



Константинов Александр Павлович — кандидат технических наук, доцент. Окончил Уральский политехнический институт (Свердловск — Екатеринбург). Работал в цветной и чёрной металлургии, в атомной промышленности, Федеральной службе по экологическому и атомному надзору (Госатомнадзору).

Автор восьми книг, пятидесяти научных трудов, в том числе трёх учебных пособий и десяти изобретений в области промышленной и медицинской экологии.

В настоящее время — главный инспектор по контролю безопасности ядерно-опасных и радиационно-опасных объектов АО «Уральский электрохимический комбинат» (город Новоуральск Свердловской области).

Здесь может быть ваш логотип, например:



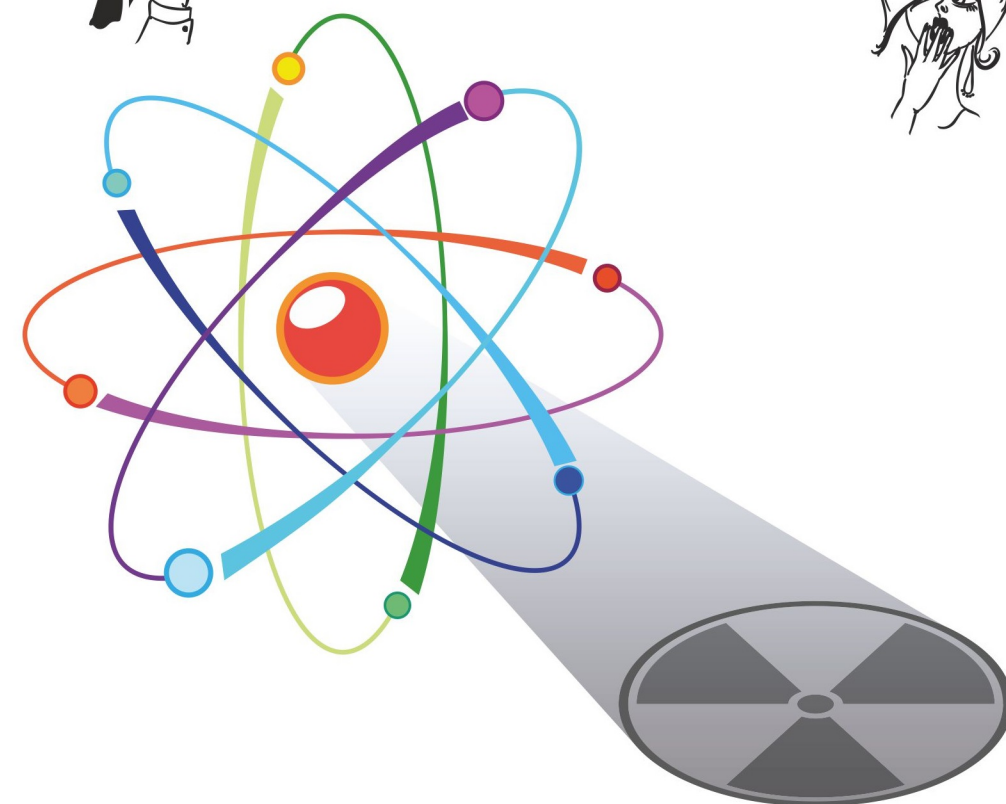
РОСЭНЕРГОАТОМ
**КОЛЬСКАЯ
АЭС**

Занимательная радиация

Александр Константинов

Александр Константинов

Занимательная РАДИАЦИЯ



УДК 502:613.169.16

ББК 20.1

К65

Константинов, А.

К65 Занимательная радиация. Всё, о чём вы хотели спросить: чем нас пугают, чего мы боимся, чего следует опасаться на самом деле, как снизить риски: науч. - попул. изд. / Александр Константинов. — Новоуральск. — 2018. — 224 с. : ил.

Книга отвечает на вопросы, интересующие многих людей: как оценить угрозу радиации и защититься от неё, стоит ли выводить радионуклиды спиртом либо уезжать в другой регион, где нет атомных станций?

Книга предназначена для широкого круга читателей: студентов и преподавателей, учителей и врачей, инженеров и рабочих, бизнесменов и домохозяек, учёных и журналистов.

УДК 502:613.169.16

ББК 20.1

Все права защищены

Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© Текст, графический дизайн, иллюстрации.
Александр Константинов, 2018

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сегодня о радиации не говорит и не пишет лишь ленивый. Сотни книг, тысячи статей, радио- и телепередач посвящены этой теме. Зачем понадобилась ещё одна книга? С чего автор вдруг решил, что она заинтересует читателей?

Дело тут вот в чём: большая часть книг и статей о радиации написана либо профессионалами для профессионалов, либо журналистами для населения. Первые книги — научные, для обычного человека не очень понятные. А популярные публикации часто грешат предвзятостью. Это либо ужастики, либо скрытая реклама каких-то средств «от радиации». Или наоборот — нечто благостно-успокаивающее. И в отсутствие базовых знаний мы вынуждены принимать на веру то, что предлагают.

Да, существуют учебники. Их взрослый человек читать не будет: скучно. И есть практические брошюры, предназначенные для пострадавших от радиационных аварий. К большинству из нас это не относится.

Целью автора было создание читабельной, лёгкой для понимания книги. Чтобы уйти от занудства учебного изложения, используется форма разоблачения мифов.

Книгу можно читать по-разному. Кого-то интересуют отдельные вопросы. Например, выводит ли спирт радионуклиды и если да, то чем закусывать? Тогда можно читать выборочно. А полная книга научит оценивать радиационную опасность реально, как есть на самом деле. В книге нет сложных формул, мало научных терминов, зато много примеров и рисунков.

Читатели вовсе не обязаны верить автору на слово. И если у кого-то появится желание проверить приведенные сведения, он сможет сделать это по литературным источникам. Ссылки на них приведены в тексте (номера в квадратных скобках), а перечень — в конце каждой главы. Этот перечень включает публикации, рассчитанные на читателей с разным уровнем подготовки.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АРМИР — автоматизированное рабочее место по оценке индивидуального риска

АЭС — атомная электростанция

Бк — беккерель

бэр — биологический эквивалент рентгена

ВАО — высокоактивные отходы

ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор

ВУРС — Восточно-Уральский радиационный след

Гр — грей

ДДУ — детские дошкольные учреждения

ДГР — дочерние продукты распада радона

ЕРФ — естественный радиоактивный фон

Зв — зиверт

ИДК — индивидуальный дозиметрический контроль

Ки — кюри

ЛД — летальная доза

МКРЗ — Международная комиссия по радиологической защите

НКДАР ООН — Научный комитет ООН по действию атомной радиации

ОЛБ — острая лучевая болезнь

ОЯТ — отработавшее ядерное топливо

ПД — предел дозы облучения

ПДК — предельно допустимая концентрация

ПО — производственное объединение

Р — рентген

РАМН — Российская Академия медицинских наук

РБМК — реактор большой мощности канальный

РГМДР — Российский государственный медико-дозиметрический регистр

Росатом — Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»

РЩЖ — рак щитовидной железы

$T_{1/2}$ — период полураспада

твэл — тепловыделяющий элемент

ТЭС — тепловая электростанция
УрО РАН — Уральское отделение Российской Академии наук
ФГУП — Федеральное государственное унитарное предприятие
ХЛБ — хроническая лучевая болезнь
ЧАЭС — Чернобыльская атомная электростанция
чел.-Зв — человеко-зиверт
ЯТЦ — ядерный топливный цикл

МИФ ПЕРВЫЙ:

РАДИАЦИЮ ИЗОБРЕЛИ АТОМЩИКИ, А ЕЁ ПЕРВЫЕ ЖЕРТВЫ — ЖИТЕЛИ ХИРОСИМЫ И НАГАСАКИ

На самом деле радиоактивность существовала всегда. Люди испокон века жили в условиях так называемого **естественного радиоактивного фона (ЕРФ)**. И всегда мы немного облучались: сверху, снизу и даже изнутри.

До земной поверхности доходит часть космических излучений; ещё мы облучаемся от тех радионуклидов, которые входят в состав Земли-матушки (горные породы содержат уран и торий). И даже в составе нашего тела есть радионуклиды природного происхождения. Другое дело, что до конца 19-го века о существовании радиации даже не подозревали. Но последствия переоблучения проявлялись уже давно.

Первую массовую гибель людей от радиации наблюдали аж в 16-м веке! Австрийские горняки, работавшие на свинцовых коях близ города Иоахимсталль (ныне чешский город Яхимов), умирали в возрасте 30-40 лет от таинственной «горной болезни», или «горняцкой чахотки». Смертность шахтёров в 50 раз превышала смертность остального населения, а местные женщины выходили замуж по несколько раз.



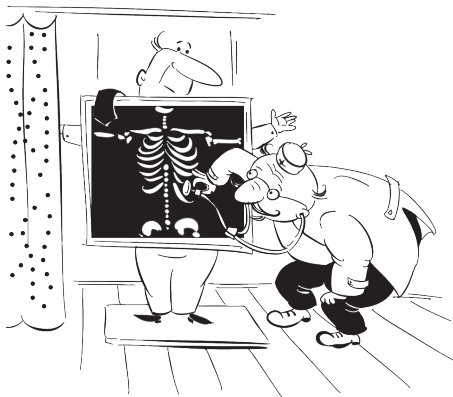
В то время не знали, что свинцовые руды содержат ещё и уран, и поэтому выделяют радиоактивный радон. Лишь в 1879 году выяснили, что «горная болезнь» — это рак лёгких. А причину болезни установили ещё позже. Кстати, город Иоахимсталль знаменит не только этим. Именно в Иоахимстали чеканили деньги, которые имели хождение во всей Европе. Называли эту крупную серебряную монету — **иоахимсталер**, сокращенно **талер**. Позднее «талер» стали производить как **доллар**.

А радиоактивность как явление была открыта в конце 19-го века. И скоро люди узнали: радиация может быть смертельно опасной. Уже в **1928** году был создан специальный Комитет по защите от рентгеновских лучей и радия, позднее реорганизованный в Международную комиссию по радиологической защите — МКРЗ (а вы говорите: «Хиросима»).

Первое время МКРЗ занималась проблемой облучённых медиков. Ведь в начале 20-го века многие врачи работали с рентгеновскими лучами. И почти весь их первый отряд погиб от онкологических заболеваний. В **1936** году в Гамбурге им открыли памятник (да-да, в гитлеровской Германии). На нём высечены 186 имён рентгенологов и радиологов всех наций — жертв переоблучения (а вы говорите: «Нагасаки») [1].

Да, в наше время массовые переоблучения чрезвычайно редки. Тем не менее в среднем мы получаем дозу в три-четыре раза больше, чем в стародавние времена. Позднее вы узнаете, что такое доза и насколько опасно такое увеличение. Пока же перечислим главные пути дополнительного облучения современного человека.

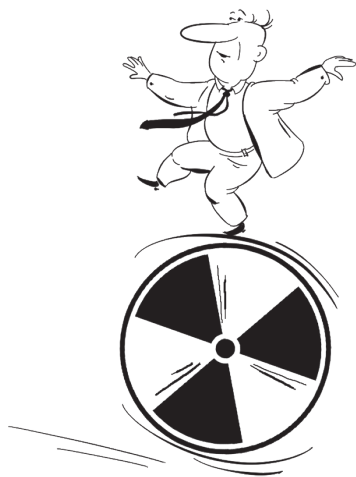
Во-первых, мы проходим рентгеновское обследование.



Во-вторых, сегодня мы живём не на открытом воздухе, а в помещениях. И в результате появляются два дополнительных источника облучения. Первый называют *внешним облучением от строительных материалов*: ведь бетон и кирпич всегда содержат немного урана и тория, а также радиоактивные продукты их распада. Поэтому в каждом килограмме бетона ежесекундно происходит 30-50 радиоактивных распадов, а в килограмме кирпича — 100-150 распадов. По-научному это называется так: «удельная активность бетона составляет 30-50, кирпича — 100-150 беккерелей на килограмм (Бк/кг)».

А второй, более мощный источник облучения, — *внутренний*, за счёт вдыхаемого радиоактивного радона, который накапливается внутри помещений.

В итоге мы получаем приличную добавку к природному фону. Итак, мы жили, живём и будем жить в радиоактивном мире.



Хорошо это или плохо? Пока примем как данность.

Литература

1. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: учебник. — М.: Медицина, 1999. – 384 с.

МИФ ВТОРОЙ:

САМЫЙ ОПАСНЫЙ РАДИОНУКЛИД — СТРОНЦИЙ

Откуда взялась эта мрачная популярность радиоактивного стронция? Ведь в работающем ядерном реакторе образуется 374 искусственных радионуклида, из них одного стронция — 10 разных изотопов. Нет, подавай нам стронций не абы какой, а именно стронций-90.



Возможно, в головах читателей мелькает смутная мысль о таинственном периоде полураспада, о долгоживущих и короткоживущих радионуклидах? Что же, попробуем разобраться. Кстати, не пугайтесь слова **радионуклид**. Сегодня этим термином принято называть радиоактивные изотопы. Именно так — **радионуклид**, а не исковерканный «радионуклеид» или даже «радионуклеотид». Со взрыва первой атомной бомбы прошло 70 лет, и многие термины обновились. Сегодня вместо «атомный котёл» мы говорим: «**ядерный реактор**», вместо «радиоактивные лучи» — «**ионизирующие излучения**», ну, а вместо «радиоактивный изотоп» — «**радионуклид**».

Но вернемся к стронцию. И в самом деле, всенародная любовь к стронцию-90 связана с его периодом полураспада.

А кстати, что это такое: **период полураспада**? Дело в том, что радионуклиды тем и отличаются от стабильных изотопов, что их ядра неустойчивы, **нестабильны**. Рано или поздно они распадаются — это и называется **радиоактивным распадом**. При этом радионуклиды, превращаясь в другие изотопы, испускают эти самые ионизирующие излучения. Так вот, различные радионуклиды нестабильны в разной степени. Одни распадаются очень медленно, в течение сотен, тысяч, миллионов и даже миллиардов лет. Их называют **долгоживущими радионуклидами**. Например, все природные изотопы урана — долгоживущие. А есть **короткоживущие** радионуклиды, они распадаются быстро: в течение секунд, часов, суток, месяцев. Но радиоактивный распад всегда происходит по одному и тому же закону (рис. 2.1).

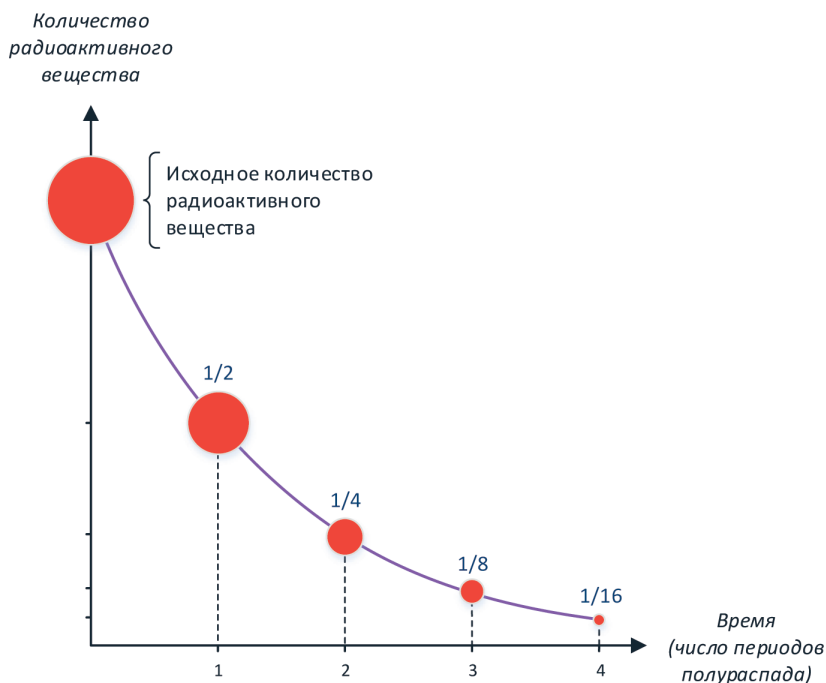


Рис. 2.1 Закон радиоактивного распада

Сколько бы мы ни взяли радионуклида (тонну или миллиграмм), половина этого количества **всегда** распадается за одинаковый (**для данного радионуклида**) промежуток времени. Его-то и называют «периодом полураспада» и обозначают: $T_{1/2}$.

Повторим: этот временной промежуток уникален и неизменен для каждого радионуклида. Можно делать что угодно с тем же стронцием-90: нагревать, охлаждать, сжимать под давлением, облучать лазером, — всё равно половина любой порции стронция распадётся за 29,1 лет, половина оставшегося количества — ещё в течение 29,1 лет и так далее. Считается, что через 20 периодов полураспада радионуклид исчезает полностью.

Чем быстрее распадается радионуклид, тем он более радиоактивен, ведь каждый распад сопровождается выбросом одной порции ионизирующего излучения в виде альфа- или бета-частицы, иногда «в сопровождении» гамма-излучения («чистого» гамма-распада в природе не существует).

Но что значит «большая» или «маленькая» радиоактивность, в чём её измерить? Для этой цели используют понятие **активность**. Активность позволяет оценить интенсивность радиоактивного распада в цифрах. Если в секунду происходит один распад, говорят: «Активность радионуклида равна одному **беккерелю** (1 Бк)». А раньше использовали намного более крупную единицу — **кюри**: 1 Ки = 37 миллиардов Бк.

Конечно, сравнивать следует одинаковые количества разных радионуклидов, например 1 кг или 1 мг. Активность единицы массы радионуклида называют **удельной активностью**. Вот она-то, эта самая удельная активность, **обратно пропорциональна** периоду полураспада данного радионуклида (так, надо передохнуть).

Давайте сравним эти характеристики для самых известных радионуклидов (таблица 2.1).

Так почему же всё-таки стронций-90? Вроде бы ничем особенным не выделяется — так, серединка на половинку. И как раз в этом всё дело!

Сначала попробуем ответить на один (сразу предупреждаю) провокационный вопрос. Какие радионуклиды опаснее: короткоживущие или долгоживущие? Так, мнения разделились.

Таблица 2.1 Радиационные характеристики некоторых радионуклидов

Радионуклид	Вид распада	Период полураспада	Удельная активность Бк/мг	Примечание
Йод-131	β	8,04 суток	$4,6 \times 10^{12}$	Короткоживущие
Радон-222	α	3,82 суток	$5,7 \times 10^{12}$	
Стронций-90	β	29,1 лет	5×10^9	Долгоживущие
Цезий-137	β (γ)	30,0 лет	$3,2 \times 10^9$	
Плутоний-239	α	$24,1 \times 10^3$ лет	$2,3 \times 10^6$	
Йод-129	β	$15,7 \times 10^6$ лет	$6,5 \times 10^3$	
Калий-40	β	$1,28 \times 10^9$ лет	2,58	
Уран-238	α	$4,47 \times 10^9$ лет	12,5	

С одной стороны, опаснее короткоживущие: они более активны. А с другой стороны, после быстрого распада «коротышей» проблема радиации исчезает.

Кто постарше, помнит: сразу после чернобыльской аварии больше всего шума было вокруг радиоактивного йода. Короткоживущий йод-131 подорвал здоровье многих чернобыльцев. Зато сегодня с этим радионуклидом проблем нет. Уже через полгода после аварии выброшенный из реактора йод-131 распался, даже следа не осталось.

Теперь о долгоживущих изотопах. Их период полураспада может составлять миллионы и миллиарды лет. Такие нуклиды малоактивны. Поэтому в Чернобыле не было, нет и не будет проблем с радиоактивным загрязнением территорий ураном. Хотя по массе выброшенных из реактора химических элементов лидировал именно уран, причём с большим отрывом. Но кто же измеряет радиацию в тоннах? По активности, по беккерелям уран не представляет серьёзной опасности: слишком долгоживущий.

И вот теперь мы подошли к ответу на вопрос о стронции-90. У этого изотопа период полураспада равен 29 лет. Очень «противный» срок, ибо соизмерим с продолжительностью жизни человека. Стронций-90 достаточно долгоживущий, чтобы загрязнить территорию на десятки

и сотни лет. Но не настолько долгоживущий, чтобы иметь низкую удельную активность. По значению периода полураспада к стронцию очень близок цезий-137 (30 лет). Вот почему при радиационных авариях именно эта «сладкая парочка» создаёт большую часть «долгоиграющих» проблем. Кстати, в негативных последствиях чернобыльской аварии **гамма-активный** (потерпите три странички) цезий виновен сильнее «чистого» бета-излучателя стронция.

А пройдет лет шестьсот, и в зоне чернобыльской аварии не останется ни цезия, ни стронция. И тогда на первое место выйдет... Вы уже догадались, верно? Плутоний!

Но мы ещё далеки от понимания главной проблемы — опасности разных радионуклидов для здоровья. Ведь период полураспада, как и удельная активность, напрямую с такой опасностью не связан. Эти свойства характеризуют лишь сам радионуклид.

Возьмём, к примеру, одинаковые количества урана-238 и стронция-90: одинаковые по активности, а конкретно — по миллиарду беккерелей каждого. Для урана-238 — это около 80 кг, а для стронция-90 — всего 0,2 мг. Будет ли отличаться их опасность для здоровья? Как небо от земли!

Рядом со слитком урана массой 80 кг можно спокойно стоять, можно посидеть на нём безо всякого вреда для здоровья, ведь почти все альфа-частицы, образующиеся в процессе распада урана, останутся внутри слитка.

А вот такое же по активности и при этом ничтожно малое по массе количество стронция-90 чрезвычайно опасно. Если человек находится рядом без средств защиты, то за короткое время он получит как минимум радиационные ожоги глаз и кожи.

Знаете, на что похожа удельная активность? Тут напрашивается



аналогия — **скорострельность** оружия. Помните, что вопрос об опасности долго- и короткоживущих радионуклидов — провокационный? Так оно и есть! Всё равно, что спросить: «Какое оружие опасней: которое делает сто выстрелов в минуту или один выстрел в час?». Здесь важнее другое: калибр оружия, чем оно стреляет и, самое главное, долетит ли пуля до цели, поразит ли её, и какие при этом будут повреждения?

Начнём с простого — с «калибра». Вы наверняка и раньше слышали об альфа-, бета- и гамма-излучениях. Именно эти виды излучений образуются при радиоактивных распадах (вернёмся к таблице 2.1). У таких излучений имеются как общие свойства, так и различия.

Общие свойства: все три вида излучений относят к **ионизирующим**. Что это значит? Энергия излучений чрезвычайно высока. Настолько, что при попадании в другой атом они выбивают с его орбиты электрон. Атом-мишень при этом превращается в положительно заряженный ион (вот почему излучения — **ионизирующие**). Именно высокая энергия отличает ионизирующие излучения от всех прочих излучений, например, от микроволнового или ультрафиолетового.

Чтобы стало совсем понятно, представим атом. При огромном увеличении он выглядит как маковое зерно (ядро атома), окружённое тончайшей сферической плёнкой типа мыльного пузыря диаметром несколько метров (электронная оболочка).

И вот из нашего зёрнышка-ядра вылетает совсем крошечная пылинка, альфа- или бета-частица. Так выглядит радиоактивный распад. При испускании заряженной частицы заряд ядра изменяется, а значит, образуется **новый химический элемент**.

А наша пылинка мчится с огромной скоростью и врежется в электронную оболочку другого атома, выбивая из неё электрон. Атом-мишень, потеряв электрон, превращается в положительно заряженный ион. Но химический элемент остаётся прежним: ведь число протонов в ядре не изменилось. Такая ионизация — процесс химический: то же самое происходит с металлами при растворении в кислотах.

Вот по такой способности ионизировать атомы разные виды

излучений и относят к радиоактивным. Ионизирующие излучения могут возникать не только в результате радиоактивного распада. Их источником может служить: реакция деления (атомный взрыв или ядерный реактор), реакция синтеза лёгких ядер (Солнце и другие звёзды, водородная бомба), ускорители заряженных частиц и рентгеновская трубка (сами по себе эти устройства не радиоактивны). Главное отличие радиации — высочайшая энергия ионизирующих излучений.

Различия же альфа-, бета- и гамма-излучений определяются их природой. В конце 19-го века, когда была открыта радиация, никто не знал, что это за «зверь». И вновь открываемые «радиоактивные лучи» просто обозначали первыми буквами греческого алфавита.

Сперва открыли **альфа-лучи**, испускаемые при распаде тяжёлых радионуклидов — урана, радия, тория, радона. Природу же альфа-частиц выяснили уже после их открытия. Оказалось, что это летящие с огромной скоростью ядра атомов гелия. То есть тяжёлые положительно заряженные «пакеты» из двух протонов и двух нейтронов. Эти «крупнокалиберные» частицы далеко пролететь не могут. Даже в воздухе они проходят не более нескольких сантиметров, а лист бумаги или, скажем, внешний омертвевший слой кожи (эпидермис) задерживает их полностью.

Бета-частицы при ближайшем рассмотрении оказались обычными электронами, но опять же летящими с огромной скоростью. Они значительно легче альфа-частиц, и электрический заряд у них поменьше. Такие «мелкокалиберные» частицы глубже проникают в разные материалы. В воздухе бета-частицы пролетают несколько метров, их способны задержать: тонкий лист металла, оконное стекло и обычная одежда. Внешнее облучение обычно приводит к ожогу хрусталика глаза или кожи, подобно солнечному ультрафиолету.

И, наконец, **гамма-излучение**. Оно имеет ту же природу, что и видимый свет, ультрафиолетовые, инфракрасные лучи или радиоволны. То есть гамма-лучи — это электромагнитное (фотонное) излучение, но с чрезвычайно высокой энергией фотонов. Или, другими словами, с очень короткой длиной волны (рис. 2.2).

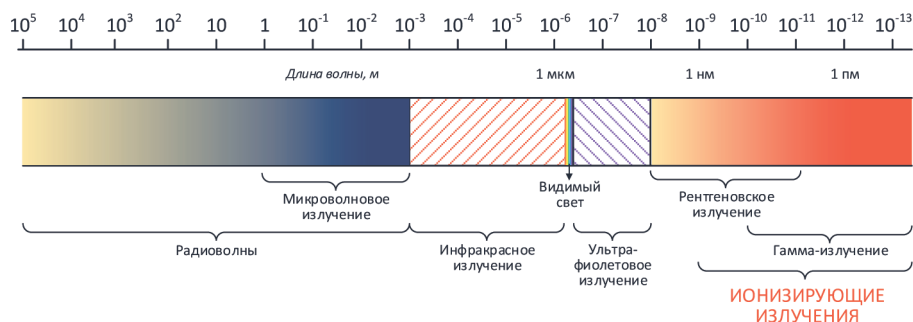


Рис. 2.2 Шкала электромагнитных излучений

Гамма-излучение имеет очень высокую проникающую способность. Она зависит от плотности облучаемого материала и оценивается **толщиной слоя половинного ослабления**. Чем плотнее материал, тем лучше он задерживает гамма-лучи. Именно поэтому для защиты от гамма-излучения чаще используют бетон или свинец. В воздухе гамма-лучи могут пройти десятки, сотни и даже тысячи метров. Для других материалов толщина слоя половинного ослабления показана на рис. 2.3.

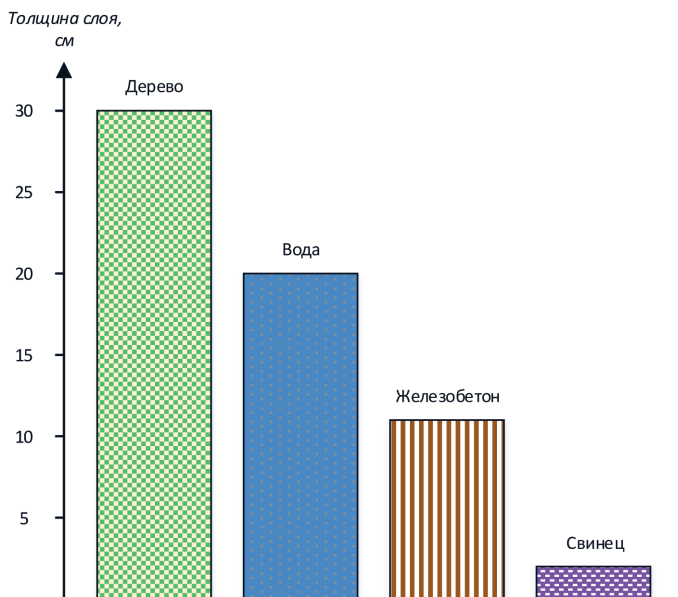


Рис. 2.3 Значение слоёв половинного ослабления гамма-излучения

При воздействии гамма-излучения на человека могут быть повреждены и кожа, и внутренние органы. Если бета-излучение мы сравнили со стрельбой мелкокалиберными пулями, то гамма-излучение — это стрельба иголками.

По природе и свойствам на гамма-излучение очень похоже излучение **рентгеновское**. Отличается происхождением: его получают искусственно в рентгеновской трубке.

Существуют и другие виды ионизирующих излучений. Например, при ядерной вспышке или работе ядерного реактора, кроме гамма-излучений, образуются потоки нейтронов. Космические лучи помимо этих же излучений несут протоны и много чего ещё.

Итак, мы ответили на вопрос о «скорострельности» и «калибре» ионизирующих излучений. Но этот вопрос вовсе не главный. Куда важнее последствия облучения. Поэтому необходимо узнать, как ионизирующие излучения действуют на живой организм.

Об этом — в следующей главе.

МИФ ТРЕТИЙ:

САМЫЙ ОПАСНЫЙ ВИД РАДИАЦИИ — ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ

Со школьных времен у многих сложилось впечатление: по-настоящему опасно именно гамма-излучение. Образуясь при ядерной вспышке, гамма-лучи пролетают многие километры, пронизывают людей насквозь и приводят к лучевой болезни. Именно для защиты от гамма-излучений ядерный реактор окружают бетонной толщей, а небольшие источники излучений прячут в свинцовые контейнеры.

Всё это так. Но не имеет прямого отношения к опасности излучений для человека. Почему? Потому что в этом случае речь идёт о совсем другом свойстве излучений — об их **проникающей способности**. Да, у гамма-излучений такая способность много выше, чем у альфа- и бета-лучей. Но опасность излучений определяется не проникающей способностью, а **дозой**. Позднее мы вернемся к нашим гамма-лучам, а пока попробуем понять, что такое доза.

Рассмотрим на бытовом приме-

ре. Человек выпил 250 граммов водки. Это что — доза?

Нет, это порция, которая содержит 100 граммов спирта. А доза рассчитывается с учетом массы тела человека. Если он весит 100 кг, то в нашем примере доза будет равна

1 грамму алкоголя на 1 килограмм

массы тела. Если же человек весит 50 кг, то доза будет равна 2 грамма на килограмм, то есть в два раза больше. Видите, как удобно сравнивать? Уже ясно, что на второго человека приём той же порции окажет более сильное действие. А от одинаковой дозы и последствия будут соразмерные.



Подобным образом оценивают и воздействие ионизирующих излучений на человека. Самая простая характеристика — так называемая **поглощённая доза**. Как её определяют? В два этапа. Сначала измеряют или рассчитывают — нет, не граммы спирта, а количество энергии, которое поглотило тело (человек или отдельный орган) в результате облучения. А потом эту поглощённую энергию делят на массу тела.

Русский и француз в поезде.

Француз достаёт коньячок, шоколадку. Наш — бутылку водки и банку с капустой.

Чокнулись. Француз рюмочку пригубил, от шоколадки откусил — и к зеркалу.

Наш опрокинул стакан, пятернёй капусту зацепил:

— А ты, мусью, чего это в зеркало любуешься?

— Свою дозу определяю. Щёчки порозовели — всё, достаточно.

Выпили ещё, наш закусил, и тоже — к зеркалу.

— Месье, а зачем вы рот открываете?

— Так свою дозу определяю.

— ?!

— Капуста всплывёт — всё, хватит.

В чём измеряют энергию? Правильно, в джоулях (Дж). А массу? В килограммах. Выходит, что поглощённая доза будет измеряться в джоулях на килограмм: Дж/кг. Но когда речь идёт о радиации, «джоуль на килограмм» получает специальное имя, в честь известного учёного. Может быть, слышали — **«грей» (Гр)**? Возможно, вам знакомо слово **«рад»** — в радах измеряли поглощённую дозу прежде, до введения грея. Один рад в сто раз меньше грея, так относится копейка к рублю:

1 Гр = 100 рад.

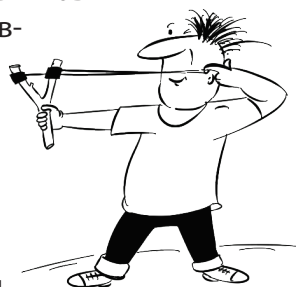
А ещё раньше использовали общеизвестную единицу — **рентген**. Рентгенами оценивали не энергию, а ионизирующую способность излучения. Не будем забивать голову, для простоты отметим, что рентген примерно равен раду.

Обратите внимание на три важные детали. Во-первых, доза — это дробь. И в числителе стоит вовсе не количество альфа-частиц или гамма-квантов, поглощённых телом. В числителе дроби — **энергия**. Значение имеет именно энергия ионизирующих излучений. Например, гамма-излучение может быть, как жёстким, так и мягким: жёсткое излучение (см. правый край шкалы на рис. 2.2) обладает высокой энергией, а мягкое (поближе к ультрафиолету) несёт меньшую энергию. Важен не только калибр пули. Выстрел из винтовки — одно дело, а той же пулей из рогатки — совсем другое.

Во-вторых, нас интересует не вся энергия излучения, а лишь та часть, что **поглотилась** облучённым телом. Энергия излучения, прошедшая сквозь тело, в дозу не входит.

И, в-третьих, в знаменателе дроби стоит масса. Но уже не масса радионуклида, как при расчёте удельной активности,

а масса **облучаемого тела** — мишени.



Ах, да, ещё используют какие-то **зверты**. Но прежде, чем вы окончательно запутаетесь, хочу немного вдохновить вас.

Правда, не всех, а лишь мужскую часть читателей. Попробуем понять: а зачем нам, мужикам, нужно разбираться во всех этих грехах и беккерелях? Представьте, вы знакомитесь с шикарной женщиной. Без больших денег удивить её трудно (я же понимаю: вряд ли эту книгу читает олигарх). Но мы поступаем так. Плавном переводим разговор на тему о радиации и небрежно вставляем типа: «Так... плотность загрязнения территории там была... м-м-м... 10 кюри на квадратный километр. Тогда эти чернобыльцы получали (тут надо потереть лоб указательным пальцем) среднюю дозу около 100 миллигрей. Больше нормы, но не опасно». Всё! Она в экстазе — она ваша!

А вот женщинам демонстрировать продвинутость в разговоре с мужчинами не рекомендуется: это оскорбление мужского достоинства.

А если серьёзно, то пока не разберёмся в основах, — не сможем иметь самостоятельное мнение. И придётся нам принимать на веру мнение чужое. А потому — вперёд!

Вернёмся к нашим зивертам. Они-то зачем понадобились, греев нам мало? Оказывается, поглощённая доза учитывает не всё: она не учитывает различную способность **разных видов излучений повреждать** ткани **живых организмов**.

Часто путают разные вещи: проникающую способность разных видов излучений и их повреждающее действие.

Да, у гамма-излучения высокая проникающая способность, от него труднее защититься. Но мы хотим сравнить повреждающее действие разных излучений **при одинаковой поглощённой дозе**. Например, когда полностью защититься не получается, и человек-таки набирает свои греи, — вот в этом случае **альфа-излучение куда опаснее**. Потому что тяжёлые и заряженные альфа-частицы, попадая в живую клетку, тормозятся резко и гасят свою энергию на коротком участке пути. Альфа-частицы можно сравнить не просто с крупнокалиберными — а даже с разрывными пулями. Поэтому степень биологического повреждения при одинаковой поглощённой дозе для альфа-излучения будет выше.

Подчеркнём еще раз: один грей альфа-излучения опаснее, чем один грей бета- или гамма-излучения. Другое дело, что получить большую поглощённую дозу от бета- или гамма-излучения проще: достаточно находиться рядом с источником излучения (например, с изотопами стронция-90 или цезия-137). А от альфа-излучения способен защитить даже слой воздуха между вами и источником, например, урановым слитком.

Альфа-излучение становится опасным только при попадании радионуклида внутрь организма. Именно при **внутреннем облучении** и проявляется его повышенная опасность.

Если вы дышите радиоактивным радоном, или вы случайно выпьете урановый раствор (лучше не надо) — вот тогда полученный грей окажется зловредней, чем грей от стронция либо цезия.

Итак, не все ионизирующие излучения одинаково опасны. Но как это учесть? Для этой цели применяют поправочный коэффициент по отношению к принимаемому за стандарт гамма-излучению. Такой коэффициент носит сложное название **взвешивающий коэффициент для отдельных видов излучения**. Запоминать его нет надобности.

Считается, что повреждающее действие бета- и гамма-излучения при равной их дозе одинаково: для бета-излучения коэффициент равен единице. А вот для альфа-излучения поправочный коэффициент равен двадцати [1].

Дозу, рассчитанную с учётом взвешивающего коэффициента, называют уже не *поглощённой*, а **эквивалентной**, — её-то и измеряют в **зивертах (Зв)**.

Итак, мы имеем простую формулу:

$$\boxed{\text{Поглощенная доза}} \times \boxed{\text{Коэффициент}} = \boxed{\text{Эквивалентная доза}}$$

Для бета- и гамма-излучения получаем:

1 Гр x 1 = 1 Зв, один грей равен одному зиверту.

А для коварного альфа-излучения имеем:

1 Гр x 20 = 20 Зв.

Каждый грей альфа-излучения в двадцать раз опаснее, чем гамма- или бета-излучения (кажется, я начинаю повторяться). Если же доза выражена в зивертах, её опасность для живых организмов — **независимо от вида излучения** — будет одинакова. Потому такую дозу и называют **эквивалентной**. Это понятие более удобное, чем *поглощённая доза*.

До введения зиверта эквивалентную дозу рассчитывали в **бэрах**. Расшифровывается **бэр** просто: **биологический эквивалент рентгена**. Сегодня бэры, как и рады, ушли в прошлое, но в научной литературе

пока встречаются. Знайте, что соотношение зиверта и бэра такое же, как грея и рада:

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

Кстати, один зиверт — доза большая, можно сказать: аварийная. Такая доза может привести к острой лучевой болезни. Для небольших доз более удобная единица — миллизиверт (мЗв), одна тысячная часть зиверта. Для ясности: один миллизиверт — это средний природный фон без радона.

Итак, мы знаем две разновидности дозы: поглощённую и эквивалентную. Обе выражаются в джоулях на килограмм. Но совпадают они не всегда. Поглощённую дозу можно измерить. Эквивалентная доза больше скажет о последствиях облучения, но измерить её нельзя. Но можно рассчитать из поглощённой дозы.

А теперь самое главное. Дозой, прежде всего величиной дозы, определяется опасность радиации. И тут надо иметь в виду одну важную вещь: **происхождение радиации значения не имеет.**

Для организма без разницы, откуда вы набрали дозу: от Солнца, из рентгеновского аппарата, на радоновом курорте, от ближайшей АЭС или в результате чернобыльской аварии, — всё равно. Главное — **сколько** этих самых миллизивертов.

Читатели, вы ещё не заснули? Потерпите немного: тяжело в учении — легко в бою. Чтобы новый материал легче переварился, взгляните на схему (рис. 3.1).

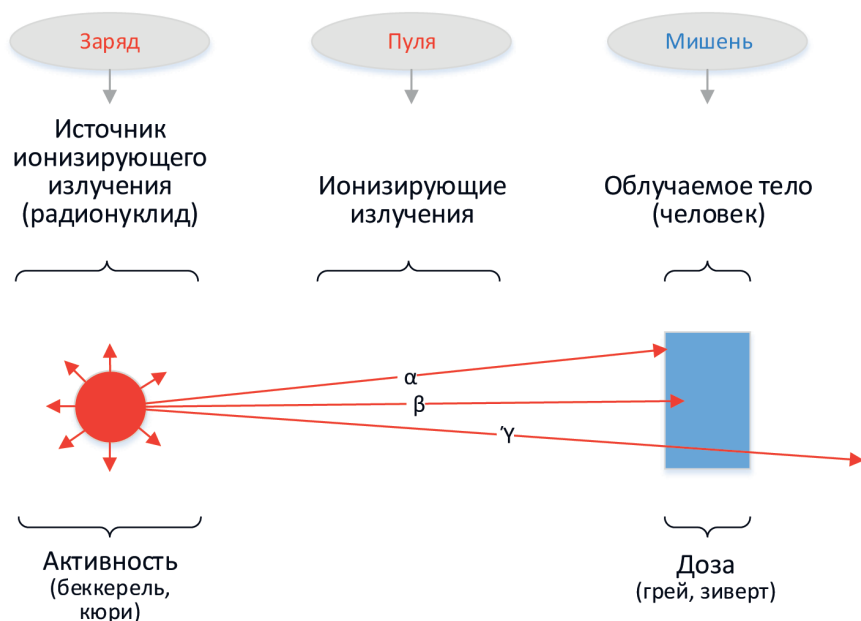


Рис. 3.1 Схема воздействия ионизирующих излучений на облучаемое тело

Из азбуки радиационной безопасности осталось уточнить ещё одно понятие — **мощность дозы**. Помните школьный курс физики? В каких единицах измеряется мощность? Нет, в лошадиных силах по традиции измеряют лишь мощность автомобильных двигателей. А в остальных случаях используют **ватты**. А чем мощность (ватт) отличается от энергии (джоуль)?

На экзамене профессор задаёт студенту вопрос:

— Что такое «лошадиная сила»?

— Ну... это... такая сила, которую развивает лошадь ростом один метр и весом один килограмм.

— Да?! И где же вы видели такую лошадь?

— Так просто её не увидишь. Она хранится в Париже, в палате мер и весов.

Правильно. Мощность — это энергия, отнесенная к интервалу времени, то есть ватт — это джоуль в секунду.

В радиации то же самое. Если вы слышите: природный радиоактивный фон составляет семь микрорентген в час, то речь идёт именно о мощности дозы. А в современных дозиметрических приборах мощность дозы выражается в микрогреях в час.

Подведём итоги. Миф о самом опасном виде радиации — гамма-излучении — объясняется путаницей: смотря что понимать под опасностью. У гамма-излучения максимальная проникающая способность, от него труднее защититься. Но при одинаковой поглощённой дозе наиболее опасно альфа-излучение.

Опасность ионизирующих излучений определяется дозой, поглощённой мишенью. Доза может выражаться в двух единицах: греях и зивертах. Если доза выражена в зивертах, её последствия не зависят от вида излучения.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.

МИФ ЧЕТВЕРТЫЙ:

БОЛЬШИНСТВО НАШИХ БОЛЕЗНЕЙ — ОТ РАДИАЦИИ

После Чернобыля кое-кто чуть не все свои недуги стал связывать с радиацией. И основания для таких суждений имелись: например, у членов аварийных бригад — ликвидаторов. Большая их часть, почти 70%, — по-настоящему больные люди [1]. Причём недуги у них самые разные (подробнее — в главе 9). И причина, казалось бы, очевидная — радиация. А ведь чернобыльское загрязнение задело всех нас. Выходит, и наши болезни тоже могут быть от радиации?



Но большинство специалистов по радиационной гигиене рассуждает иначе. Ну о каких массовых заболеваниях, обусловленных облучением, можно говорить всерьёз? Посмотрите, какие скромные дозы получила основная часть **ликвидаторов** — около 0,1 Зв. Для сравнения: в 1948-1957 годах **население** Челябинской области набирало в разы больше. А болели-то люди куда меньше (рис. 4.1).

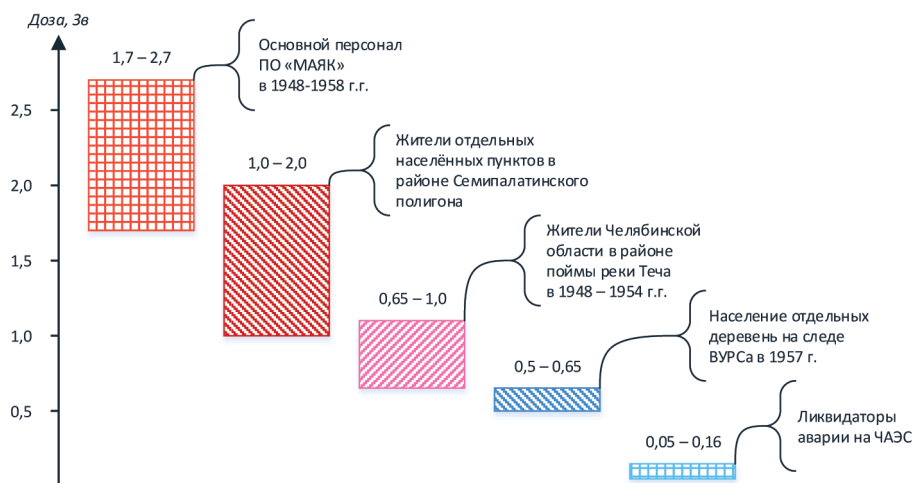


Рис. 4.1 Аварийные дозы облучения персонала и населения СССР (графическая обработка данных [2-7])

Ещё разительнее отличаются дозы, полученные **ликвидаторами чернобыльской аварии** и **персоналом** (то есть работниками) ФГУП «ПО «Маяк» (город Озёрск Челябинской области). После войны на этом сверхсекретном заводе нарабатывали плутоний для ядерных зарядов. Тысячи рабочих и инженеров получили дозу 1,7-2,7 Зв. Это в 20-30 раз больше, чем у ликвидаторов. Но такого роста болезней, как у ликвидаторов, у «маяковцев» не было.

Значит, причина массовых болезней ликвидаторов кроется не в радиации. Или не только в радиации. А в чём же тогда? «Так ясно же, — утверждают многие специалисты, — виновата радиофобия: те ужасы, которые нагнетались в газетах, по телевидению и радио».

Ликвидаторов сделали больными (или даже убили) журналисты!

Но далеко не все согласятся и с таким мнением.

Читатель, я могу предположить, какая точка зрения вам ближе. Если по своей профессии вы далеки от радиации, то первая. И знаете, **вы правы**. А, так вы атомщик? К тому же с высшим образованием? Тогда вам ближе вторая точка зрения. **И вы правы**. Вы спросите: как это может быть? Ведь прав может быть лишь кто-то один? **И вы тоже правы**.

А теперь серьёзно. О чём спор? Разве врачи не могут доказать: вот эта болезнь у ликвидатора Иванова — от радиации, Петрову надо было меньше «водку пьянствовать», а Михайлов у нас шибко нервный, вот здоровье и не уберёт.

В этом-то и проблема! **Медицина в большинстве случаев не способна дать чёткий ответ.** Особенно, когда речь идёт о возникновении раковых заболеваний при облучении дозами менее 100 мЗв. Вы спросите: «Почему»? Да потому, что малые дозы радиации действуют на наш организм **точно так же**, как и многие другие поражающие факторы, например, химические агенты или стрессы. Как сказал бы профессионал: у них общий **механизм действия**. Возможно, вы о нём слышали. Это образование так называемых **свободных радикалов** [2].



Сейчас мы подошли к чрезвычайно интересному и важному вопросу. Ведь свободные радикалы оказались ключом к разгадке многих болезней цивилизации, и не только тех, что связаны с радиацией. Присмотримся к ним внимательнее. Сначала проясним, что же представляют собой эти самые радикалы, а затем попробуем понять, как они влияют на здоровье.

Вообще-то свободные радикалы известны давным-давно. Так называют «неправильные» осколки молекул и атомов. Почему неправильные? Потому что они имеют неспаренный электрон. Трудность понимания сути свободных радикалов возникла оттого, что эти вопросы мы не «проходили» в школе. И привыкли считать, что молекулы могут распадаться лишь двумя способами: на другие молекулы (либо атомы) либо на ионы.

Возьмём, к примеру, молекулу воды (как говаривал Дукалис из «Улиц разбитых фонарей»: «Из всей школьной химии я помню только одну формулу: молекулы воды — *аж два : ноль*».

Как может распадаться эта молекула?

Во-первых, на газообразный водород и кислород:



Второй вариант — диссоциация на ионы:



Но, оказывается, возможен и третий вариант. В результате необычно мощного воздействия, например, ионизирующего излучения, наша молекула разваливается на два незаряженных осколка:

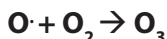


Вот эти-то осколки (точка обозначает неспаренный электрон) и называют свободными радикалами. Они чрезвычайно неустойчивы, могут существовать лишь доли секунды и всё это время ищут другой атом, чтобы отобрать у него электрон и спарить со своим. Иными словами, эти частицы очень активны, даже агрессивны. Найдя другую частицу, свободные радикалы объединяются. Например, объединиться могут два свободных радикала:



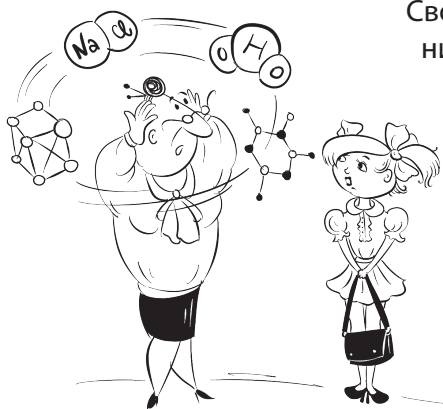
Образуется молекула перекиси водорода. Тоже свободный радикал, но более устойчивый, чем исходные.

Свободный радикал может объединиться и с молекулой:



Образуется озон, который также относится к свободным радикалам; опять же он более устойчив, чем атомарный кислород ($\text{O}\cdot$).

Но хватит уже химии. Вспомнился реальный случай с одной школьницей. Та, сдав на «отлично» выпускной экзамен, спрашивает учительницу:



— *Мариванна, а вопрос можно?*

— *Конечно, Светочка.*

— *Вы обещаете ответить честно?*

— *Да, да.*

— *Мариванна, а вы сами-то верите во все эти молекулы?*

Но это к слову. Итак, свободные радикалы — не экзотика, мы с ними давно знакомы, взять ту же перекись водорода или озон.

Известно, что свободные радикалы всегда присутствуют в органах и тканях живого организма. Они участвуют во многих реакциях, являются частью нашей защитной системы, регулируют обменные процессы, включая гибель устаревших и изменённых клеток, а также их замену [8].

Но почему в последние десятилетия так возрос интерес к этим самым свободным радикалам? К ним и к их еще более известным «противникам» — **антиоксидантам**?

Всё началось в 1956 году. Тогда американский ученый Дэнхем Хармен выдвинул сенсационную гипотезу (теперь это признанная теория свободных радикалов). В чём её суть?

Хармен открыл новую, уже негативную роль свободных радикалов в организме. Он предположил, что **избыток** свободных радикалов является причиной большинства болезней возраста. Точнее, их преждевременного проявления. Рак, сердечно-сосудистые заболевания, болезнь Альцгеймера и даже старость в 60 лет, — и одна из главных причин этого букета — свободные радикалы. Но почему болезни-то разные — у разных людей? А здесь действует принцип: где тонко, там и рвется. Не совсем понятно? Сейчас мы во всем разберёмся.

Давайте сравним две группы людей. В первую включим людей курящих, а также проживающих на экологически- или радиационно-загрязнённых территориях; тех, кто питается неправильно (много жареного, копчёного, жирного, мало витаминов); испытывающих хронические стрессы; старых и пожилых. То есть людей, которые **подвергаются** воздействию **факторов риска**, внешних или внутренних (возраст).

А во второй группе соберём людей, которые таким воздействиям **не подвергаются**. Очевидно, люди из второй группы в среднем окажутся здоровее. Вопрос в другом. Именно этот вопрос задал себе Хармен: «А что общего в организмах людей внутри каждой из групп»? Иначе говоря, чем отличаются люди из первой группы? У них что, температура тела выше? Вряд ли. Давление? Не факт. Состав крови? Уже тепло.

Оказалось, у людей из первой группы **всегда повышена концентрация свободных радикалов в клетках** — в сравнении с людьми из второй группы. Это вполне объяснимо. Раз человека атакуют повреждающие агенты, организм должен от них защищаться. А если повреждающих факторов много, и на организм они нападают агрессивно, защитные системы будут перенапрягаться. Что приведёт к усиленной работе окислительных систем. Свободные радикалы, образуясь в большом избытке, могут выйти из-под контроля.

А дальше включается механизм цепной реакции. Что это означает? Аналогия: от маленькой зажжённой спички может разгореться большой пожар. То же самое происходит и в случае воздействия радикалов на живую клетку. А роль такой горящей спички может выполнять радиация или другой повреждающий агент [2, 9]. Именно так всё и происходит. Догадка же Хармена заключалась вот в чём: **избыток радикалов сам является сильнейшим повреждающим агентом**.

Знаете, что ещё это напоминает? Борьбу организма с инфекционными болезнями. От вирусов и бактерий организм защищается, повышая температуру тела. Естественная реакция организма полезна — до поры, до времени. Но температура выше 39°C, — сама становится опасной для организма. И требуются меры для её снижения.

Когда на человека набрасываются разные повреждающие агенты, организм переходит на военное положение. И происходит срыв, несоизмеренный ответ: свободные радикалы образуются в огромном избытке. Это явление называется **оксидантным стрессом**. Название «стресс» (в переводе с английского «напряжение») выбрано не случайно. Так же, как в случае с известным физиологическим, или

психоэмоциональным стрессом — разные причины могут привести к одинаковому ответу организма.

Смысл теории свободных радикалов иллюстрирует схема (рис. 4.2).



Рис. 4.2 Причины и последствия избытка свободных радикалов в организме

Почему же теория свободных радикалов стала столь популярной? Да потому, что даёт практический выход. Оказывается, с оксидантным стрессом можно бороться напрямую. Просто снижая концентрацию радикалов в клетках организма. Именно с этой целью применяют вещества и препараты, которые называют антиоксидантами.

А теперь важнейшее следствие. Радикалы, которые образуются в результате радиационного облучения, **точно такие же**, как и те, что

образуются под воздействием химических загрязнителей, табачного дыма, хронических психоэмоциональных стрессов или в результате старения организма. «На свободных радикалах, — как выразился один ученый, — нет ярлычков: этот — от радиации, а тот — от курения».

Важно понять, что повреждения в клетках, органах и тканях оказывают именно свободные радикалы, а не сами ионизирующие излучения [8, 10-12]. Именно так: ионизирующие излучения приводят к образованию радикалов, а уже их избыток повреждает клетки. Поэтому-то медицина и не может чётко доказать вину радиации в возникновении раковых заболеваний (кстати, в научной литературе можно встретить разные термины для таких болезней: рак, онкологические заболевания, злокачественные опухоли, злокачественные новообразования; близкое понятие — **канцерогенный**, то есть приводящий к раку).

Вот в какие дебри нам пришлось залезть, чтобы лишь приблизиться к ответу на вопрос: насколько радиация виновна в наших болезнях?

Сейчас можно с большой долей уверенности сказать: если речь идёт о **малых** дозах, то вряд ли именно радиация является главным виновником наших болезней. Имеется много куда более весомых причин. Но самый опасный случай — когда разные повреждающие факторы встречаются вместе. Большинство неинфекционных болезней — это болезни сочетаний.

Литература

1. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: атомная мифология. — М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. — 145 с.
2. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Перевод с английского. — М.: Мир, 1988. — 79 с.
3. Ларин И. Невсесильная радиация. — Энергия, 1994, №12. — С. 5-8.

4. Ларин В. Сороковка, плутоний и здоровье людей. — Энергия, 1996, №6. — С. 19-29.
5. Безопасная опасность / Велихов Е.П., Глазовский Н.Ф., Ключев Н.Н. — Вокруг света, 2003, №7. — С. 18-29.
6. Иванов В.К. Ликвидаторы. Радиологические последствия Чернобыля. — Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010. — 30 с.
7. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Т. 1. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова и др. — 2012 г. — 356 с. / Цит. по: А. Журавлёв. О радиации, как главном «препятствии» в освоении космоса.
8. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. — 165 с.
9. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 224 с.
10. Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / Под редакцией А. А. Баранова, А. А. Щеплягиной. — М.: Изд-во «Информатик», 1998. — 333 с.
11. Радиация, молекулы и клетки / Журбин Е.Я. и др. — М.: Знание, 1984. — 160 с.
12. Дёмин В.Ф. Линейная зависимость доза — эффект для радиационного и химического канцерогенного риска. — Атомная энергия, 2002. — Т. 93. — Вып. 4. — С. 309-315.

МИФ ПЯТЫЙ:

ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ УГРОЖАЕТ ВСЕМ

У многих мелькает мыслишка: дескать, все мы немного чернобыльцы, все под богом ходим, и от лучевой болезни никто не застрахован. А так ли это?

Тут важно понять главное. Облучение может привести к двум видам заболеваний, или, по-научному, **эффектов**. Первые наступают быстро, к ним относится и лучевая болезнь. Вторые могут достать человека через годы и десятки лет, о них речь в следующей главе.

Лучевая болезнь — тяжёлое, иногда смертельное заболевание. Но нам эта напасть, слава богу, не грозит. Почему? Дело в том, что лучевая болезнь может возникнуть только при **больших дозах** облучения.

А что значит: «большие дозы»? Все дозы облучения условно делятся на три группы: большие, средние и малые (таблица 5.1).

Таблица 5.1 Классификация доз при однократном облучении

Наименование дозы	Значения дозы, Зв
Малые дозы	менее 0,25
Средние дозы	0,25-1
Большие дозы	больше 1

Так вот, при дозах до 1 Зв лучевая болезнь не возникает. По-научному это называется **дозовый порог**.

Получить большую дозу в обычных условиях невозможно. Один и более зиверт — цифры аварийные. А варианты аварийных ситуаций можно пересчитать по пальцам:

— Ядерная война (Хиросима, Нагасаки).



— Ядерная авария, когда цепная реакция деления выходит из-под контроля. На наших и зарубежных предприятиях такие неконтролируемые вспышки происходили главным образом в конце 1940-х и в 1950-х годах.

— Серьёзная радиационная авария на атомном предприятии.

Самыми известными в СССР были две — в 1957 году на ФГУП «ПО «Маяк» (город Озёрск Челябинской области) и чернобыльская катастрофа.

— Облучение от неграмотного обращения с так называемыми **закрытыми источниками ионизирующего излучения**. Таковые применяют геологи, строители (например, для определения уровня цемента в бункере), машиностроители (для контроля качества сварных швов), медики (для лечения раковых опухолей).

Особую опасность представляют «источники-беспризорники». Потеряют источник, а потом кто-то найдет. И не дай бог, захочет посмотреть, что внутри. Раздолбает кувалдой, а внутри красивое сияние: светится цезий-137. И были случаи, когда этой гадостью мазали руки; так и называется: *эффект светящихся рук*. Сегодня все закрытые источники строго учитывают, а вот раньше — что было, то было.

Ах, да, большая доза облучения возможна и вне аварийной ситуации, в контролируемых условиях — лучевая терапия онкологических больных. В результате направленного облучения опухоль погибает, а пациент может страдать хронической лучевой болезнью лёгкой степени.

В других случаях получить дозу выше 1 Зв невозможно. Даже при испытаниях первых атомных бомб, когда самолет с простейшей защитой кабины от внешнего излучения несколько раз заходил в облако атомного гриба, — исследователи получали по 20 рентген (0,2 Зв) [1].

Но вернемся к лучевой болезни. Наиболее опасной считается **острая лучевая болезнь (ОЛБ)**. Она возникает при однократном облучении большой дозой радиации. Количество облучённых людей, заболевших ОЛБ, не так уж велико. Всего в бывшем СССР — 344 случая. В том числе 42 — персонал ФГУП «ПО «Маяк» и 134 — участники и ликвидаторы чернобыльской аварии. 71 случай закончился гибелью облученных [2, 3].

А что это такое — ОЛБ? Взгляните на таблицу 5.2.

Таблица 5.2 Последствия ОЛБ в зависимости от дозы облучения [4-6]

Доза однократного облучения, Гр	Форма ОЛБ	Последствия при отсутствии лечения
0,75–1	Отдельные признаки ОЛБ, лучевая реакция	—
1–2	Лёгкая степень	Возможно полное восстановление без лечения
2–4	Средняя степень	Восстановление либо смертельный исход через 1,5-2 месяца
4–6	Тяжёлая форма	
6–10 и более	Крайне тяжёлая форма	Без лечения — смерть в 100% случаев

Следует подчеркнуть: дозы облучения приведены здесь для случаев **однократного** облучения **всего тела** человека **проникающими** ионизирующими излучениями (гамма-лучи), а последствия — для случаев, когда лечение не применялось.

Почему же ОЛБ так опасна? При облучении большими дозами повреждаются многие системы и органы человеческого тела. А наиболее чувствительными являются молодые и растущие клетки — кровь, кроветворные органы и особенно эмбриональная ткань.

Нехватка **эритроцитов** в крови приводит к развитию анемии (малокровию), человек ощущает сильную слабость.

Недостаток **тромбоцитов** приводит к безостановочному кровотечению; особенно опасны внутренние кровотечения, приводящие к образованию язв кишечника и перитониту.

Дефицит **лейкоцитов** снижает сопротивляемость инфекциям: ослабленный человек может умереть от обычной простуды.

Однако от лучевой болезни погибают не всегда. Обследование работников ФГУП «ПО «Маяк», которые облучились в 1950–1958 гг. и страдали ОЛБ, показало: после лечения у 80% из них было достигнуто полное трудовое и социальное восстановление. Примечательно, что средний возраст перенесших ОЛБ работников составил на момент обследования 70 лет [7].

От чего же зависит исход ОЛБ? В первую очередь от дозы облучения. Радиационная медицина из всей области больших доз выделяет три особые точки.

Первая из них — один грей. Лучевая болезнь у взрослого человека возникает только выше этого порога. При дозах менее 1 Гр даже лёгкая степень «лучёвки» невозможна, могут проявляться лишь отдельные симптомы переоблучения: временное изменение состава крови, эритема кожи и другие. Поэтому-то лучевую болезнь и относят к **пороговым заболеваниям**.

Вторая точка — так называемая **полулетальная** поглощённая доза. Выражение «полулетальная» вовсе не означает, что человек, её получивший, становится ни жив — ни мёртв. На самом деле такая доза вызывает гибель половины облучённых в течение 30 суток (в отсутствие лечения). Вводится это понятие ($ЛД_{50/30}$) в связи с тем, что люди отличаются индивидуальной чувствительностью к облучению. В условиях **острого**, то есть кратковременного, продолжительностью не больше суток, облучения всего тела для молодых и здоровых людей $ЛД_{50/30} \approx 3,5$ Гр.

Третья точка — **минимальная абсолютно смертельная** доза — вызывает стопроцентную гибель облучённых в течение тридцати суток в условиях, когда не применяется лечение. В случае острого гамма-облучения $ЛД_{100/30} = 6$ Гр.

Интересен такой радиобиологический парадокс. Шесть грей, или 6 Дж/кг — энергия мизерная: только-только нагреть человеческое тело на $0,001^{\circ}\text{C}$. Это тепловая энергия, заключённая в стакане кипятка. Но эта пустячная энергия смертельно опасна.

Выходит, важно не только количество, но и форма энергии [6]. Ионизирующие излучения — энергия сверхконцентрированная, способная рождать свободные радикалы, повреждающие спираль ДНК.

Простое сравнение. В одном случае бьют молотком по клавиатуре компьютера. В другом — лёгкое нажатие клавиш — и компьютер заражён вирусом. Во втором случае результат может оказаться куда разрушительней.

Итак, **первое**. На исход ОЛБ сильнее всего влияет доза облучения.

Второе — индивидуальная чувствительность человека. Само понятие полулетальной дозы говорит о том, что разные люди по-разному реагируют на одинаковую дозу облучения.

Третье — возраст и пол. Дети, люди пожилые и ослабленные болезнями более чувствительны к радиации. А женщины более устойчивы, чем мужчины.

Четвёртое — меры лечения, которые будут (или не будут) приняты к облучённому человеку. Тщательный уход, изоляция и введение антибиотиков помогают избежать инфекционных осложнений. Переливание крови, а в крайних случаях пересадка костного мозга, иногда спасают облученных дозами 10 Зв.

Многое зависит от самого человека. Люди с сильным типом нервной системы, перенесшие очень высокие дозы облучения, до 5-6 Гр, в ряде случаев после соответствующего лечения выздоравливали и даже возвращались к труду.

А с другой стороны, некоторые больные даже лёгкой степенью ОЛБ не могли восстановиться, ибо воспринимали болезнь как смертный приговор.

Более распространённой, но менее опасной формой лучевой болезни является **хроническая лучевая болезнь (ХЛБ)**. Она возникает при облучении большими дозами не за один раз, а порциями (**дробное** облучение) или непрерывно (**хроническое** облучение).

В отношении лучевой болезни действует правило: два грея сразу хуже, чем три грея в течение года. При дробном и хроническом облучении организм способен выдержать и 10 Гр.

Суть ХЛБ иногда понимают неправильно: как ОЛБ, перешедшую в хроническую форму. Такого не бывает: ОЛБ либо приводит к гибели, либо заканчивается выздоровлением. А ХЛБ — самостоятельное заболевание, которое развивается в результате длительного облучения дозами от 1 Гр и более. И смертельные исходы от ХЛБ не зарегистрированы: после прекращения облучения человек выздоравливает.

Основное число больных ХЛБ в России появилось в первые десять лет развития атомных технологий. Из них 87% (около 1500 случаев) — на ФГУП «ПО «Маяк» [8, 9]. Почему так много? В те годы наша страна наращивала промышленную наработку плутония для атомных бомб, а уровень технологий был низким. В отделении химического производства плутония не было ни дистанционного управления, ни даже герметичных шкафов. В 1949–1950 гг. содержание альфа-активных аэрозолей на рабочих местах могло **в десятки тысяч раз** превышать современные допустимые нормы [10].

Но при соблюдении норм радиационной безопасности Советский Союз гонку вооружений проиграл бы. Сегодня известно, что опасность мировой ядерной войны была реальной. Соединённые Штаты планировали уничтожение нашей страны (американцы спустя годы рассекретили свои планы). И не будь у Советского Союза атомной бомбы, радиационная обстановка у нас могла быть гораздо, гораздо хуже. Десятки наших городов могла постичь участь Хиросимы и Нагасаки.

Руководство страны оказалось перед тяжёлым выбором: либо позволить Соединённым Штатам стать монополистом в ядерных вооружениях, либо подвергнуть риску здоровье персонала ядерных объектов, прежде всего ФГУП «ПО «Маяк». Выбрали второй вариант. Работники предприятий ядерно-оружейного комплекса «порциями» получали по сути аварийные дозы, но в контролируемых условиях.

Какими же оказались последствия переоблучения? Из 1500 случаев ХЛБ тяжёлая форма болезни развилась только у 3,9% облученных [8].

Когда появились открытые публикации по этой теме (1993 год), большинство больных ХЛБ были живы, и часть из них продолжала работать в условиях без профессиональных облучений. Более 120 человек достигли возраста от 71 до 88 лет.



Можно не верить статистике, но вот конкретные факты.

Многие известные учёные, конструкторы, руководители атомной отрасли прожили долгую жизнь. А ведь они работали с ядерными материалами, и многие при этом переоблучались.

Андрей Анатольевич Бочвар (металлургия плутония) прожил 84 года.

Юлий Харитон, один из руководителей советского проекта атомной бомбы, — 91 год.

Ефим Павлович Славский — один из руководителей проекта по созданию советского ядерного оружия, позднее руководитель советской атомной промышленности, — 93 года.

Николай Антонович Доллежалъ (конструктор ядерных реакторов) — 101 год.

Дмитрий Шустов (радиохимик). Принимал участие в испытании первой серийной (а всего третьей по счёту) атомной бомбы в 1951 году. В день испытаний ему пришлось на самолёте войти в «ножку» ядерного гриба и сделать в ней несколько кругов. Но самое интересное, что в 1996 году, когда Дмитрий Шустов давал интервью [11], ему шёл 95-й год. На вопрос корреспондента, как ему удалось выжить и сохранить здоровье, долгожитель отшутился: «Я часто мыл руки, и не только перед едой».



Аркадий Бриш (конструктор ядерных боеприпасов, разработчик и испытатель первого советского заряда для атомной бомбы) в 2014 году, в 97-летнем возрасте, прочитал лекцию на Выставке достижений народного хозяйства.

Эти сведения вовсе не доказывают безвредность больших доз радиации. Какая уж там безвредность! Просто иллюстрация: даже серьёзное облучение — угроза не фатальная.

После Чернобыля напуганные журналистами люди стали искать у себя признаки лучевой болезни. При этом неискушённый человек доверял «ужасикам», а не разъяснениям специалистов.

Важно понять, что облучение человека большими дозами скрыть невозможно. Да, радиация поражает невидимым клинком. Но любое переоблучение сегодня — это аварийная ситуация, которую легко обнаружить. А утаить диагноз лучевой болезни совершенно невысказимо.

Но большие дозы — это не только лучевая болезнь. Ведь радиация бьёт по иммунной системе человека, а это может вызвать самые разные недуги.

Наибольшие опасения вызывают онкологические заболевания. О них — в следующей главе.

Литература

1. Огородников Б.И. Ловушка для радиоактивных аэрозолей («Фильтры Петрянова»). — Энергия, 1998, №8. — С. 34-39.
2. Доценко В.Н. До Чернобыля был Челябинск. — Энергия, 1994, №6. — С. 40-41.
3. Большов Л.А. Ядерные технологии и проблемы экологии. Сборник докладов Второй научно-технической экологической конференции Минатома России «Экология ядерной отрасли» (Москва, 6 июня 2001 г.). — М., 2001. — С. 24-35.
4. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. — 384 с.

5. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Перевод с английского. — М.: Мир, 1988. – 79 с.
6. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1988. – 224 с.
7. Окладникова Н.Д., Пестерникова В.С., Сумина М.В., Дощенко В.Н. Последствия и исходы острой лучевой болезни (40-45 лет наблюдения). — Медицинская радиология и радиационная безопасность, 2000, №2. — С 16-22.
8. Безопасная опасность / Велихов Е.П., Глазовский Н.Ф., Ключев Н.Н. — Вокруг света, 2003, №7. — С. 18-29.
9. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. – 165 с.
10. Ядерная индустрия России / Под ред. А.М. Петросьянца и др. — М.: Энергоатомиздат, 1999. – 1040 с
11. Огородников Б.И. Икар, сохранивший крылья. — Энергия, 1997, №37. — С. 41-50.

МИФ ШЕСТОЙ:

ЕСЛИ ОБЛУЧЁННЫЙ НЕ ПОГИБ ОТ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ, ТО ОБЯЗАТЕЛЬНО УМРЁТ ОТ РАКА

Как вы думаете, на сколько лет раньше умирают выжившие после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, в сравнении с необлучёнными японцами? В среднем эти люди — в Японии их называют **хибакуси** — живут на 5-6 лет **дольше**. Это не оговорка. Да, хибакуси — люди больные. Но забота государства, специальные методики оздоровления с лихвой компенсируют вредное действие облучения.

Умирают от рака вовсе не все облучённые. И даже не большинство, лишь небольшая часть. Спустя пятьдесят лет после Хиросимы и Нагасаки из 86000 хибакуси в живых оставалась половина! А всего от рака, вызванного радиацией, умерло менее пятисот хибакуси [1].

Но опасения по поводу онкологических заболеваний обоснованы. Рост раковых заболеваний доказывают, в том числе, и результаты наблюдений американских врачей — именно за хибакуси. Особенно за теми, кто получил дозу более 0,5—1 Зв, но не умер от лучевой болезни. В 1950-х годах было замечено, что люди из этой большой группы населения

(специалисты используют выражение **когорта**) стали чаще болеть и умирать. Сначала от лейкозов (рак крови, иначе — **лейкемия**, или **белокровие**), а позднее от других форм онкологических заболеваний.

Причём зависимость оказалась чёткой: чем ближе находились



люди к эпицентру взрыва, тем чаще в этой группе болели раком. Американцы рассчитали примерные дозы, которые получили хибакуси, и прикинули, как эти дозы влияют на смертность от рака. Для этого построили график. По оси абсцисс отложили дозу, а по оси ординат — число смертельных злокачественных опухолей, пересчитанных на 100 тысяч облученных. Причём в расчёт брали только число дополнительных, избыточных случаев, — тех, что наблюдались сверх обычного (так называемого **спонтанного**) уровня онкологической смертности. Результаты исследований показаны на рис. 6.1, это называется **зависимостью «Доза-эффект»**.

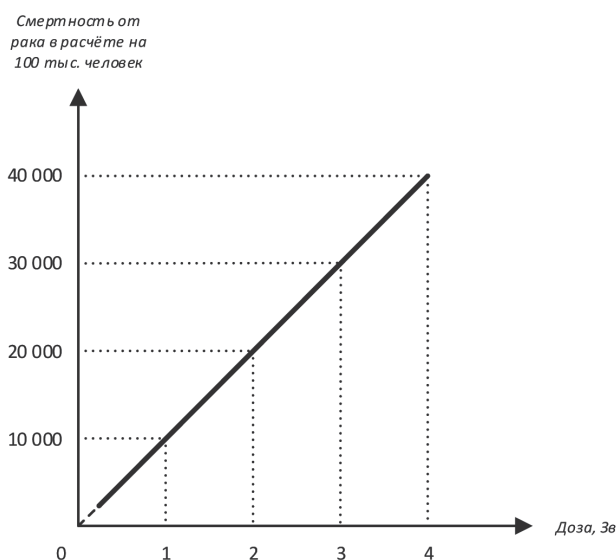


Рис. 6.1 Зависимость «Доза — эффект»

Что же мы видим?

Первое. Частота избыточных случаев смертельного рака в области больших и средних доз, от 0,2 Зв и выше, выражается прямой линией.

Второе. Если нашу линию мысленно продолжить в область малых доз, она попадёт прямо в нулевую точку; такая зависимость называется линейной (хотя правильнее было бы — прямой пропорцией).

Третье. Риск смерти от рака, вызванного радиацией, составляет 0,1 (или 10%) на 1 Зв (для малых доз сегодня принята цифра в два раза ниже — 5%, но пока не будем заморачиваться). Что это означает? Например, если дозой 1 Зв облучаются 100 человек, рак ожидается у 10 из них. Много это или мало? Смотря с чем сравнивать. Например, курение повышает такой риск куда сильнее: не на 10 процентов, а в два-три раза.

Всё это стало ясно уже в 1950-е годы. Но наука — радиобиология, радиационная медицина, — на месте не стоит, и к настоящему времени узнали много нового. Что же именно?

Во-первых, оказалось, что риск смерти от радиационного рака зависит не только от величины дозы, но и от возраста (максимальный — у детей) и пола.

Во-вторых, канцерогенная опасность радиации зависит от того, облучается всё тело или же отдельные органы и ткани. Как вы считаете, что хуже: получить 1 Зв на весь организм или, к примеру, только на ноги? Понятно, что полное облучение опаснее. Но в реальных условиях облучение часто бывает неравномерным. Например, внешнее бета-облучение воздействует главным образом на кожу. А при попадании радионуклидов внутрь организма воздействию могут подвергаться отдельные органы и ткани.

Что интересно, такие важные органы, как головной мозг, почки, тонкий кишечник, способны выдержать высокие дозы облучения. А вот мужские семенники (гонады), костный мозг, лёгкие очень уязвимы к облучению. Иными словами, эти органы обладают высокой **радиочувствительностью**. Как же оценить и сравнить между собой возможный риск онкологических заболеваний при облучении разных органов и тканей?

Для этой цели используют понятие: **эффективная эквивалентная доза**, или просто — **эффективная доза** (измеряют её по-прежнему в *зивертах*). Такая доза учитывает радиочувствительность разных органов и тканей, а также — всего тела человека.

Радиочувствительность выражается взвешивающим коэффициентом для данного органа или ткани (таблица 6.1).

Таблица 6.1 Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы [2]

Наименование органа или ткани	Взвешивающий коэффициент
Гонады	0,20
Костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное (головной мозг, тонкий кишечник, почки, мышечная ткань и др.)	0,05
Всё тело	1,00

Эффективная доза представляет собой произведение эквивалентной дозы в органе или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани:

Эквивалентная доза × коэффициент = эффективная доза

Например, в случае эквивалентной дозы на лёгкие (скажем, за счёт вдыхания радиоактивного радона), равной 100 мЗв, эффективная доза будет равна:

$$100 \times 0,12 = 12 \text{ мЗв.}$$

Это означает, что риск смерти от радиационного рака при облучении лёгких примерно в восемь раз меньше, чем при облучении **той же дозой** всего тела.

Если же облучению подвергается весь организм, а не отдельный орган (или несколько органов), значение эффективной дозы совпадёт со значением эквивалентной дозы: ведь сумма всех приведенных в таблице 6.1 взвешивающих коэффициентов равна единице.

В-третьих, важно оценить последствия облучения не только для конкретного человека. Одно дело, когда облучаются десять человек, и совсем другое, — десятки тысяч (Хиросима, Нагасаки) или миллионы (Чернобыль). Масштабы облучения учитывает так называемая **коллективная доза**. Она представляет собой сумму индивидуальных доз в группе облучённых людей и выражается в человеко-зивертах (чел.-Зв).

Чтобы не запутаться в разных видах доз, взгляните на рис. 6.2 [3].



Рис. 6.2 Дозовые величины, используемые в радиационной гигиене [3]

Сравним два разных случая облучения:

- 10 тысяч человек облучаются дозой 1 Зв каждый;
- 20 тысяч человек облучаются дозой 0,5 Зв каждый.

Для **конкретного** облученного вероятность смерти от рака тем выше, чем больше полученная им индивидуальная доза. Ясно, что в первой группе находиться опаснее.

А теперь рассчитаем коллективную дозу для каждой из этих групп. Поскольку внутри каждой группы индивидуальные дозы одинаковы, коллективная доза будет представлять произведение индивидуальной дозы на количество облученных. В наших группах коллективные дозы оказались одинаковы и равны

10 000 чел.-Зв:

10 000 чел. $\times$ 1 Зв = 10000 чел.-Зв;

20 000 чел. $\times$ 0,5 Зв = 10000 чел.-Зв.

Это означает, что число дополнительных смертей от рака на протяжении всей жизни в обеих группах будет одинаково (около тысячи). Но такие серьёзные дозы даже у хibaкуси встречались нечасто, средняя доза была 200 мЗв.

На самом деле подобные расчёты куда сложнее. Их результаты зависят ещё и от возраста облучённых (особый разговор — о детях), и от формы онкологических заболеваний (лейкозы отличны от других раков) и т.п. Желющие разобраться детальнее могут обратиться к учебнику по радиационной гигиене [4].

В-четвёртых, в отличие от лучевой болезни, для случаев радиационной онкологии нельзя предсказать, кто именно из облучённых пострадает от рака.

Да, именно так. Это для ОЛБ всё просто: при дозе больше 1 Зв человек неизбежно заболеет, и чем больше доза, тем болезнь тяжелее. А для раковых заболеваний с ростом дозы увеличивается не тяжесть, а **частота** заболеваний. Рак может возникнуть, а может и не возникнуть. Рассуждение же типа: доза 2 Зв даёт рак, а 0,5 Зв — «маленький рачок» — ошибочное.

Частота (а для отдельного человека — вероятность) — вот ключ к пониманию опасности рака, вызываемого радиацией. И даже не

частота, а **повышение частоты** за счёт облучения. Ведь развитие рака может вызываться самыми разными причинами: курением, стрессами, неправильным питанием и тому подобное. И оценить вину радиации можно лишь косвенно, по статистике: насколько чаще болеют облучённые в сравнении с необлучёнными.

Здесь уместно сделать отступление. В медицине и радиационной гигиене используют такие термины, как **риск смерти, канцерогенный эффект, относительный онкологический риск** и другие. Проблема в том, что учёные и люди неискушённые понимают эти термины по-разному.

Обычного человека такие слова просто пугают. «Ага, — рассуждает он, — где радиация, там риск умереть от рака; значит, радиация смертельно опасна».

А учёные вкладывают в эти слова другой смысл. Они используют специальные термины, чтобы оценить опасность количественно, в цифрах. Скажем, вероятность, равная 10^{-6} (одна миллионная) — это мизерная вероятность какого-то потенциально опасного события. Фактически это означает безопасность. А вот вероятность, равная 0,1 (одна десятая, или 10%), — приличная величина. Один человек может её и не почувствовать, но в группе из ста человек угроза коснётся десяти из них. Для учёного вероятность 10^{-6} отличается от 0,1, как небо от земли. А для неспециалиста риск смерти, равный 10^{-6} и 0,1, — звучит одинаково жутковато. Таким образом, понимать риск как синоним *реальной опасности* неправильно.

Вероятностный характер радиационных раков — их главная особенность. Это означает, что отдалённые эффекты от облучения подчиняются законам теории вероятности, статистики. Подчеркнём: частота онкологических заболеваний может быть рассчитана **только для больших групп людей** — в зависимости от коллективной дозы. А точно предсказать, кто именно заболеет — невозможно. Нельзя рассуждать так: «Иванов получил дозу 0,5 Зв, ничего страшного, а Петров получил два зиверта, вот он точно умрёт от рака». Подобный прогноз работает для лучевой болезни: Иванов ей не заболеет, а Петров заболеет обязательно. В отношении же онкологических

заболеваний действует правило пропорционального риска: у Петрова вероятность заболеть раком выше, чем у Иванова, в четыре раза. Но вероятность не означает неизбежность.

В-пятых (у меня все ходы записаны), прямая зависимость «Доза-эффект» доказана для больших и, с меньшей надёжностью, средних доз облучения. А что же в области малых доз? Казалось бы, какие проблемы? Нужно проследить за состоянием здоровья людей, получивших такие дозы, и обработать полученные данные. Однако не всё так просто. Получить надёжную статистику для малых доз очень, очень трудно: слишком велико значение спонтанной, естественной смертности от рака. И выделить на этом фоне вину именно радиации — невозможно.

Но понятно, что 1 мЗв примерно в тысячу раз безопаснее, чем 1 Зв. И если один зиверт даёт 10%-ный прирост онкологического риска, то миллизиверт — не более 0,01%. Для одного человека это нулевая опасность, а для больших групп населения (*популяций*)? Не будем спешить с выводами, о малых дозах мы побеседуем отдельно и основательно.

В-шестых, раковые заболевания, в отличие от лучевой болезни, проявляются далеко не сразу после облучения. Не бывает такого: «Шёл, поскользнулся, упал, потерял сознание, очнулся — рак». Онкологические заболевания имеют длительный **скрытый период**. Наиболее быстро (через 2-3 года, максимум через 5-10 лет) возникают смертельные лейкозы, это самая скоротечная форма радиационного рака [4]. К тому же у лейкоза низкий спонтанный уровень заболеваемости, в обычных условиях им болеют редко. По этим-то причинам белокровие чаще связывают с радиацией.

Но наиболее частыми формами рака, вызванного облучением, являются вовсе не лейкозы. Через 20-30 и особенно 40-45 лет после облучения у хibaкуси учащались смертельные исходы от рака лёгких, молочной (у женщин) и щитовидной железы. Суммарное число этих исходов в три раза превысило число радиационных лейкозов. Учитывая большой скрытый период онкологических заболеваний, их называют **отдалёнными эффектами**; помимо радиационных раков, к отдалённым эффектам относят генетические повреждения, о них речь впереди.

Беседуют пенсионеры.

— *Вася, ты помнишь, как мы в 58-ом году служили?*

— *Ну.*

— *А помнишь, нам таблетки давали, чтобы мы по девкам особо не тосковали?*

— *Ну. И что?*

— *Кажется, эти таблетки начинают действовать.*

В-седьмых, для возникновения отдалённых эффектов, в том числе раковых заболеваний, мощность дозы не так важна, как для лучевой болезни. Двести миллизиверт за час или столько же в течение года — почти не имеет значения. Клетки организма запоминают и накапливают повреждения, ведущие к раку.

«Всё это интересно, — могут сказать читатели. — Но что говорят факты? Какова реальная статистика по раковым заболеваниям, обусловленным радиацией?».

Да, такая статистика существует.

Хибакуси: общее число выживших после ядерной бомбардировки составило около 100000 человек. Дополнительная смертность от всех форм рака оказалась менее 500 человек, или 9% по отношению к спонтанному уровню (рис. 6.3).

Обратите внимание на огромные возможности для манипуляций. Захоти я вас попугать, просто сказал бы: *«Смертность от лейкозов у облучённых японцев увеличилась вдвое, и это при невысокой средней дозе 200 мЗв»*. Так оно и есть: доля смертельных **радиационных** лейкозов составляет 51%. Страшно? И зря. Сейчас я «забыл» подчеркнуть, что лейкоз — сравнительно редкая форма рака, и поэтому от радиационных лейкозов погибло только 89 хибакуси.

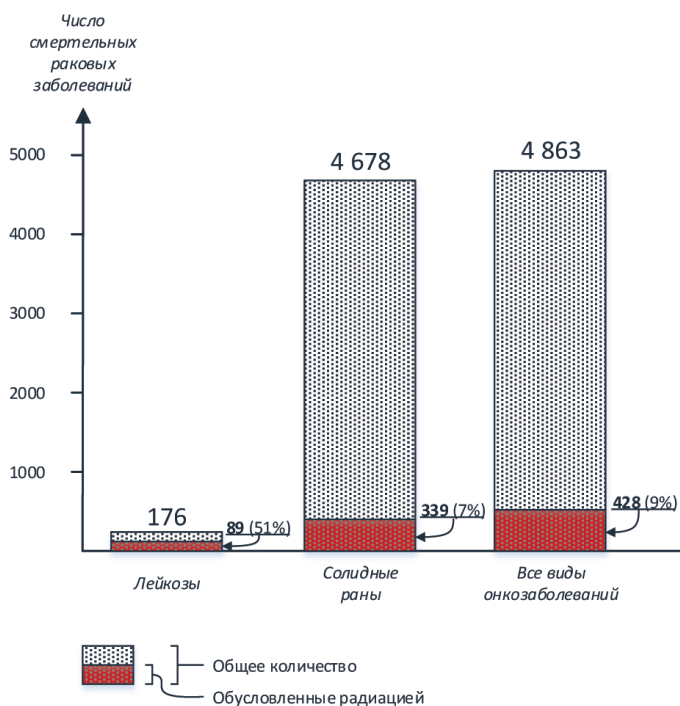


Рис. 6.3 Смертельные злокачественные опухоли у хибакуси, 1950-1990 гг. (графическая обработка данных [5-6])

Гораздо чаще встречаются другие формы онкозаболеваний, так называемые *солідные раки* (с ударением на первом слоге): желудка, кишечника, лёгких.

И правильней считать повышение **общей** онкологической смертности за счёт облучения. Оно составляет 9%. Девять, а не пятьдесят!

Основной персонал ФГУП «ПО «Маяк» (12500 человек), — те самые работники, которые в послевоенные годы получали высокие дозы облучения (см. рис. 4.1). Заболеваемость раком у них оказалась на 40% выше спонтанного уровня [5]. Это очень много, но ведь и облучение было чудовищным: в отдельных случаях дозы достигали 7-8 зиверт в год [7]!

Ликвидаторы чернобыльской катастрофы — около 200000 человек. При средней дозе облучения 100 мЗв смертность от всех форм рака повышается на 3% [1, 6] (подробнее о ликвидаторах — в главе 9).

Таким образом, при облучении даже большими дозами ни о какой фатальной угрозе и поголовной смерти от рака речь не идёт.

Да, опасно. Но куда меньше, чем курение.

Поэтому слухам, что «некто умер от рака, потому что жил в пяти километрах от атомной станции» — не верьте.

Но помимо лучевой болезни и раковых заболеваний облучение может привести и к другим неприятным последствиям. Об этом — в двух следующих главах.



Литература

1. Чернобыльская радиация в вопросах и ответах.— М.: Изд-во «Комтехпринт», 2005. – 32 с.

2. Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.

3. Рекомендации-2003 Европейского Комитета по радиационному риску (ЕКРР-2003). Выявление последствий для здоровья облучения ионизирующей радиацией в малых дозах для целей радиационной защиты.— Брюссель, 2003; Москва, 2004. – 220 с.

4. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. – 384 с.

5. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. – 165 с.

6. Иванов В.К. Ликвидаторы. Радиологические последствия Чернобыля. — Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010. — 30 с.

7. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Т. 1. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова и др. — 2012 г. — 356 с. / Цит. по: А. Журавлёв. О радиации, как главном «препятствии» в освоении космоса.

МИФ СЕДЬМОЙ:

ВСЕМ ОБЛУЧЁННЫМ ГРОЗИТ БЕСПЛОДИЕ, А МУЖЧИНАМ — К ТОМУ ЖЕ ИМПОТЕНЦИЯ

Это правда, если речь идёт о высоких дозах облучения. Как и в случае с лучевой болезнью важна не только доза, но и её мощность: за какое время доза получена. Одно дело — однократное облучение за короткий период (острое облучение: Хиросима, Нагасаки, ядерные аварии, серьёзные радиационные аварии).

Другое дело — облучение хроническое, растянутое во времени, то есть с малой мощностью дозы. Либо дробное облучение, отдельными порциями с перерывами между ними. Такие варианты характерны для вынужденного планируемого переоблучения (персонал ФГУП «ПО «Маяк» в послевоенные годы, облучение онкологических больных).

Какие же именно дозы представляют опасность с точки зрения возможного бесплодия? Пороговые значения, ниже которых опасность отсутствует, приведены в таблице 7.1.

Как видно, постоянное бесплодие возможно **только** при облучении **большими дозами**.

Обратите внимание: в данном случае речь идёт о местном, локальном облучении органов размножения. Облучение большими дозами всего организма куда опасней; величины выше 1 Зв привели бы к лучевой болезни, острой или хронической.

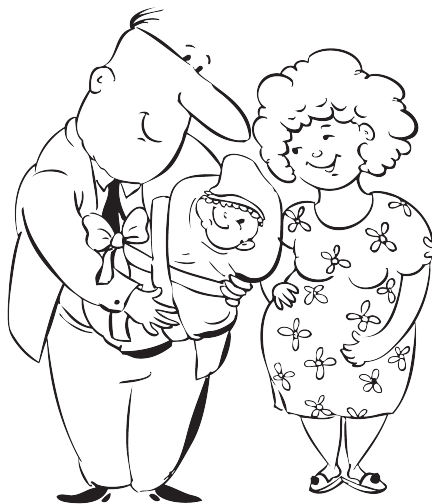


Таблица 7.1 Пороговые дозы ионизирующих излучений в отношении репродуктивных функций у взрослых людей [1]

Орган и эффект	Порог	
	Доза на орган, полученная за одно кратковременное облучение, Зв	Мощность дозы, получаемая ежегодно при хроническом облучении в течение ряда лет, Зв/год
Мужчины: Семенники временная стерильность постоянная стерильность	0,15 3,5-6,0	0,4 2,0
Женщины: Яичники Стерильность	2,5-6,0	0,2

То же самое характерно для импотенции: она наблюдается лишь при больших дозах облучения. Тут огромную роль играет ещё и психологический фактор, то есть радиофобия.

— Знаешь, я вчера провел такую ночь с девушкой из Чернобыля!
— Ты что, она же радиоактивна!
— Точно. И рада, и активна.

Литература

1. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. – 384 с.

МИФ ВОСЬМОЙ: У ОБЛУЧЁННЫХ РОДИТЕЛЕЙ РОЖДАЮТСЯ ДЕТИ-МУТАНТЫ

Как вы думаете, сколько неполноценных детей родилось у японцев, переживших ядерную бомбардировку?

Стоп, вопрос некорректный. Ведь каждый двадцатый младенец в мире рождается с генетическими дефектами. Например, синдром Дауна наблюдается в одном случае на 800 рождений. Ребёнок с аномалиями развития может родиться и у совершенно здоровых родителей. И риск повышается, если родители сами страдают наследственными заболеваниями, если они немолоды или злоупотребляют алкоголем.

А рождение неполноценных детей, вызванное радиацией, невозможно отличить от обычных, спонтанных случаев. Речь может идти только о повышении частоты в сравнении с природным уровнем. Итак, сколько **избыточных** случаев зафиксировано у хибакуси? Десять, сто, тысяча?

А теперь послушаем правильный ответ: «Среди 27 000 детей, родители которых получили относительно большие дозы во время атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, были обнаружены **лишь две вероятные мутации**, а среди примерно такого же числа детей, родители которых получили меньшие дозы, — **ни одного случая**» [1]. Практически нулевой эффект — даже при рождении ребёнка от обоих облученных родителей [2, 3].

То же самое — относительно персонала ФГУП «ПО «Маяк»: у детей облучённых родителей не выявлено повышения частоты уродств, дефектов физического развития, специфических заболеваний [4]. А как насчет Чернобыля? Аналогично. И у матерей, и у отцов, облученных **до зачатия**, рождаются физически и умственно полноценные дети [2].

— Да не может быть! Но ведь как же! И в газетах писали, и по телевизору показывали, — раздаются крики недоверчивых читателей.

Кстати, такие возгласы вызываются так называемым **эффектом порядка**: человек больше доверяет не тому, что правда, а тому, что услышал раньше. Кто первый встал, того и тапки!

Но не на пустом же месте возникли эти слухи? Нет, страх рождения неполноценных детей от облученных родителей имеет реальную основу. Так называемое **мутагенное воздействие**

радиации впервые было установлено ещё в 1925 году советскими учеными Г.А. Надсоном и Г.С. Филатовым в опытах на дрожджах. В 1927 году открытие было подтверждено в экспериментах с дрозофилами. Эта маленькая мушка размножается очень быстро, за что её обожают генетики [5].

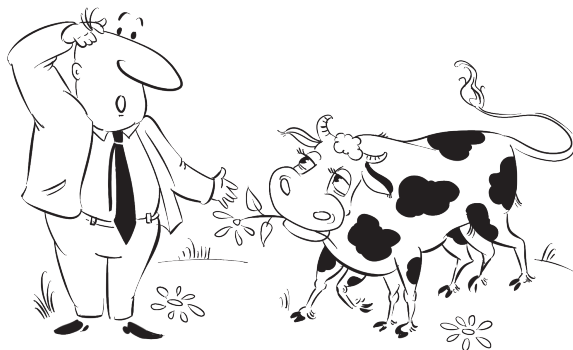
Всегда легче убеждать, чем разубеждать. Стоит человеку произнести «нет», всё его самолюбие будет направлено к тому, чтобы держаться за это «нет».

Даниил Гранин.
«Иду на грозу»

*Беременная говорит мужу:
— Знаешь, сейчас кругом радиация. Дети рождаются чёрные и с двумя головами.
Жена родила. Взволнованный муж звонит в роддом:
— Ну что?
— Чёрный.
— А голова? Голов-то сколько?
— Одна.
— Ну, слава богу!*

А уже в послевоенное время по программе «Грандиозная мышь» в исследовательском центре американского города Ок-Ридж в течение тридцати лет учёные проводили тесты на мышах (семь миллионов белых мышек!). И лишь при огромных количествах подопытных существ удалось доказать учащение генетических эффектов.

А дальше журналисты стали «жарить» полученные результаты. Так мы и узнали о чернобыльском телёнке то ли с шестью, то ли с семью ногами. Никто его не видел по понятной причине: уникального



телёночка сразу увезли в сверхсекретную лабораторию. Чтобы с помощью сверхмощного компьютера точнее пересчитать ему ноги.

На самом деле риск вызываемых облучением серьёзных генетических нарушений невысок. В то же время спонтанный, естественный уровень наследственных заболеваний большой, около 5%: пять младенцев на каждые сто родившихся [5, 6]. И «отловить» при таком огромном количестве отклонений небольшую добавку, вызванную облучением родителей, не удаётся. Её можно лишь рассчитать, исходя из результатов опытов на дрозофилах и мышах.

В таких случаях используют выражение **риск**. В данном случае — **риск генетических (наследственных) эффектов**. Радиационное воздействие дозой один зиверт **удваивает** риск в сравнении со спонтанным уровнем [6]. Но мы уже знаем, что большие дозы облучения встречаются крайне редко. А для малых доз риск наследственных эффектов ниже канцерогенного риска в 27-40 раз [7].

Учёные рассчитали риск наследственных эффектов от чернобыльской аварии. Для жителей девяти радиоактивно загрязнённых областей России, Беларуси и Украины он составил около 100 случаев на миллион человек. Конечно, эти цифры тонут в море спонтанных генетических нарушений. Неизмеримо больший прирост даёт, к примеру, алкоголизм родителей.

Но такую безобидную картину мы имеем лишь в случае облучения родителей **до зачатия** ребенка. При облучении же **беременной женщины**, когда воздействию подвергается сам плод, картина резко меняется. Ведь плод — это уже человек, к тому же чрезвычайно чувствительный ко всякого рода воздействиям. В том числе и к облучению.

Последствия негативного воздействия на плод называют уже не генетическим, а **тератогенным** (уродующим плод) эффектом. Такое действие могут оказывать не только ионизирующие излучения, но и некоторые лекарства, химические вещества (диоксины, свинец и другие), алкоголь.

В отношении радиационного воздействия выделяют два опаснейших для будущего ребенка периода.

Первый период — начало формирования органов и тканей (две недели после зачатия). Помните пятую главу: наиболее чувствительными к облучению являются молодые и растущие органы и ткани. А эмбриональная ткань является самой уязвимой, тут высок риск глубоких отклонений в физическом развитии ребёнка (уродств). Но только при дозах облучения беременных женщин **выше 100 мЗв**.

Второй период — облучение в интервале между 8 и 15 неделями беременности дозой выше 200 мЗв. В этом случае у 40% детей в будущем может развиваться тяжёлая умственная отсталость [5].

Таким образом, облучение беременной женщины куда опаснее, чем облучение до зачатия любого из родителей или даже обоих. В то же время последствия облучения плода проявляются лишь при достижении определенного порога дозы: 0,1–0,2 Зв.

Наглядный итог нашей беседы в четырёх последних главах можно увидеть на рис. 8.1.

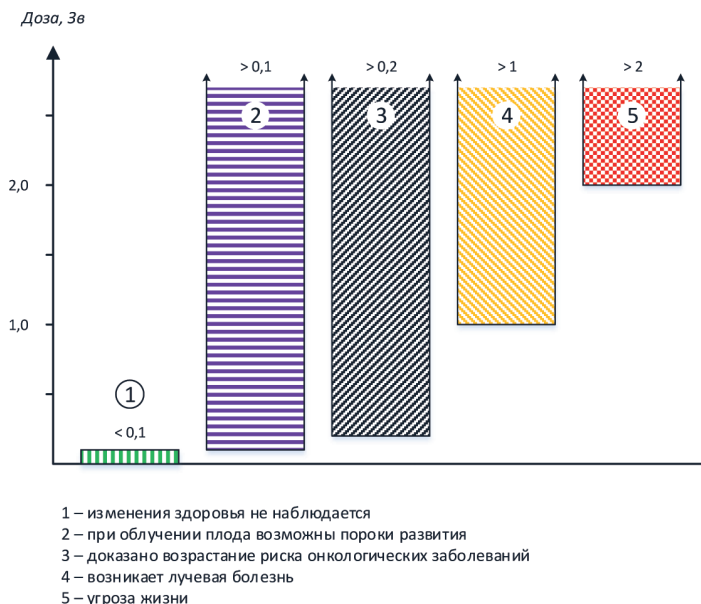


Рис. 8.1 Влияние дозы облучения на здоровье

Литература

1. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Перевод с англ. — М.: Мир, 1988. — 79 с.
2. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. — 165 с.
3. Э. Дж. Холл. Радиация и жизнь: пер. с англ. — М.: Медицина, 1989. — 256 с.
4. Ларин И. Невсесильная радиация. — Энергия, 1994, №12. — С. 5-8.
5. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. — 384 с.
6. Чернобыльская радиация в вопросах и ответах. — М.: Изд-во «Комтехпринт», 2005. — 32 с.
7. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 100 с.

МИФ ДЕВЯТЫЙ:

ВСЕ ЛИКВИДАТОРЫ ОБРЕЧЕНЫ НА БОЛЕЗНИ И ПРЕЖДЕВРЕМЕННУЮ СМЕРТЬ

Сразу после чернобыльской катастрофы в моде были мрачные прогнозы. К примеру, доктор Джон Гофман (США) пугал нас: «Число дополнительных злокачественных новообразований во всем мире составит от 600 000 до 1 000 000 случаев» [1].

Что же тогда говорить о ликвидаторах? Ведь именно они получили максимальные дозы радиации.

После Чернобыля прошло тридцать лет. Сегодня мы пользуемся не слухами и догадками, не мнениями или газетными публикациями. С 1992 года ведётся Российский государственный медико-дозиметрический регистр (РГМДР). В этом документе учитываются все, кто подвергался радиационному воздействию от аварии на ЧАЭС, а также их дети и последующие поколения. Огромная база данных содержит сведения почти о 600000 людей: полученных дозах, состоянии здоровья, смерти [2-4]. Изначально регистр включал 200000 ликвидаторов, участвовавших в аварийных работах в 1986—1987 гг., 116000 эвакуированных лиц и 270000 жителей наиболее загрязнённых территорий.

Итак, ликвидаторы. Прошло много лет, число состоящих на учёте сократилось примерно до 130000 человек.

Зададим себе несколько вопросов:

- какие дозы получали ликвидаторы?
- какие радиационные последствия проявились?
- каково состояние здоровья ликвидаторов в сравнении с остальным населением?
- какова продолжительность жизни ликвидаторов и есть ли что-нибудь необычное в их смертности?

Ответ на эти вопросы крупным планом вы видите на рисунке 9.1.

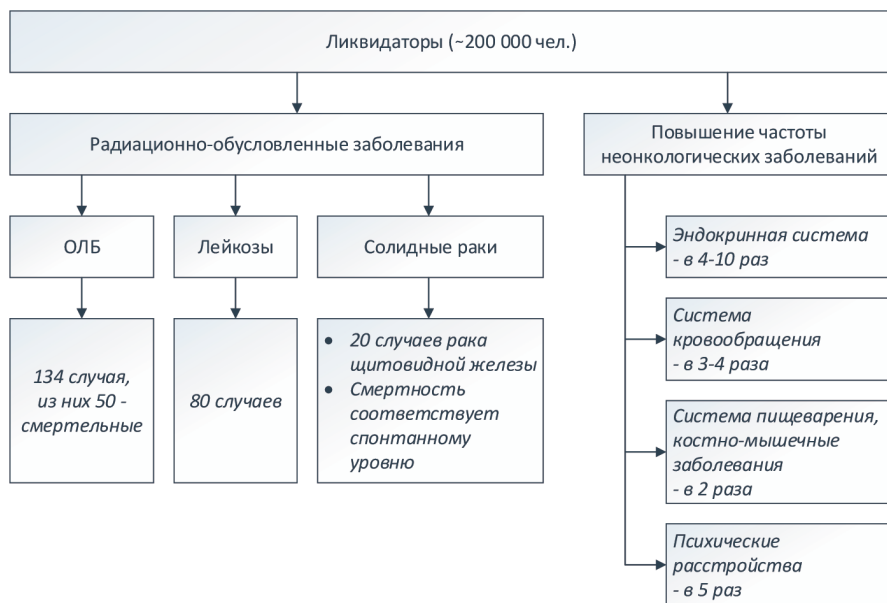


Рис. 9.1 Последствия чернобыльской катастрофы для здоровья ликвидаторов (обработка данных [3-6])

Начнём по порядку. Кто сильнее всего пострадал от лучевой болезни? Операторы АЭС и первый отряд ликвидаторов, принявших главный радиационный удар. Они получили большие, часто смертельные дозы, от 1 до 16 Зв.

Основная часть ликвидаторов (около 200 000 человек), получила дозы намного меньшие. Средняя доза составила 100 мЗв, а у большей части ликвидаторов доза не превышала 250 мЗв. Такие дозы не могут привести к лучевой болезни, речь идёт лишь об отдалённых эффектах облучения.

В первую очередь возросла частота заболеваний лейкозами. Пик радиационных лейкозов прошёл через 4-5 лет после аварии; в те годы каждый второй случай рака крови у ликвидаторов был обусловлен радиацией. Потом число лейкозов пошло на убыль, а через 12 лет после аварии уровень заболеваемости сравнялся с естественным.

Среди российских ликвидаторов, получивших дозы облучения выше 150 мЗв, было до 80 случаев **смертельных** лейкозов [6].

Кроме того, у ликвидаторов наблюдается повышение заболеваемости раком щитовидной железы (РЩЖ). Правда, **среди ликвидаторов** заболевание это нечастое (20 случаев); к тому же РЩЖ сравнительно легко поддаётся лечению.

А вот что касается остальных **солидных** раков — всё не так просто. Такие болезни могут проявиться ещё через десяток-другой лет, и эти риски уже просчитаны. Помните, мы говорили о хиакуси (см. рис. 6.2)? У них повышение общей онкологической смертности за счёт облучения составляет 9%. А для ликвидаторов прогноз даёт максимум 3% [4].

А чем ещё отличается состояние здоровья ликвидаторов, помимо онкологии? На них буквально набросились самые разные недуги. Ещё раз подчеркнём: при типично малых для большинства ликвидаторов дозах облучения — 100, реже до 250 мЗв. И ведь столько болячек не было даже у жителей Хиросимы и персонала ФГУП «ПО «Маяк», набравшего в послевоенные годы куда **большие** дозы.

И повышенная смертность ликвидаторов — вовсе не от рака. Чаще всего — отравления, травмы, самоубийства. Радиация тут ни при чём, причина совсем другая. Ликвидаторы испытали огромное психологическое давление со стороны средств массовой информации. То, что происходило вокруг Чернобыля в 1986 году, было едва ли не страшнее самой аварии. Кто постарше, помнит, какие раздувались слухи: братские



могилы для радиоактивных трупов, тысячи раковых заболеваний уже через месяц после аварии, огромные — с экскаватор — грибы-мутанты. И всю эту чушь валили на неподготовленных людей. А неискушённому человеку каждый беккерель кажется в сто раз ужасней, каждый миллизиверт — в тысячу раз опаснее.

Для многих ликвидаторов радиофобия оказалась страшнее радиации. А о ком-то можно сказать: их убила не радиация, а страх перед ней.

Радиофобию часто недооценивают. Это не разовый, пусть и очень сильный страх, какой испытали жители Хиросимы и Нагасаки.

Много лет назад профессор Боле изучал влияние стрессов на здоровье [7]. Погрузив группу из сорока человек в гипноз, он внушил, что они потерпели крах и стоят на краю гибели. Потом за этими людьми наблюдали в течение двух недель. Итог внушительный: **группа оказалась поражена чуть ли не всеми болезнями цивилизации.**

Затем профессор снова загипнотизировал испытуемых. Но теперь внушал, что перед ними стоят большие цели, и все способны их достичь. Вы уже догадались, что произошло? Да, настоящее чудо: испытуемые оживали на глазах, а все обнаруженные ранее симптомы заболеваний исчезли!

Какой следует вывод? **Ожидание беды ведет к беде.** Внушённая болезнь может оказаться опаснее настоящей!

Но из опытов профессора Боле можно сделать ещё один вывод: ситуация обратима, нужен лишь грамотный подход.

К сожалению, к нашим ликвидаторам подходили иначе. Пока их работа была нужна государству, ликвидаторов жалели и объявляли жертвами. А в состоянии жертвы человек входит охотно. Затем, когда ликвидаторы сделали своё дело, государство умыло руки: «Всем спасибо. Все свободны».

Сегодня врачи знают, что радиофобия приводит к таким же заболеваниям, как и радиационный удар.

А. Ю. Румянцев,
бывший руководитель
Федерального агентства
по атомной энергии
(Росатома)

И вот обращается ликвидатор, человек по-настоящему больной, пусть и не столько от радиации, за помощью. И что он слышит? Наш врач, отнюдь не профессор Боле, говорит: «Вы получили дозу, безвредную для здоровья. У вас просто радиофобия».

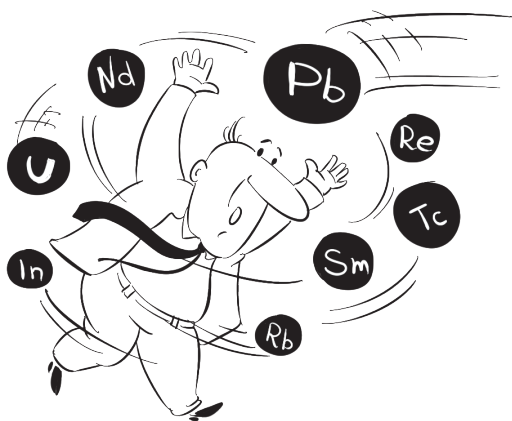
Человек воспринимает такой диагноз как оскорбление: его обвиняют в симуляции. Стресс ещё усиливается. Порочный круг!

Но помимо болезней оксидантного стресса (вспомним рисунок 4.2) многие ликвидаторы отмечают у себя необычные симптомы. Например, «ломит кости». Откуда взялись эти напасти?

Дело тут вот в чём: на ликвидаторов действовала ещё и необычная химическая нагрузка. Взорвавшийся реактор выбрасывал сложнейшую смесь радионуклидов. Многие из них — чрезвычайно химически токсичны. Для радиоактивных изотопов рубидия, индия, неодима, самария, рения и урана-238 химическая токсичность выдвигается на первое место, она опаснее для организма, чем их излучение [8]. Многие химические элементы относятся к редким, экзотическим, поэтому их действие на организм мало изучено. А в нашем

*Ибо ужасное, чего я ужасался,
то и постигло меня; и чего я
боялся, то и пришло ко мне.*

Ветхий Завет:
Книга Иова



случае они действовали в сочетаниях, неизвестных природе. К тому же многие нуклиды способны накапливаться в организме. Например, коэффициент концентрирования технеция-99 в организме (в сравнении с его содержанием в окружающей среде) равен 57000! [9].

А самое неприятное из

всей этой химии — колоссальное загрязнение окружающей ЧАЭС территории свинцом. Ведь первые недели после катастрофы сильней всего опасались перегрева и расплавления активной зоны реактора. Расплав мог попасть в подреакторное пространство шахты, заполненное водой. А это могло привести к очень сильному взрыву и разбросу радиоактивных материалов на огромные территории.

Поэтому в раскалённое жерло разрушенного блока с вертолётá скидывали мешки со свинцом: при плавлении металл поглощал выделяющееся тепло. Всего свинца сбросили несколько тысяч тонн. Эта огромная масса сравнима с количеством стали, ушедшей на изготовление Эйфелевой башни (7000 тонн). Но свинец не только плавился, он испарялся. Поэтому зона ЧАЭС — ещё и зона сильного свинцового загрязнения. А ведь свинец, попадая в организм, снижает иммунитет: к человеку «липнут» самые разные болезни.

По мнению многих специалистов, химическое поражение ликвидаторов оказалось серьёзнее радиационного.

Взгляните на уже знакомую схему (рис. 4.2). Обратите внимание на два нижних прямоугольника в правой стороне рисунка. Синдром хронической усталости, депрессии, подсознательное желание смерти — всё это проявления оксидантного стресса, или ускоренного старения. У тридцатилетнего человека концентрация свободных радикалов в клетках может соответствовать восьмидесятилетнему возрасту. При огромном избытке свободных радикалов включается естественный механизм самоликвидации дряхлого организма. Отсюда и равнодушие к опасным ситуациям и, как следствие, частый травматизм у чернобыльцев, и огромное число самоубийств среди ликвидаторов.

Что касается болезней и смертей, постигших многих из тех, кто служил на полигоне, то это вопрос непростой и спорный. В наш век глобального ухудшения экологической обстановки, в век стрессов и всеобщей перенасыщенности химикатами люди болеют чаще и умирают, не дожив до старости, хотя никогда не были на ядерном полигоне, не находились под облаком атомного взрыва.

А среди тех, кто много лет жил и работал на ядерном полигоне, есть, слава богу, долгожители, которые не жалуются на здоровье.

Это доказательство того, что не все, кто соприкасался с ядерным полигоном, обязательно заболевают и раньше других умирают.

Андрей Жариков,
автор документальной книги «Полигон смерти»,
участник испытаний атомного оружия в 1950-х годах

Таким образом, ликвидаторы получили целый букет повреждающих факторов: облучение, химическое поражение и психологический удар. И заболевания ликвидаторов — не чисто радиационные эффекты, это болезни сочетаний. **Сочетание** трёх поражающих факторов оказалось страшнее, чем высокие дозы облучения у персонала ФГУП «ПО «Маяк» или хибакуси. Ведь до Чернобыля никто не испытывал на людях атомное, химическое и психологическое оружие одновременно.

Можно было предотвратить такую зловещую комбинацию поражающих факторов? Да! И это было сделано в отношении **ликвидаторов-атомщиков** (18 605 человек), которые до аварии на Чернобыльской АЭС работали на предприятиях атомной отрасли Советского Союза [4, 10]. Профессионалы из «Средмаша» (так прежде назывался «Росатом») имели индивидуальные дозиметры, контролировали и старались не превышать дозы облучения при ликвидации последствий аварии. В среднем атомщики получили дозы около 50 мЗв. Это первое.

Второе. Профессиональные атомщики спокойно, без паники, относились к радиации.

Результат: частота онкозаболеваемости ликвидаторов-атомщиков не превышает спонтанного уровня, зависимость «доза — эффект» для них нулевая. Профессионалы в основном испытывали лёгкие формы неврозов и по окончании командировок быстро возвращались к прежним служебным обязанностям. Какими уехали — такими и вернулись, как заговорённые.

Выходит, прав народ в своей мудрости: «Все болезни от нервов»? Не будем спешить с выводами. Ведь пока мы говорили только о ликвидаторах. А как насчёт населения? Да, 116000 человек были эвакуированы. Но 270000 проживают на наиболее загрязнённых территориях, в течение многих лет и десятилетий (в отличие от ликвидаторов). И что насчёт облучённых детей?

Сначала — **о населении в целом**.

В России наиболее загрязнёнными оказались юго-западные районы Брянской области. В первые дни после аварии основную опасность представляли радиоактивные изотопы короткоживущего, а значит, высокоактивного йода-131. Главным образом за



счёт употребления радиоактивного молока, — если коровы и козы питались свежей травой, а не заготовленным сеном. В отличие от жителей Припяти и ряда близлежащих к Чернобыльской АЭС деревень, которые радиоактивный йод получили в основном за счёт вдыхания.

Почти весь йод-131 распался за 40 суток, после чего загрязнение территорий стали определять радиоактивные изотопы цезия.

Какие же дозы получило население, и как это сказалось на здоровье людей? Сразу отметим: за исключением радиоактивного йода, облучение **населения** России от чернобыльской аварии оказалось невелико (в отличие от ликвидаторов). Поэтому риск заболеть раком именно по причине проживания на загрязненной территории практически отсутствует.

Почти во всех регионах России население за 10 лет после аварии получило дозы **внешнего** облучения не более 50 мЗв. Исключение — Брянская область. Здесь дозы выше 50 мЗв за 10 лет получили около 47 тысяч человек, из них около 25 тысяч — выше 70 мЗв [3]. Никто из населения не облучился большими, свыше 1 Зв, дозами.

Но вернёмся к самой серьёзной опасности — **внутреннему** облучению радиоактивным йодом-131. Этот радионуклид имеет неприятное свойство накапливаться в щитовидной железе, что может привести к раку — РЩЖ. Постойте, но ведь в шестой главе мы говорили, что облучение отдельного органа безопаснее, чем всего организма (помните: эффективная доза?).

Да, облучение отдельного органа менее опасно, чем всего организма. Конкретно — облучение щитовидки в 20 раз менее опасно (вспомним таблицу 6.1: взвешивающий коэффициент для этого органа равен 0,05). Важный нюанс — **при одинаковой дозе облучения**.

А что такое доза? Энергия, поглощённая **единицей массы** облучаемого тела. Поэтому при **внутреннем** облучении, когда радионуклид может концентрироваться в отдельных органах, большое значение имеет масса этого органа. Например, щитовидная железа имеет очень скромную массу: у взрослого человека 20-60 грамм, у новорожденного — всего два—три грамма. Иными словами, щитовидка по массе — **одна двухтысячная часть** всего тела. А при концентрации радионуклида в щитовидной железе соответственно увеличивается и доза её облучения.

Понимаете? То, что облучается не весь организм, а лишь отдельный орган — хорошо: канцерогенный риск уменьшается в двадцать раз. Но при внутреннем облучении энергия лучевого удара накапливается в крохотном органе — и это **очень** плохо. Доза-то возрастает не в 20, а в 2000 раз. Ну пусть не в 2000, а в 400 раз — с учётом того, что щитовидка концентрирует не весь поглощённый организмом йод, а лишь пятую его часть. Всё равно негатив перевешивает. Вот почему последствия Чернобыля так явно «выстрелили» опухолями щитовидной железы.

Дозы облучения на щитовидную железу от радиоактивного йода оценивают отдельно. В среднем они составили 30-300 мГр. Однако у

некоторых людей дозы достигали нескольких грей, в 100 и более раз выше средних (в зависимости от уровня загрязнения почвы йодом, количества потребляемого молока, а также от возраста) [3]. Но не спешите пугаться: эти несколько грей — вовсе не те большие дозы, что приводят к лучевой болезни. Во-первых, тут поглощённые дозы совпадают с эквивалентными, выраженными в зивертах: ведь йод-131 — бета-излучатель. Но главное, что это дозы на орган, и для расчёта эффективной дозы и, соответственно, онкологического риска их следует умножить на 0,05.

Наибольшие дозы на щитовидную железу получили маленькие дети — в 4 раза больше, чем взрослые (рис. 9.2).

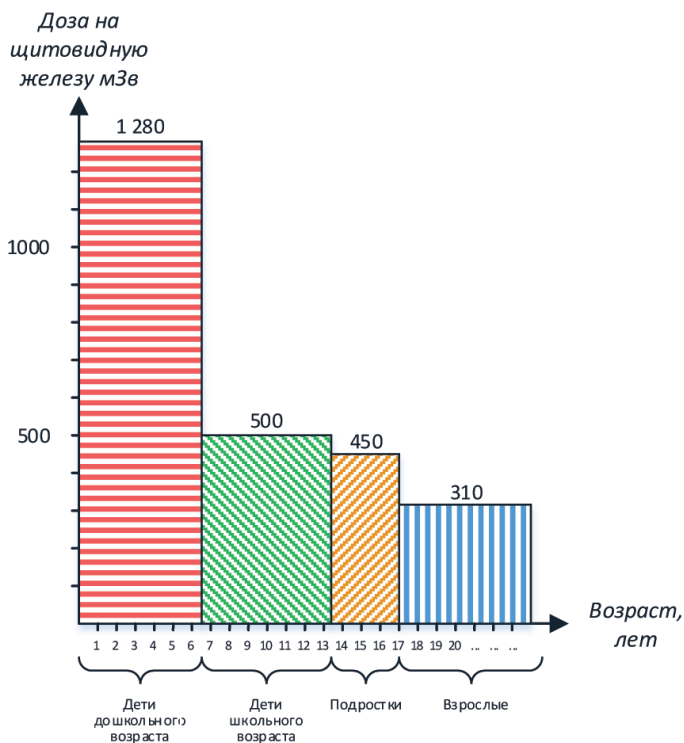


Рис. 9.2 Дозы облучения среди отселённых (графическая обработка данных по России [6])

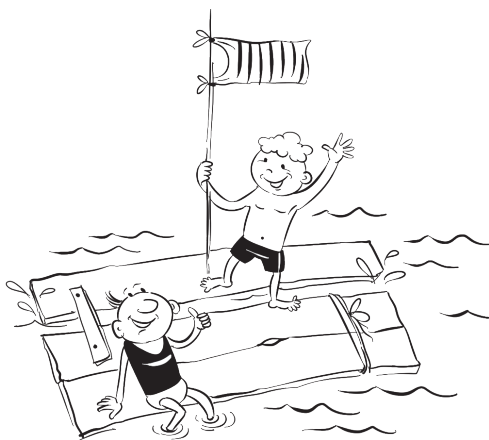
И что самое обидное, дозы на щитовидку можно было снизить, хоть в сто раз. Стоило лишь вовремя провести йодную профилактику. Приём препаратов стабильного йода не позволил бы йоду радиоактивному накапливаться в щитовидной железе [3, 11-13]. Но к йодной профилактике приступили слишком поздно.

Результат — **массовые заболевания РЩЖ**. В первую очередь среди тех, кто на момент аварии были детьми и подростками. С 1992 по 2000 годы 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. До 40% этих случаев можно отнести к радиационно-обусловленным [3].

Если учитывать только Россию, радиационным воздействием обусловлено до 40 процентов из 748 случаев РЩЖ у детей. Эти случаи были выявлены в период 1991–2008 гг. в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях [6].

Да, опухоли щитовидной железы неплохо лечатся: при своевременном обнаружении выживаемость составляет 99%. Из 4000 заболевших умерло 15 человек (из них 9 — непосредственно от рака, 6 — по другим причинам) [3]. Но вы представляете, что это такое — ребёнку переболеть раком, пройти курс лечения? В этой книге мы ещё не раз столкнёмся с повышенной уязвимостью детей к воздействию радиации.

Итак, в заболеваниях детей и подростков виновата прежде всего радиация. Зато дети почти не подвержены фобиям. Вот что говорит по этому поводу известный путешественник и специалист по выживанию в экстремальных ситуациях Андрей Ильичёв: «Есть статистика, что во время кораблекрушений 97% людей погибает от



моральных факторов. Спасатели нередко находят в шлюпках воду, теплую одежду, еду и... трупы, а ещё — сумасшедших людей. А вот, скажем, дети младше десяти лет в таких катастрофах не погибают, выживают, потому что у них психология другая, а крепкие здоровые мужики первыми ломаются и сходят с дистанции» [14].

Подчеркнём отличия между страхом и фобией. Страшно в бою, как вы думаете? Ещё бы! Но от такого страха не умирают. Да и моряки, быстро, в течение трёх суток умиравшие на шлюпках и спасательных плотках, были не робкого десятка. Но у них подключалось чувство более сильное, чем страх: воображение, предчувствие неизбежной гибели. А мозг ребёнка не способен умножать опасность так сильно [15].

*Ужасно слышать, как на
утренней заре в пещере визжит
без умолку толстый, сильный,
отчаянной храбрости мужчина.*

О' Генри.
«Вождь краснокожих»

Кстати, именно по этой причине детскую заболеваемость считают более объективным показателем любого экологического неблагополучия (не только радиационного загрязнения): у детей обычно отсутствует негативная психическая компонента [16].

Когда мы сравниваем заболеваемость детей и взрослых в результате чернобыльской катастрофы, возникает странное чувство: мы имеем дело с разными видами живых существ.

У взрослых — колоссальный рост неонкологических заболеваний (оксидантный стресс!). И при этом сравнительно редкие радиационные эффекты (за исключением первой шеренги ликвидаторов, грудью закрывших амбразуру). А у детей — массовые опухоли щитовидной железы, вызванные радиацией.

*Кто заражён
страхом болезни,
тот уже заражён
болезнью страха.*

Мишель Монтень

Посмотрим на последствия чернобыльской аварии трезво. Не будем говорить о разрушительном психологическом воздействии и смертельном ударе по советской экономике. Сейчас мы обсуждаем лишь **прямой радиационный ущерб** жизни и здоровью людей. Помните прогноз американского учёного — сотни тысяч раков? Реально на сегодняшний день от острой лучевой болезни погибло 50 ликвидаторов, и 9 детей умерли от рака щитовидной железы.

Но существует и оценка **общего числа людей**, которые погибли и **ещё могут погибнуть** из-за чернобыльской аварии среди 600 000 человек в Беларуси, России и Украине (ликвидаторов, эвакуированных лиц и жителей наиболее загрязнённых территорий). Так вот, **максимальная** теоретическая оценка даёт цифру 4000 человек [3]. Тысячи — а не миллионы! Для крупнейшей радиационной катастрофы за всю историю человечества масштабы именно радиационного ущерба — не катастрофические. Могло быть хуже.

В любом случае, титулы «ликвидатор» и «чернобылец» — не приговор.

Одно время был такой модный призыв: **«Берегите мужчин!»**

Если мы говорим о радиации, его стоит подправить:

«Берегите мужчин от радиофобии, а детей – от радиации!»

Литература

1. Осмачкин В.С. Об оценках биологических эффектов радиационного воздействия. — Энергия, 2001, №1. – С. 6-14.
2. Сидоренко В.А. Замечания к причинам и следствиям чернобыльской аварии. — Энергия, 2003, №4. – С. 2-8.
3. Чернобыльская радиация в вопросах и ответах. — М.: Изд-во «Комтехпринт», 2005. — 32 с.
4. Иванов В.К. Ликвидаторы. Радиологические последствия Чернобыля. — Центр содействия социально-экологическим инициативам атомной отрасли, 2010. – 30 с.

5. Рылов М.И., Тихонов М.Н. Комплексная оценка ядернорациационного наследия России. — PROатом, 21 марта 2007 г.
6. Российский национальный доклад: 25 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления её последствий в России. 1986–2011 / Пучков В.А., Онищенко Г.Г., Арутюнян Р.В. и др. — М., 2011. — 160 с.
7. Шейнов В.П. Искусство жить: как обратить знание в здоровье. — Минск: Харвест, 2003. — 720 с.
8. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. — 384 с.
9. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: атомная мифология. — М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. — 145 с.
10. Гуськова А.К. Чернобыль и здоровье. Конец первого десятилетия. — Энергия, 1996, №5. — С. 16-19.
11. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. — 165 с.
12. Гуськова А.К. Авария на ЧАЭС и ее медицинские последствия. — Энергия, 2000, №4. — С. 18-21.
13. Василенко И.Я., Василенко О.И. Радиоактивный йод. — Энергия, 2003, №5. — С. 57-62.
14. Человек-вездеход (интервью с А. Ильичёвым). — «Коммерсантъ — Деньги», 2003, №48. — С. 130-134.
15. Лебедев В.И. Обреченные на смерть заклинанием. — Энергия, 1990, №10. — С. 55-59.
16. Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / Под редакцией А.А. Баранова, А.А. Щеплягиной. — М.: Изд-во «Информатик», 1998. — 333 с.

МИФ ДЕСЯТЫЙ: ОПАСНЫ ДАЖЕ МИЗЕРНЫЕ ДОЗЫ РАДИАЦИИ. НЕТ, МАЛЫЕ ДОЗЫ АБСОЛЮТНО БЕЗВРЕДНЫ

Сейчас мы рассмотрим вопросы важности чрезвычайной: ведь с малыми дозами радиации сталкивается каждый из нас. Мы живём в радиоактивном мире, причём именно в мире малых доз.

Как же действуют малые дозы радиации, вредны ли они для здоровья? Сразу отметим: единого мнения не существует. Некоторые учёные, как и большая часть населения, считают опасными любые, сколь угодно малые дозы. Приводятся весомые доводы — результаты опытов по облучению мышей, многочисленные болезни ликвидаторов, статистика заболеваемости в «закрытых» городах, где расположены атомные предприятия и так далее.

Другая часть учёных столь же уверенно заявляет: малые дозы безопасны.

И, наконец, третья группа утверждает: облучение малыми дозами не только безвредно, а ещё и полезно. Доказательства тоже крепкие: многолетний опыт применения радоновых ванн, и... те же самые результаты опытов на мышах, а также статистика заболеваемости на атомных предприятиях и в «закрытых» городах.

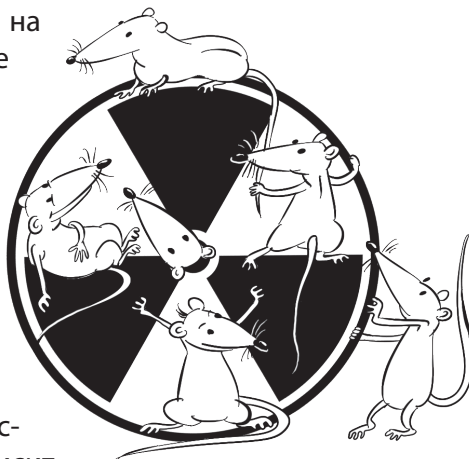
Если вы, не будучи специалистом, попытаетесь разобраться в этом вопросе, то рискуете сойти с ума: обе точки зрения подтверждаются **многими тысячами статей** и **сотнями книг**. Если же вы специалист, выяснить истину будет ещё труднее. У вас уже сложилась своя точка зрения. Оказавшись в плену определённых теорий и источников информации, вы даже не захотите ознакомиться с книгами и статьями, где приводятся противоположные аргументы. Правильно, зачем тратить время на эту чушь?

Но мы всё же попробуем докопаться до истины. Вдруг да получится? Рассмотрим разные точки зрения, а выводы сделаем после.

Сперва уточним, о какой именно опасности идёт речь. Малые дозы не приводят к лучевой болезни, поэтому разговор пойдёт об отдалённых эффектах. И прежде всего о раковых заболеваниях. Вернёмся к уже знакомой зависимости эффекта (числа дополнительных раковых заболеваний со смертельным исходом) от дозы облучения (рис. 6.1). Только сейчас обратим взгляд на область малых доз, менее 0,25 Зв (250 мЗв).

Да, при больших дозах мы имеем прямую линию: чем больше полученная доза, тем выше вероятность заболеть раком. **Закон пропорционального риска** надёжно подтверждает статистика по хибакуси в интервале доз 0,5-4 Зв [1]. Но как идёт эта линия дальше, вернее, ближе к нулевой точке? Мы уже знаем, медицина не способна прямо определить вину радиации в заболеваемости раком. Ведь на фоне спонтанного рака уловить небольшой прирост за счёт радиации чрезвычайно трудно.

Чтобы оценить влияние малых доз, приходится проводить опыты на огромном количестве мышей. Не облучать же специально миллион человек! Но даже такие исследования не дают чёткой картины: результаты «скачут». И тогда возникают версии, гипотезы. Причём у каждого — своя. Данных много — выбирай на любой вкус! Вообще-то известны даже не две, а минимум четыре точки зрения. Коротко рассмотрим эти варианты: как зависит эффект, то есть частота радиационного рака (обозначим его буквой N) от дозы облучения (D).



Итак, вариант первый — **беспороговый** (рис. 10.1).

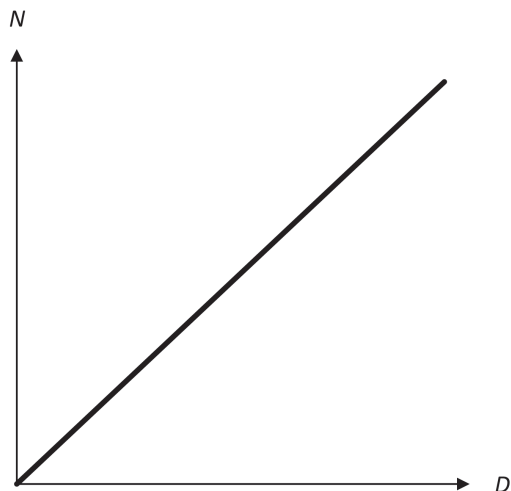


Рис. 10.1 Вариант 1 — беспороговый

Мы уже знакомы с этой версией: прямую пропорцию, доказанную для больших доз, просто продолжают в нулевую точку.

Это **беспороговая линейная зависимость «доза-эффект»**.

Логика здесь такая: мы не можем сказать точно, опасны малые дозы или нет. И потому будем осторожны. Считаем их опасными, но опасность, то есть вероятность смерти от рака, находится в прямой пропорции от дозы. Лишь полное отсутствие облучения гарантирует безопасность. Иными словами, беспороговая теория исходит из **презумпции виновности малых доз**.

Официальная точка зрения, принятая МКРЗ, основная версия, чуть сложнее. Она выражается не идеальной прямой линией. Считается, что при переходе от больших доз к малым риск умереть от рака в расчёте на единицу дозы снижается в два раза. Поэтому вводится понижающий коэффициент, равный двум [2, 3]. Таким образом, зависимость «доза-эффект» выражается в виде линии, имеющей перелом (рис. 10.2).

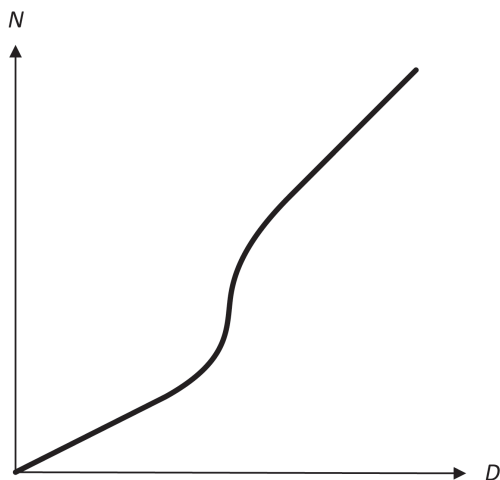


Рис. 10.2 Вариант 1а — беспороговый откорректированный

Если в области больших доз число смертельных раков равно 0,1 случай на 1 чел.-Зв, то в области **малых** доз — в два раза меньше: 0,05 случая на 1 чел.-Зв. Много это или мало?

Представим группу населения в 1 миллион человек. Пусть в этой группе каждый человек ежегодно облучается дозой 1 мЗв (коллективная доза 1000 чел.-Зв). Такое облучение может привести в отдаленном будущем к возникновению рака у **50** лиц из облучённой популяции (что укоротит их жизнь в среднем на 15 лет). При этом, согласно мировой статистике, ожидаемой причиной смерти **200-250 тысяч** человек из указанного миллиона будут такие же раки, но не связанные с облучением [4].

Аналогичные расчёты были проведены для оценки последствий чернобыльской катастрофы [2]. Для населения девяти загрязнённых областей России, Украины и Беларуси (15 617 000 человек) ожидаемая коллективная доза облучения равна 192000 чел.-Зв. А расчётная, теоретическая смертность от всех злокачественных опухолей за счёт радиации Чернобыля возрастает **на 0,6%** по сравнению со спонтанным уровнем. Здесь главная опасность заключается не в риске для конкретного человека, а в **массовости** облучения.

Мы уже говорили о принципиальном отличии малых доз облучения от больших. Не грех вернуться к этому сложному вопросу и взглянуть на проблему под другим углом. Для больших доз (если мы говорим об опасности ОЛБ) разница между 1 Зв и 5 Зв — всего в пять раз — это разница между жизнью и смертью. Либо лёгкая степень лучевой болезни, от которой выздоравливают без лечения, либо тяжёлая степень — верная смерть, если не лечить. Для тех же больших доз могут быть и отдалённые последствия, хотя для раковых заболеваний разница уже не такая резкая: 10%-ная вероятность и 50%-ная вероятность смерти в течение жизни.

Для малых же доз разница в опасности одного, десяти или ста **миллизиверт** почти незаметна: это мизерный прирост к риску «естественного» рака. Поэтому **индивидуальный риск малых доз — понятие, которое почти не имеет практического значения.**

В этом вся суть беспороговой теории: малые дозы радиации **опасны вовсе не для конкретного человека, а только при массовом облучении больших групп населения.** И еще: в области малых доз неправильно говорить «облучился» и «не облучился», делить дозы на чёрные и белые. Любые малые дозы — «чуть сероватые», если придерживаться беспороговой теории.

Повторим: именно вариант, показанный на рисунке 10.2, официально принят во всём мире.

Следующий вариант — **пороговый** (рис. 10.3).

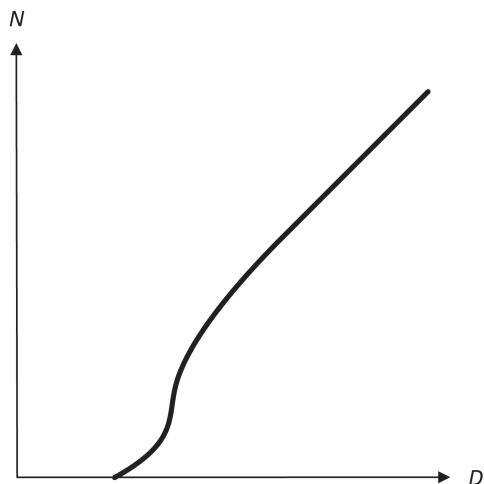


Рис. 10.3 Вариант 2 — пороговый

Логика здесь другая. Человек сформировался в условиях естественного радиоактивного фона. И не только человек, — все живые существа на Земле за миллионы лет наверняка приспособились к фоновым уровням радиации. Такие уровни безопасны, организм их просто не замечает. Опасность появляется, лишь начиная с какого-то порога. Поэтому к радиации надо относиться так же, как мы относимся к химическим загрязнениям: есть предельно допустимые уровни, предельно допустимые концентрации (ПДК). Всё, что ниже — безопасно.

Проблема тут вот в чём: никто не знает, где именно находится этот самый порог — один, десять или сто миллизиверт? А может, и все двести?

Ведь ни в Хиросиме, ни в Нагасаки не было зарегистрировано избыточных опухолей при облучении дозами ниже 200 мЗв [5].

*Объявление в немецком баре:
«ВОДКА.
Смертельная доза — 0,5 л.
Кроме русских».*

Да и естественный радиоактивный фон в разных местах отличается в разы и десятки раз.

Сегодня мы знаем точно: рак от облучения — эффект отдаленный и вероятностный. А вот пороговый или беспороговый — большой вопрос.

Следующий подход — **гормезис** (рис. 10.4).

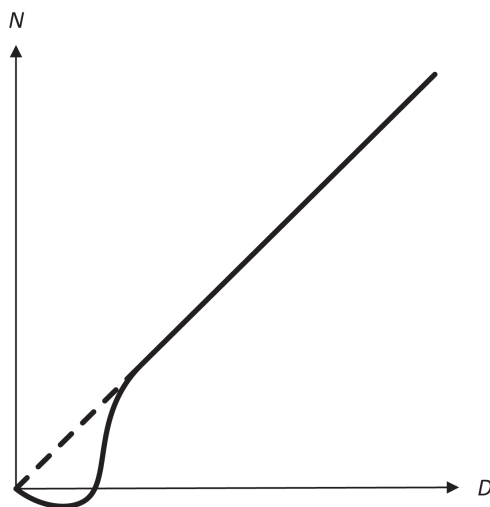


Рис. 10.4 Вариант 3 — гормезис

Пусть вас не пугает незнакомое слово, образованное от греческого *hormesic* — стремление. Давно известное явление. Означает **стимулирующее** действие **малых доз** каких-либо факторов, вредных в больших дозах (не только радиации). Ещё Парацельс в XVI веке сформулировал гениальную догадку: «Нет ядов и нет лекарств; всё есть яд и всё есть лекарство, а действие определяется лишь дозой».

В повседневной жизни примеров гормезиса — тьма тьмущая:

- плавать в ледяной воде опасно, но закаливание — полезно;
- алкоголь в больших дозах — яд, но малые дозы способствуют снижению сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний;

— многие химические элементы — яды, но в малых дозах полезны; их в этом случае и называют уже не токсичными элементами, а микроэлементами: селен, цинк, медь, хром и другие;

— ультрафиолетовое облучение может вызвать ожоги кожи (пороговый эффект) и отдалённые последствия (снижение иммунитета, ускоренное старение кожи, рак кожи). Но умеренное ультрафиолетовое облучение полезно и даже необходимо. Оно способствует образованию витамина D в организме и повышает сопротивляемость к физическим и нервным нагрузкам.

Аналогично и радиация: большие дозы опасны, а малые полезны и даже необходимы. Малые дозы радиации усиливают сопротивляемость человека разным болезням. Поэтому радиационный гормезис часто называют радиационным закаливанием [6].

Облучение малыми дозами **снижает** частоту раковых заболеваний: ведь на рисунке 10.4 ось абцисс — не нулевой, а спонтанный уровень смертности от рака.

Радиационный гормезис подтверждается многими примерами. Давно известен оздоравливающий эффект радоновых ванн (подробнее о радоне — в главе 16).

В радиоактивных провинциях Китая, Индии, Ирана, заболеваемость и смертность от рака ниже, чем в других районах [7, 8]. Правда, лишь у коренного населения.

Имеются данные, что при облучении хиакуси дозами от 5 до 100 мЗв наблюдается снижение, а не увеличение заболеваемости лейкозом [5]. Картина радиационного гормезиса у хиакуси показана на рис. 10.5 [1].

*Если это не смертельно,
значит, это полезно.*

Фридрих Ницше



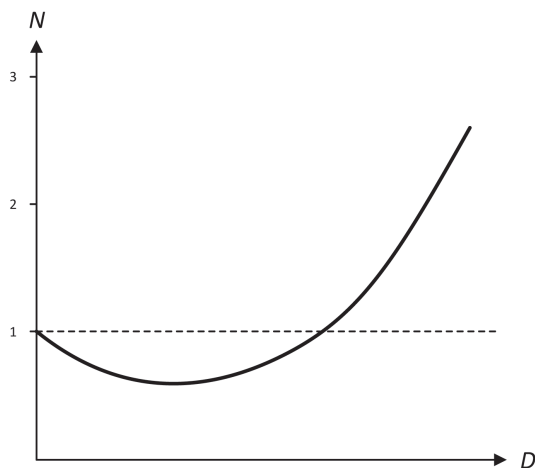


Рис. 10.5 Заболеваемость лейкозией у японцев, переживших атомную бомбардировку [1]

Существование радиационного гормезиса многими специалистами признаётся, но официально его практическое применение не рекомендуется. Ведь после краткосрочного усиления иммунитета могут проявиться негативные долговременные последствия [9].

Следующий вариант — **синергизм** (рис. 10.6).

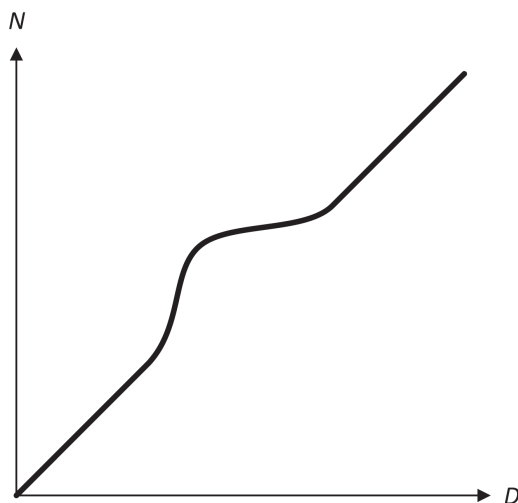


Рис. 10.6 Вариант 4 — синергизм

Синергизм (от греч. *synergeia*) означает *сотрудничество, содействие*. В нашем случае — усиление канцерогенного действия малых доз радиации при сочетании с другими повреждающими агентами (по научному — **факторами риска**). И здесь небольшие дозы облучения могут оказаться опаснее, чем **большие** дозы в «чистом виде»: не только размер имеет значение [10, 11]. Дополнительными факторами риска могут служить химические канцерогены, например, бензпирен (продукт неполного сгорания органических веществ, содержится, например, в табачном дыме). Так, совместное действие курения и облучения не удваивает, а сразу учетверяет смертность от рака [12]. Правда, усиливающий эффект зависит от количества выкуриваемых сигарет, что хорошо видно на рис. 10.7.

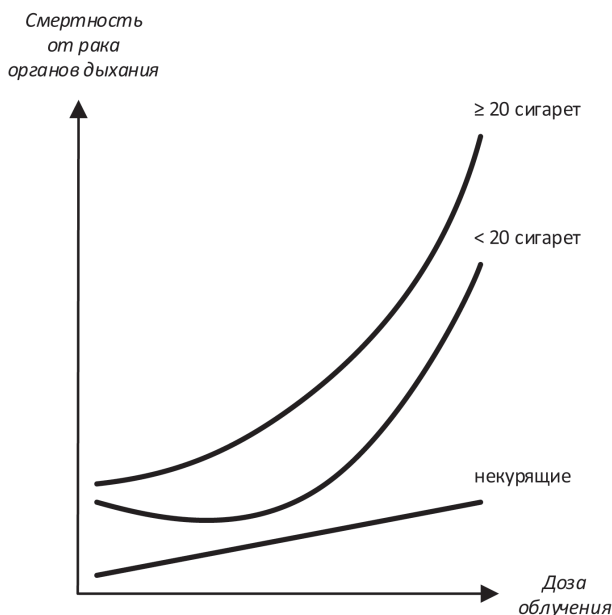


Рис. 10.7 Расчётная смертность от рака органов дыхания у шахтёров урановых рудников США [5]

Ионизирующие излучения в сочетании с курением намного опаснее, чем простое увеличение дозы облучения. Даже для рабочих урановых рудников!

Вы уже знаете, что психоэмоциональные стрессы усиливают канцерогенное действие радиации [14, 15]. При стрессах в организме сгорают витамины, в том числе те, что одновременно являются антиоксидантами (витамины А, С, Е). И в этом случае защита от избытка свободных радикалов резко слабеет. То же самое можно сказать о неправильном питании (дефицит витаминов, белка).

Синергизмом радиации и других факторов риска обусловлены, как мы знаем, и многие болезни ликвидаторов.

К сожалению, большая часть исследований посвящена изучению влияния радиации в чистом виде, иначе говоря — **только** величины дозы на частоту онкологических заболеваний.

Итак, мы рассмотрели четыре варианта, четыре точки зрения на опасность малых доз радиации. Вспомним особенность отдалённых эффектов облучения: невозможно предсказать, у кого опухоль проявится, а у кого нет. Только вероятность, только повышенный риск. Неопределённость результата воздействия **малых доз** радиации ещё выше. Здесь нельзя исключить даже снижения смертности от рака.

— Хорошо, — скажут читатели. — Но нам-то как относиться к радиации? То ли она опасна, то ли нет. А может, полезна? Что делать-то? Лечиться на радоновых курортах? Или задерживать дыхание, проезжая мимо атомной электростанции? Зачем нам четыре варианта? Где правда?

Я вас понимаю. Нас ещё в школе приучили: правильный ответ — всегда единственный. Тот, что в учебнике. И я так раньше считал. С годами стал допускать, что могут быть две точки зрения: моя и ошибочная.

И лишь сейчас пришло понимание: точек зрения может быть много, а неверной может оказаться и собственная.

Сегодня даже учёные не могут прийти к единой точке зрения. Но что интересно: специалисты определённого профиля **почти всегда** являются сторонниками конкретного варианта — одного из четырёх, что мы рассмотрели. Зная профессию автора статьи, саму статью можно не читать. Ага, это писал атомщик? Значит, приверженец пороговой теории. А здесь — активист-антиядерщик? Наверняка сторонник беспороговой теории либо синергизма. Так, а это у нас кто? Врач радонового курорта? Гормезис, однозначно.

В общем, скажи, где ты работаешь, и я скажу, что ты думаешь о малых дозах радиации. Иногда возникает ехидный вопрос: а зачем проводить исследования, коль результат известен заранее? Не будем спешить. Вы пока не готовы (простите

Таким образом, в настоящее время этот вопрос совершенно ясен, что говорит о его слабой изученности.

Данил Гранин.
«Зубр»

великодушно) воспринять информацию непредвзято. Вы, читатель, кто бы вы ни были, тоже подсознательно склоняетесь к определённой точке зрения. Я вас понимаю.

Вы — пенсионер, вас часто обманывали, от вас часто скрывали правду? И я бы на вашем месте не верил ни слову про безвредность и тем более пользу радиации.

Вы — профессионал-атомщик? Коллега, я вас понимаю. Когда я читал лишь книги, выпускаемые Минатомом, тоже считал малые дозы безопасными.

Сейчас нам нужно сделать одну вещь: начать с чистого листа. Представьте, что вы **ничего** не слышали раньше об опасности (безопасности) малых доз радиации. Помолчим.

Медленно перевернем страницу...

Вы ещё не готовы?

Понимаю: трудно. А кто сказал, что должно быть легко?

Помедлим еще минуту.

Начинаем с чистого листа.

Вы правы, не могут быть верными разные точки зрения **одновременно**. Что-то здесь не так. Возможно, у разных учёных в их опытах была разная радиация? Нет, примерно одинаковая. А может, исследования проводили в различных условиях? Уже теплее.

Статистические данные по онкологии облучённых людей используются в **разных** теориях. Значит, чем-то **отличаются** эти **люди**. Чем же?

Чтобы это выяснить, автору пришлось перелопатить десятки книг и сотни статей. Вот уже — тихо шифером шурша, едет крыша не спеша — и вдруг «щелчок». Есть-таки отличие между теми людьми, которым (точнее, некоторым из которых) от радиации было плохо, и теми, кому — либо никак, либо хорошо! И в чём же оно? Самое главное: **как именно действовала радиация? Изолированно, в гордом одиночестве? Или сочеталась с чем-то ещё?**

Возьмём радоновые волны. На человека действует **только** радиация. Плюс вера в пользу радона. Догадались, что мы получим? Да, гормезис. Та же картина с профессионалами-атомщиками и особенно — учёными. Из вредностей только радиация. И часто — выраженная психическая компонента. Только не стрессовая, со знаком «минус», как у ликвидаторов, а со знаком «плюс»: увлечённость, вера в важность своей работы для страны, — вот откуда атомщики-долгожители.

Противоположный пример — ликвидаторы. Радиация плюс химическое загрязнение (особенно свинцовое), плюс нагнетание ужасов. Что имеем? Вариант синергизма. И дети Чернобыля — тоже синергизм, но немного другой. У них — более высокие дозы облучения (мизерная масса облучаемой радиоактивным йодом щитовидки) в сочетании с повышенной чувствительностью к радиации. Вот почему частота опухолей щитовидной железы у детей превышает ожидаемый для полученных доз уровень [11, 16].

Опыты на мышах? Радиация в чистейшем виде. Только радиация — и ничего кроме радиации! Мышки правильно питались, не пили и не курили, им не задерживали зарплату. А главное, они газет не читали, телевизор не смотрели, в Интернете не «шарили».

Итак, что же у нас получается? Если малые дозы действуют без вредного аккомпанемента, — они безвредны либо полезны. А вот в сочетании с другими повреждающими агентами — могут стать опасными. Но где вы встречали радиацию в изолированном виде? Разве что в опытах на мышах (к радоновым ваннам ещё вернемся).

Куда чаще мы имеем букетотягчающих обстоятельств. Это и химическое загрязнение биосферы (особенно в крупных и промышленных городах), и стрессы, и неполноценное питание. Эти вещи вредны и сами по себе, а вкупе с радиацией способны дать угрожающие сочетания. Синергия — вот ключ к пониманию канцерогенной опасности радиации.

Да, мы так привыкли: искать во всех бедах конкретного виновника, одного-единственного. Если инфекционная болезнь — виноват микроб, если рак, — ясное дело, — радиация.

На самом деле, когда речь идёт об онкологических заболеваниях, всё не так просто. От малых доз радиации рак не возникает. Да и большие дозы не обязательно приводят к раку. Они лишь увеличивают риск его появления. В случае же малых доз радиация редко играет главную роль. Куда опаснее химические загрязнители, курение, плохое питание и стрессы. А радиация, по одному школьному сочинению, — «последняя капля воды, которая переполнила бочку пороха».

Звонок в «Скорую помощь»:

— Помогите, наш ребёнок наелся песка! Напили водой, что ещё можно сделать?

— Не подпускайте его к цементу.

Литература

1. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. — М.: Информ-Атом, 2003. — 165 с.
2. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. — М.: Медицина, 1999. — 384 с.

3. Публикация 103 МКРЗ: Рекомендации МКРЗ от 2007г. «Обеспечение радиационной защиты профессионалов и населения от воздействия источников ионизирующего излучения». — Пер. с англ. — Изд. ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. — М.: Изд-во ООО ПКФ «Алана», 2009. — 344с.
4. Комментарий к Нормам радиационной безопасности НРБ-99 и Основным санитарным правилам обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99 / Под ред. Академика Г.Г. Онищенко. — М.: Минздрав России, 2005. — 126 с.
5. З. Яворовски. Жертвы Чернобыля: реалистичная оценка медицинских последствий чернобыльской аварии. — Медицинская радиология и радиационная безопасность, 1991, №1. — С. 19-30.
6. Крещенко Е. Радиационное закаливание. — Химия и жизнь, 1997, №7. — С. 12-16.
7. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиационное воздействие на организм — положительные эффекты. — М.: Информ-Атом, 2005.— 246 с.
8. Глазко В.И., Глазко Т.Т. Отбор на дурака. — Химия и жизнь, 2010, №5. — С. 37-39.
9. Рекомендации-2003 Европейского Комитета по радиационному риску (ЕКРР-2003). Выявление последствий для здоровья облучения ионизирующей радиацией в малых дозах для целей радиационной защиты.— Брюссель, 2003; Москва, 2004. — 220 с.
10. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: атомная мифология. — М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. — 145 с.
11. Гуськова А.К. Чернобыль и здоровье. Конец первого десятилетия. — Энергия, 1996, №5. — С. 16-19.
12. Лебедев О. Облученный! Камо грядеши? — Изобретатель — рационализатор, 1993, №10. — С. 16-17.
13. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Перевод с английского. — М.: Мир, 1988. — 79 с.
14. Бурлакова Е.Б. и др. Действие малой дозы ионизирующего излучения и химических загрязнений на биоту. Программа «Оценка сочетанного действия радионуклидных и химических загрязнений». — Атомная энергия, 1998, том 85, №6. — С. 457-462.

15. Василенко И.Я., Василенко О.И. Человек и малые дозы радиации. — Энергия, 2000, №9. – С. 44-51.

16. Линдер Л. Чернобыль сегодня в сравнении с другими катастрофами. — Атомная техника за рубежом, 2000, №11. – С. 27-30.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вас можно поздравить: теперь вы знаете о радиации больше, чем 99% населения России. И дело даже не в количестве новых сведений. Главное, вы научились оценивать радиационную опасность объективно. А это совсем непросто. Большинство людей смотрит на радиацию через чёрные или, наоборот, розовые очки. Вы же способны видеть полноцветную картину и сумеете отличить: правду вам говорят – или как всегда. Согласитесь, это огромная разница: верить на слово и знать наверняка.

Будем надеяться, что 23 главы — 23 ступеньки — помогли вам перейти от веры — неважно во что, в опасность или безопасность радиации, — к твёрдому знанию.

Не грех повторить главную идею: перестаньте тревожиться понапрасну, выбросьте из головы атомные станции! Если и существует **возможная** опасность радиации, то это радон, да и то — не везде и не для всех.

И для защиты от вездесущего газа нужны совсем другие меры, чем от последствий радиационной аварии. Не нужно уезжать в другой регион, не стоит принимать биодобавки «от радиации». А всего лишь, да и то не всем, почаще проветривать квартиру, настелить линолеум да пройти герметиком по щелям в полу; а если ваш старый дом построен из блоков — наклеить обои. Вот и вся защита от радиации.

Но всегда нужно помнить: в отношении радиации (радон!) главная группа риска вовсе не атомщики и даже не чернобыльцы, а дети.

И последнее. На случай, если вас спросят: опасна радиация или нет? Не нужно много слов. Можно ответить коротким анекдотом из серии «Армянское радио». Когда-то этому уважаемому средству массовой информации задали похожий вопрос: «Может ли человека убить двенадцативольтовый аккумулятор?».

— Может. Если он упадет со шкафа.

Знающий не сомневается.

Конфуций

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Условные обозначения.....	4
Миф первый: радиацию изобрели атомщики, а её первые жертвы — жители Хиросимы и Нагасаки.....	6
Миф второй: самый опасный радионуклид — стронций.....	9
Миф третий: самый опасный вид радиации — гамма-излучение	18
Миф четвертый: большинство наших болезней — от радиации..	26
Миф пятый: лучевая болезнь угрожает всем	35
Миф шестой: если облучённый не погиб от лучевой болезни, то обязательно умрёт от рака.....	44
Миф седьмой: всем облучённым грозит бесплодие, а мужчинам — к тому же импотенция	56
Миф восьмой: у облучённых родителей рождаются дети-мутанты.....	58
Миф девятый: все ликвидаторы обречены на болезни и преждевременную смерть	63
Миф десятый: опасны даже мизерные дозы радиации. Нет, малые дозы абсолютно безвредны	77
Миф одиннадцатый: российские нормы радиационной безопасности — самые мягкие в мире	95
Миф двенадцатый: природная радиация безопасна: к ней мы уже привыкли	105
Миф тринадцатый: радиоактивный радон опасен. Но радоновые ванны полезны: там другой, хороший радон.....	114

Миф четырнадцатый: жители деревянных домов облучаются меньше	131
Миф пятнадцатый: в России старое рентгеновское оборудование, и потому медицинское облучение больше, чем на Западе	139
Миф шестнадцатый: о техногенном облучении — великом и ужасном	145
Миф семнадцатый: атомные электростанции — абсолютно безопасные и экологически чистые. Новый Чернобыль невозможен	162
Миф восемнадцатый: самые опасные атомные заводы — в «закрытых» городах. Жители там поголовно умирают от рака, а работники не доживают до пенсии. Хуже лишь на урановых рудниках, где вкалывают заключенные-смертники.....	172
Миф девятнадцатый: о загрязнённых территориях: где мы облучаемся сильнее всего?	184
Миф двадцатый: Россия — всемирная свалка радиоактивных отходов.....	194
Миф двадцать первый: радионуклиды выводятся спиртом	201
Миф двадцать второй: про радиацию нам врут, а правду скрывают	207
Миф двадцать третий: о радиации лучше помалкивать — тогда и радиофобии не будет	212
Заключение	219

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Научно-популярное издание
Александр Константинов

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ РАДИАЦИЯ

Научно-технический редактор: В.В. Александров
Руководитель проекта: И.А.Константинов
Дизайнер-верстальщик: Т.М. Руднева
Художник-оформитель: И.Б. Старцева
Графический дизайн: И.А. Константинов
Корректор: Е.В. Назарова

Отпечатано в ОАО «ИПП «Уральский рабочий»,
620990, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 13
Сайт: www.uralprint.ru
E-mail: sales@uralprint.ru

Отрывок для ознакомления
<https://eco-marshal.ru>