и будет уже не 15%, а 20%.

Спустя 50 лет жива половина из 86 тыс. японцев, переживших ядерную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки. Среди тех, кто умер, обнаружено 440 случаев рака, вызванного радиацией (это 1% от всех причин смерти среди этих людей).

Получить дозу в 1 Зв практически нереально. Для профессионалов, работающих, например, в атомной промышленности, предел дозы за год составляет 20 мЗв. За последние 15 лет в России произошел только один случай, когда в результате поломки оборудования на закрытом предприятии человек получил смертельную дозу радиации.

*Радиация может вызывать рак?*

Да. Есть много факторов, которые увеличивают риск заболевания раком, радиация является одним из них. Повышенные дозы облучения не обязательно приводят к раку, но увеличивают такой риск. Более опасными и распространенными факторами, способствующими развитию рака, являются химическое загрязнение, курение и неправильное питание.

*Какие еще заболевания, кроме рака, связаны с радиацией?*

С дозами облучения более 300 мЗв могут быть связаны нарушения сердечно-сосудистой и нервной системы, снижение иммунитета, заболевания отдельных органов. Заболевание во многом зависит от характера облучения: например, катаракта возникает, если облучению подвергся хрусталик глаза, а заболевания щитовидной железы – при воздействии на нее радиоактивного йода.

*Насколько здоровье человека зависит от экологии?*

От экологии, вернее от факторов окружающей среды, здоровье современного человека зависит примерно на 15%. Условия и образ жизни человека дают наибольший вклад в здоровье – около 60%. Это так называемые поведенческие факторы: питание, вредные привычки, физическая активность и др. Вклад наследственных факторов в здоровье оценивается в 15%, и еще 10% дает здравоохранение.

*В западных странах от рака умирает каждый пятый, а у нас – каждый шестой. Наша статистика неверна?*

Верна. Дело в том, что в западных странах выше продолжительность жизни. Россияне умирают раньше, в том числе от неестественных причин, поэтому многие просто не доживают до того возраста, когда у них мог бы возникнуть рак.

*Порог в 1 Зв для лучевой болезни одинаков для всех людей?*

Нет. У отдельных людей радиочувствительность может отличаться от средней на 20% в одну и другую сторону. Кроме того, воздействие, оказываемое на человека, зависит и от состояния его здоровья в данный момент. Считается, что легкая форма лучевой болезни возникает при дозе в 1 Зв, но нельзя исключить, что у человека с высокой чувствительностью ее симптомы возникнут уже при дозе в 800 мЗв.

*Сколько человек получили дозы более 1 Зв при Чернобыльской аварии?*

Из населения – никто. Такие дозы получили только часть персонала Чернобыльской АЭС (во время аварии на промплощадке станции находилось около 600 человек) и пожарных. Острая лучевая болезнь возникла у 134, дозы облучения у заболевших были в диапазоне от 0,8 до 16 Зв. 28 человек умерли от лучевой болезни в ближайшие месяцы. Сегодня в списке ушедших из жизни 50 человек из 134.

## **Раздел 3. Чернобыль и радиация**

### **3.1 Поступление радиоактивного йода**

При авариях на атомных станциях основную опасность в первые дни представляют радиоактивные изотопы йода. Это было хорошо известно специалистам. В таких случаях предупредительной мерой является йодная профилактика – прием препаратов стабильного йода, который не дает радиоактивному йоду накапливаться в щитовидной железе. Но при Чернобыльской аварии вопросы защиты населения от йодной опасности не были решены.

Кто подвергся наибольшему воздействию радиоактивного йода? Основную роль играли два фактора: общее количество поступившего в организм йода (здесь прямая зависимость: вред тем больше, чем больше йода поступило) и вес щитовидной железы у человека (а здесь обратная зависимость: вред тем больше, чем меньше вес). Вес щитовидной железы минимален у новорожденных (несколько грамм), по мере роста человека он увеличивается до 20-25 г. При равном поступлении йода наибольшая доза на щитовидную железу формировалась у маленьких детей.

Радиоактивный йод в основном попадал в организм вместе с пищей, прежде всего со свежим коровьим или козьим молоком, если животные ели свежую траву, а не заготовленное ранее сено. При этом те, кто пил козье молоко, могли получить наибольшие дозы. Поэтому наиболее уязвимой группой оказались сельские жители, которые держали своих коров и коз, и, в особенности, их дети.

#### **Основной путь попадания радиоактивного йода**

Пастбище → корова → молоко → человек

В России наиболее сложная обстановка сложилась там, где радиоактивных выпадений было много (это юго-западные районы Брянской области), либо там, где сухие (без дождя) выпадения попадали на сформировавшийся травяной покров (это центральная и восточная части Брянской области, территории Орловской, Курской, Белгородской, Липецкой и Воронежской областей). Несвоевременное оповещение населения об опасности употребления молока стало главной причиной повышенного облучения. Приказ Минздрава, введенный 6 мая по этому поводу, был запоздалым и не мог быстро охватить все территории.

В меньшем количестве йод мог попадать с другими продуктами – куриными яйцами и листовой зеленью. Для тех, кто не пьет молока, этот путь мог стать основным, но полученные таким путем дозы были намного меньше. А жители Припяти и ряда близлежащих к Чернобыльской АЭС деревень основное количество йода получили за счет его вдыхания.

### *Почему не была проведена йодная профилактика?*

Если йод поступает через органы дыхания, то йодная профилактика должна быть проведена до того, как воздух окажется максимально загрязненным, иначе она будет неэффективной. Это было сделано только в Припяти. В последующие дни йодная профилактика имела смысл для тех жителей, которые получали йод вместе с молоком и другими продуктами. Альтернативной мерой был бы запрет на потребление этих продуктов. Но ни того, ни другого в первые дни сделано не было. В 30-км зоне йодная профилактика проходила с недельной задержкой. В сельских районах вне 30-км зоны йодная профилактика практически не проводилась до середины мая. Ее запоздалое внедрение было не эффективно.

Есть три причины, по которым йодная профилактика не была своевременно проведена. Во-первых, система радиационной защиты была секретной, решения принимались строго по вертикали. Инструкции по йодной профилактике имели гриф “для служебного пользования” и отсутствовали в большинстве медицинских учреждений. Попытки местных органов предпринять самостоятельные действия сдерживались “сверху” из-за боязни панических настроений на больших территориях. Во-вторых, службы гражданской обороны оказались неподготовленными к таким масштабным действиям. В-третьих, в первые дни йодных препаратов не было в достаточном количестве.

*Есть карты загрязнения территорий цезием-137. Верно ли на их основе судить о загрязнении территории йодом-131?*

Нет, не совсем верно. Измерения, которые проводились в ряде мест в первые дни после аварии, показывают, что соотношение йода-131 и цезия-137 в выпадениях на поверхность земли могло отличаться в несколько раз. Поэтому отождествление уровней воздействия радиоактивного йода с уровнями загрязнения территорий цезием будет верно не для всех случаев. Сегодня это, к сожалению, нельзя уточнить с помощью прямых измерений, так как йод-131 распался вскоре после аварии.

*Я родилась в 1988 году. А в 1987 году мои родители переехали в Брянскую область из Сибири. Верно ли, что у меня и моих родителей повышенный риск заболевания щитовидной железой из-за проживания на загрязненной территории?*

Нет. Выбросы йода-131 из 4-го энергоблока продолжались около 10 дней, а его воздействие – в течение 40 дней после аварии. То есть с июня 1986 года воздействие йода прекратилось. Любой человек, который в это время выезжал за пределы загрязненной территории, либо приехал позже, не был облучен.



### 3.2 Дозы облучения населения

Важнейшая характеристика последствий Чернобыльской аварии для здоровья – это дозы облучения, которые получило население пострадавших районов. Наибольший вклад в дозу облучения дал 1986 год, то есть первый год после аварии. Ни в одной из областей России, за исключением Брянской области, население не получило за 10 лет после аварии доз облучения выше 50 мЗв. По оценкам, в Брянской области дозы выше 50 мЗв за 10 лет получили около 47 тыс. человек, из них около 25 тыс. получили дозы выше 70 мЗв. Дозы свыше 70 мЗв за жизнь (т.е. выше уровня, допустимого по Закону «О радиационной безопасности населения») могут получить порядка 100 тыс. жителей области.

Дозы облучения на щитовидную железу от радиоактивного йода оценивают отдельно. При средних дозах в диапазоне от 0,03 до 0,3 Гр<sup>1</sup> индивидуальные дозы у отдельных людей могли достигать нескольких Гр, то есть превышать средние более чем в 100 раз. Столь большой разрыв объясняется различиями в возрасте, количестве потребляемого молока и уровне загрязнения почвы йодом.

#### Пример оценки доз для жителей населенного пункта

Для села Новые Бобовичи Новозыбковского района Брянской области, в котором уровень загрязнения цезием-137 составлял в 1986 году 30 Ки/км<sup>2</sup>, средняя доза облучения за 20 лет составит около 100 мЗв. В первые два года было получено около 40% этой величины (т.е. 40 мЗв), а в 2005 году – только 1,7% (т.е. 1,7 мЗв).

#### Радиационный фон в Новых Бобовичах (мкР/ч)

| Место   | 28.04.1986 | 01.09.1986 | 01.09.1987 | 01.09.1990 | 01.09.2005 |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| асфальт | 10 000     | 200        | 100        | 47         | 18         |
| двор    | 13 000     | 500        | 250        | 77         | 30         |
| газон   | 13 000     | 500        | 310        | 130        | 48         |

#### Дозы внешнего и внутреннего облучения по годам (мЗв)

|            | 1986 | 1987 | 1990 | 2005 |
|------------|------|------|------|------|
| Внешнее    | 15   | 8    | 4    | 0,7  |
| Внутреннее | 13   | 2    | 1    | 1    |
| Всего      | 28   | 10   | 5    | 1,7  |

Наибольшие дозы на щитовидную железу получили маленькие дети: от 0,1 до 0,5 Гр для детей в возрасте от 0 до 6 лет. Небольшая группа детей могла получить дозы порядка 1-2 Гр.

---

<sup>1</sup> Грей – единица измерения поглощенной дозы. Поскольку разные органы имеют неодинаковую чувствительность к радиации, то при одной и той же дозе последствия облучения для них различны. При равномерном облучении всего тела 1 Грей соответствует 0,8 Зиверта, но при облучении отдельного органа такой пересчет не всегда корректен.

*Как рассчитываются дозы?*

Дозы внешнего облучения можно рассчитать, если известен фон, который регистрируется дозиметрами. Индивидуальные дозиметры используют для контроля доз на производстве. Дозы внутреннего облучения определяют расчетным путем по пищевому рациону или же с помощью измерения радионуклидов непосредственно в человеке (например, с помощью прибора СИЧ – счетчика измерения человека).

*Какие дозы получили эвакуированные жители Украины и Белоруссии по сравнению с жителями России, которых не эвакуировали?*

Средняя доза облучения для эвакуированных на Украине составляла 17 мЗв (диапазон от 0,1 до 380 мЗв), для эвакуированных в Беларуси – 31 мЗв. Люди получили такие дозы за первые дни после аварии. Если бы они остались на месте, дозы были бы намного выше. Для жителей наиболее загрязненных районов Брянской области средние дозы за весь 1986 год составляли около 25-30 мЗв. Вышеприведенные оценки даны без учета доз на щитовидную железу.

*Какие дозы Чернобыльской радиации получают жители сегодня?*

Дозы зависят как от места проживания, так и от образа жизни людей, прежде всего структуры питания. Для большинства жителей дозы не превышают 1 мЗв, но есть населенные пункты, где средние дозы составляют 2-2,5 мЗв. Оценки годовых и накопленных доз для населенных пунктов России и Беларуси можно найти на сайте Российско-Белорусского информационного центра по адресу: <http://rbic.ibrae.ru/>.

*Все время говорят о средних дозах. Но ведь индивидуальные дозы могут быть намного выше?*

Индивидуальные дозы могут быть как выше, так и ниже средних. Для внешнего облучения диапазон доз не слишком велик. Скажем, если фон составляет 15 мкР/ч, то есть будет выше среднего на 5 мкР/ч, то за год доза дополнительного (сверх среднего фона) облучения составит 0,4 мЗв. Если же предположить, что человек 6 часов в день проводит в саду или в лесу, где фон повышен и составляет 40 мкР/ч, то доза дополнительного облучения составит 1 мЗв в год (0,2 мЗв от фона в 15 мкР/ч и 0,8 мЗв от фона в 40 мкР/ч). Это именно предположение, поскольку в реальной жизни трудно представить человека, который все зимние месяцы будет каждый день бывать в лесу по 6 часов.

Из-за индивидуальных особенностей питания диапазон доз внутреннего облучения может быть больше. Например, если съесть 20 кг грибов с уровнем содержания цезия в 20 раз выше нормы (то есть 10 000 Бк/кг), то доза составит 2,6 мЗв. Правда, столько получится, если есть грибы сырыми, что, конечно же, исключено. Если грибы отварили, то количество активности, а, значит, и доза, уменьшились в несколько раз.

### 3.3 Безопасное проживание на загрязненных территориях

Территории радиоактивного загрязнения – это, главным образом, сельскохозяйственные районы. Это значит, что радионуклиды могут попадать с продуктами питания в организм человека. Этим процессом можно управлять – уменьшить поступление радионуклидов можно на любом этапе получения продукции и приготовления пищи.

#### Пути попадания радиоактивного цезия

Почва → человек

Почва → растительность → человек

Почва → растительность → животные → человек

Если тщательно мыть зелень, овощи, ягоды, грибы и другие продукты, радионуклиды не будут попадать в организм с частичками почвы. Эффективные пути уменьшить поступление цезия из почвы в растения – это глубокая перепашка (делает цезий недоступным для корней растений), внесение минеральных удобрений (снижает переход цезия из почвы в растения), подбор выращиваемых культур (замена на виды, накапливающие цезий в меньшей степени). Уменьшить поступление цезия в продукты животноводства можно подбором кормовых культур и использованием специальных пищевых добавок.

Сократить содержание цезия в продуктах питания можно различными способами их переработки и приготовления: цезий растворим в воде, поэтому за счет вымачивания и варки его содержание уменьшается. Если овощи, мясо, рыбу варить 5-10 минут, то 30-60% цезия перейдет в отвар, который затем стоит слить. Квашение, маринование, соление снижает содержание цезия на 20%. То же относится и к грибам: их очистка от остатков почвы и мха, вымачивание в солевом растворе и последующее кипячение в течение 30-45 минут с добавлением уксуса или лимонной кислоты (воду сменить 2-3 раза) позволяют снизить содержание цезия до 20 раз. У моркови и свеклы цезий накапливается в верхней части плода, если ее срезать на 10-15 мм, его содержание снизится в 15-20 раз. У капусты цезий сосредоточен в верхних листьях, удаление которых уменьшит его содержание до 40 раз.

| Способ переработки молока  | Снижение содержания цезия, раз |
|----------------------------|--------------------------------|
| На сливки, творог, сметану | 4-6                            |
| На сыр, сливочное масло    | 8-10                           |
| На топленое масло          | 90-100                         |

Сегодня в загрязненных районах основными поставщиками цезия в организм человека являются молоко и лесные грибы. Зная, где пасти скот и косить сено, где собирать грибы и как их обрабатывать, можно избежать избыточного поступления цезия с этими продуктами.

*В одном и том же населенном пункте радиационный фон везде повышен равномерно?*

Нет. Выпадения не остаются равномерными на разных поверхностях. Например, с твердых поверхностей (камня, асфальта) они смываются за счет осадков или полива. Поэтому фон на городских улицах нормализуется быстро. На почве выпадения задерживаются дольше, но они заглубляются в результате естественных процессов или обработки почвы. Медленнее всего процесс заглубления идет там, где нет активной деятельности, например, в лесу. Там фон остается повышенным дольше.

*Можно ли ограничивать внешнее облучение от аварии?*

Это можно сделать несколькими способами, которые наиболее эффективны в первый год-два после аварии. Первый способ – это дезактивация, т.е. смыв или снятие верхнего слоя с сильнозагрязненных поверхностей. Второй – проводить меньше времени в местах, где фон сильно повышен. Третий – предотвращать разнос пыли с поверхности земли. В доме эффективным средством является влажная уборка.

*Что показывают пробы молока, грибов и ягод сегодня?*

В торговой сети продукция соответствует нормам, в личных подсобных хозяйствах – не всегда. Максимально зарегистрированное содержание цезия (Бк/кг) в продуктах питания в 2003 г. по Злынковскому району Брянской области (данные Центра Госсанэпиднадзора в Брянской области) представлены в таблице.

|                  | Овощи | Мясо | Молоко | Грибы | Ягоды | Рыба |
|------------------|-------|------|--------|-------|-------|------|
| Торговая сеть    | 26    | 118  | 32     | 188   | 20    | 46   |
| Личные хозяйства | 56    | 426  | 2786   | 68792 | 6450  | 420  |

При потреблении продукции только из торговой сети доза внутреннего облучения составит 0,2 мЗв в год, при потреблении продукции только из личных хозяйств годовая доза составит 2,6 мЗв.

*Если радионуклиды попали в организм, это уже навсегда?*

Нет. Для цезия период полувыведения (то есть время, за которое в организме останется половина поступившего цезия) – 120 дней. Ускорить выведение радионуклидов из организма можно, если пить больше жидкости, употреблять продукты, богатые клетчаткой (для улучшения работы кишечника) и пектином (для связывания радионуклидов).

*Один год измеряли грибы, собранные в лесу, и все было в порядке. Но на другой год грибы оказались грязные. Это измерили неправильно?*

Ошибку нельзя исключить. Но, скорее всего, одним и другим летом были разные погодные условия. Кроме того, различные виды грибов отличаются по способности накапливать цезий – собранные в том же месте, одни будут чистыми, другие нет. Также может быть и с ягодами: если они более водянистые, цезия в них будет больше.

### 3.4 Медицинские последствия Чернобыля

При радиационном воздействии последствия для здоровья определяются той дозой облучения, которую получил человек. Высокие дозы облучения (более 1 Зв) получил персонал на площадке 4-го энергоблока и аварийные работники, находившиеся вблизи разрушенного реактора. Те, кто участвовал в кратковременных работах по ликвидации аварии, могли получать дозы до 500 мЗв, а среднее значение доз для ликвидаторов составляет около 100 мЗв (см. таблицу).

| Группа ликвидаторов | Численность, чел. |         | Средняя доза, мЗв |         |
|---------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|
|                     | 1986 г.           | 1987 г. | 1986 г.           | 1987 г. |
| Персонал станции    | 2358              | 4498    | 87                | 15      |
| Строители «Укрытия» | 21500             | 5376    | 82                | 25      |
| Вспом. персонал     | 31021             | 32518   | 6,5               | 27      |
| Военнослужащие      | 61762             | 63751   | 110               | 63      |

Помимо лучевой болезни, возникшей у 134 человек, следствием радиационного воздействия стала повышенная заболеваемость ликвидаторов лейкозами (лейкозом, или раком крови, заболело 170 ликвидаторов, при этом каждый третий случай вызван радиационным воздействием). Среди ликвидаторов чаще регистрируются заболевания эндокринной системы (в 4 раза), болезни системы кровообращения (в 3-4 раза), психические расстройства, болезни нервной системы, болезни костно-мышечной системы и органов пищеварения (в 2 раза).

Для населения наиболее серьезным медицинским последствием аварии стал рак щитовидной железы. Щитовидная железа – это орган, чувствительный к облучению радиоактивным йодом, и самыми уязвимыми оказались те, кто на момент аварии были детьми и подростками. В период с 1992 по 2000 г. в Беларуси, России и Украине было выявлено около 4000 случаев рака щитовидной железы у тех, кому на момент аварии было от 0 до 18 лет. Можно утверждать, что большинство этих случаев является следствием радиационного воздействия. Рак щитовидной железы хорошо поддается лечению, и при своевременном его обнаружении в 99% случаев пациенту удается спасти жизнь. Из 4000 заболевших раком щитовидной железы умерло 15 человек (из них 9 – непосредственно от рака, 6 – по другим причинам).

За исключением щитовидной железы дозы облучения от Чернобыльской аварии, полученные населением России, относительно невелики (см. также раздел 3.2). Хотя радиационное нормирование исходит из того, что риск не равен нулю при любой дозе облучения, в реальной жизни риск заболеть раком именно по причине проживания на территории, загрязненной в результате аварии, практически отсутствует.

*Могут ли у детей возникнуть генетические дефекты, если родители получили дозу чернобыльской радиации?*

Ребенок с генетическими дефектами может родиться в любой семье, в том числе у совершенно здоровых родителей. В то же время у родителей, которые являются носителями дефектного гена, может родиться здоровый ребенок. Генетические дефекты возникают среди всех народов и стран мира. Это – особенность механизмов наследственности, заложенная природой. Наиболее известный генетический дефект – синдром Дауна – возникает с частотой 1 случай на 800 младенцев, а в целом спонтанный (то есть средний) уровень рождения детей с какими-либо наследственными нарушениями оценивается в 5% (то есть 5 младенцев на каждые 100 родившихся).

Генетический груз, возраст родителей, употребление алкоголя – эти и другие факторы приводят к повышенному риску рождения у супругов детей с генетическими дефектами. В случае радиации повышенный риск связан с получением высоких доз облучения: считается, что риск удваивается над спонтанным уровнем при дозе в 1 Зв (если спонтанный уровень 5%, то у 100 родителей, облученных в дозе 1 Зв, могут родиться не 5, а 10 младенцев с генетическими дефектами).

Дозы, полученные от Чернобыля, многократно ниже, поэтому риск рождения детей с генетическими дефектами именно по причине облучения родителей близок к нулю. Но, следует повторить, человек не может влиять на те наследственные процессы, которые приводят к случайному рождению у пары ребенка с генетическими дефектами.

От генетических эффектов следует отличать тератогенные эффекты, то есть когда воздействию подвергается уже сам плод, а не родители еще до зачатия ребенка. Есть факторы, которые повышают риск тератогенных эффектов: это перенесенные матерью инфекционные заболевания (например, краснуха), прием ряда лекарств и др.

В случае радиации риск тератогенных эффектов возникает при дозах выше 100 мЗв. Но если говорить о чернобыльской радиации, то сегодня дозы в 100 мЗв на чернобыльских территориях получить нельзя.

*Ликвидаторы чаще, чем в среднем, умирают от рака?*

Нет. Основными причинами смерти ликвидаторов являются болезни системы кровообращения (34%), травмы и отравления (29%), онкология занимает третье место (13%). Это не выше, чем в среднем. Однако пик раков среди ликвидаторов может произойти через 25-30 лет после аварии: если лейкозы возникают через 5 лет после облучения, то для других видов рака так называемый латентный период составляет 10-20 лет. А вот более высокая, чем в среднем, смертность от неестественных причин, говорит о социальном неблагополучии среди этих людей.

### 3.5 Чернобыльский форум

После Чернобыльской аварии были предприняты многочисленные попытки оценить ее медицинские, экологические и социально-экономические последствия. Различными экспертами давались различные, нередко противоречивые, оценки, а некоторые вопросы оставались без ответа. Для того, чтобы восполнить этот пробел и досконально изучить все имеющиеся данные, в 2003 году был образован Чернобыльский форум.

Чернобыльский форум является международной инициативой, в его деятельности принимают участие Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Программа развития Организации объединенных наций (ПРООН) и другие организации. В рабочие группы по разным направлениям вошли ученые и специалисты из трех пострадавших стран и международных эксперты (всего более 100 человек). Выводы Чернобыльского форума по медицинским, экологическим и социально-экономическим последствиям Чернобыльской аварии были представлены на конференции в Вене в сентябре 2005 года<sup>2</sup>. Основные из них приводятся ниже.

#### **Медицинские последствия**

На сегодняшний день от острой лучевой болезни умерло 50 аварийных работников, и еще 9 детей умерли от рака щитовидной железы. Общее число людей, которые погибли и еще могут погибнуть из-за Чернобыльской аварии среди 600 000 человек в Беларуси, России и Украине (это 200 000 человек, участвовавших в аварийных работах в 1986-1987 гг., 116 000 эвакуированных лиц и 270 000 жителей наиболее загрязненных территорий), составляет 4000 человек.

#### **Экологические последствия**

Вне зоны повышенного облучения на расстоянии 20-30 км от Чернобыльской АЭС растения и животные не пострадали.

#### **Социально-экономические последствия**

Из-за отсутствия точной информации для населения авария нанесла разрушительное психологическое воздействие: сформировались мифы и ложные представления об опасности, создаваемой радиацией.

Нищета и “социальные” болезни (курение, алкоголь, стресс, нездоровый образ жизни) представляют намного бóльшую угрозу для жителей пострадавших территорий, чем радиация. Для Чернобыльских регионов экономические проблемы сегодня являются основными.

---

<sup>2</sup> Документы (включая пресс-релиз на русском языке) представлены на сайте МАГАТЭ по адресу: <http://www.iaea.org/NewsCenter/Focus/Chernobyl/index.shtml>

*Раньше говорилось о 50 погибших. Теперь Чернобыльский форум назвал цифру 4000 человек. Какая цифра будет следующей?*

Чернобыльский форум подтвердил цифры, которые озвучивались ранее: это 50 погибших среди аварийных работников и 9 смертей от рака щитовидной железы на 2005 год, т.е. спустя 19 лет после аварии. В последующие годы число погибших может возрасти, и Чернобыльский форум назвал максимальное количество смертных случаев в целом – 4000. Это 59 человек, которые погибли, и примерно 3940 среди 600 000 человек наиболее затронутых аварией. Цифра 3940 – это именно оценка, причем максимальная (рассчитанная по концепции, что риск не равен нулю при любой, сколь угодно малой дозе), а совсем не то число смертей от радиации, которое обязательно произойдет. Из 3940 потенциальных смертей более половины, или 2200, это оценка потенциальной смертности от радиационного фактора для ликвидаторов – тех 200 000 человек, участвовавших в аварийных работах в 1986-1987 гг. (при этом около 1000 человек – персонал на площадке станции и аварийные работники – подверглись сильному облучению в первый день после аварии).

*Эксперименты ученых показали, что даже самые небольшие дозы облучения вызывают изменения на клеточном уровне. Разве это не свидетельствует о вреде радиации?*

Нет. По клетке нельзя судить об организме, как по царапине на пальце нельзя сделать вывод о состоянии здоровья человека. Изменения в клетках происходят постоянно – так устроена сама жизнь. Обычное волнение, еда, прием лекарств и другие обычные вещи – все это вызывает в клетках определенные изменения. Но если клетки крайне чувствительны, то организм как целостная система – очень устойчив. В том числе и за счет того, что клетки органов быстро обновляются (например, слизистая желудка – всего за 7 дней).

*Результаты Чернобыльского форума подверглись критике и учеными, и экологами. Кому в этом случае верить?*

Научные выводы всегда должны быть открыты для критики. Но часто науку критикуют не потому, что ее выводы ошибочны, а потому, что они неудобны. В результате побеждает не наука, а политика.

За прошедшие годы обеспокоенность последствиями аварии для здоровья не уменьшалась, а увеличивалась. Это закономерно, поскольку Чернобыльская авария стала вопросом большой политики с первого же дня. Выводы Чернобыльского форума о медицинских последствиях аварии оптимистичны: последствия для здоровья оказались меньшими, чем было принято думать. Но кому верить в этом или любом другом вопросе – каждый должен решать сам.



### 3.6 Уроки Чернобыля

Одним из главных уроков Чернобыля стало ужесточение требований к безопасности атомных станций во всем мире. Реактор РБМК, установленный на 4-м энергоблоке, работал надежно и безопасно в нормальном режиме эксплуатации. Его конструкционные недостатки могли бы никогда не проявиться, если бы не тот эксперимент, сопровождавшийся ошибочными действиями персонала. “Персонал допустил ..., реактор позволил ...,” – этой емкой фразой можно охарактеризовать трагическое сочетание двух главных составляющих аварии. Атомный реактор, как и другая сложная техника, не должен “позволять”, – такой подход к обеспечению безопасности (защита “от дурака”) стал определяющим после Чернобыля. Необходимые изменения в конструкции были произведены на всех АЭС с реакторами чернобыльского типа.

Но Чернобыль – это не только и не столько техническая катастрофа. Чернобыль имеет и вполне конкретное человеческое измерение. Общество и, прежде всего, власти оказались не готовы к возможности аварии такого масштаба. Здесь сказалось как общее благодушие в отношении способности человека управлять сложной техникой, господствовавшее в те годы, так и неготовность уполномоченных органов и вполне конкретных исполнителей принимать на себя ответственность за случившееся.

Чернобыль наглядно показал и то, что вопросы, затрагивающие здоровье и благополучие граждан, не должны быть предметом политических игр. Это, к сожалению, произошло с Чернобыльской аварией, многократно увеличив ее негативные последствия. В Чернобыле столкнулись наука и политика, причем последняя много раз одерживала верх в ключевых вопросах. Одним из результатов такого столкновения стал подход “чем хуже, тем лучше”, который долгое время был доминирующим. Людское горе, человеческая беда использовались в политических или иных корыстных целях.

Быть честным перед своим народом – это один из принципиальных уроков Чернобыля, к сожалению, до сих пор плохо усвоенный. В первые годы правду скрывали, затем неполнота или противоречивость информации привели к тотальному неверию людей в то, что говорится о Чернобыле и его последствиях.

Горько учиться на ошибках, цена которым жизнь, здоровье и благополучие людей. Но еще горше – не учиться на таких ошибках. Это важнейший урок долгой Чернобыльской эпопеи.

