

Радиация: всё, о чём вы хотели спросить

А.П. КОНСТАНТИНОВ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ
ЭКОЛОГИЯ
БЕЗ
ЗАВИРАТЕЛЬНОЙ
МИФОЛОГИИ



РАДИАЦИЯ
КНИГА 2

**ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ
БЕЗ ЗАВИРАТЕЛЬНОЙ МИФОЛОГИИ**

А.П.КОНСТАНТИНОВ

РАДИАЦИЯ

КНИГА 2

РАДИАЦИЯ: ВСЕ, О ЧЕМ ВЫ ХОТЕЛИ СПРОСИТЬ

**Чем нас пугают? Чего мы боимся?
Чего следует опасаться на самом деле?
Что делать, чтобы уменьшить опасность?**

г.Новоуральск

2005 г.

УДК

К 65

А.П. КОНСТАНТИНОВ

К 65 Радиация. Книга 2 (Серия «Занимательная экология без завирательной мифологии»), г. Новоуральск, издательство Новоуральского государственного технологического института, 2005. – стр.

Редактор

Дизайн

Корректор

Книга в популярной и увлекательной форме рассказывает читателю, что такое радиация, как она влияет на здоровье, чего следует опасаться, а чего опасаться не надо. Автор убедительно показывает, что большая часть знаний российского населения о радиации – это мифы. Настоящая опасность радиации – это не атомные станции, не Чернобыль, не стронций-90, не лучевая болезнь и не дети-мутанты. Настоящая опасность радиации – это радиоактивный радон, причем только в сочетаниях с другими отягчающими обстоятельствами. Многолетний практический опыт автора в области радиационной безопасности позволяет ему давать легко выполнимые практические рекомендации. В книге даются ответы именно на те вопросы, которые интересуют большинство людей: как оценить угрозу радиации именно для себя, как защититься от радиоактивного радона, стоит ли выводить радионуклиды спиртом и уезжать в другой регион, где нет атомных станций?

Самое ценное в книге то , что читатель сможет без напряжения освоиться в новой области знаний. И после этого ему будет очень просто отличить правду от вымысла, легко одолеть новую статью и книгу по радиационной гигиене.

Книга предназначена для широкого круга читателей: школьников старших классов и студентов вузов, учителей и врачей, инженеров и рабочих, бизнесменов и домохозяек.

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

ISBN 5 – 332 – 00019 - 7

ОБ АВТОРЕ

КОНСТАНТИНОВ Александр Павлович – профессор Российской Академии Естествознания, кандидат технических наук, доцент, участник международных семинаров по радиационной и экологической безопасности в США, Великобритании, Германии, Люксембурге.

Окончил Уральский политехнический институт. Работал в цветной и черной металлургии, в атомной промышленности.

В настоящее время – начальник Новоуральской инспекции Федеральной службы по экологическому и атомному надзору; научный руководитель Уральского регионального центра радиационной и экологической безопасности (г. Новоуральск).

Автор более 50 научных трудов, в том числе 3-х учебных пособий и 10-ти изобретений в области промышленной экологии и экозащитного питания.

Почти тридцатилетний опыт работы в области экологической и радиационной безопасности, а также двадцатилетний опыт преподавательской работы позволили ему собрать, систематизировать, обобщить и изложить в популярной форме важнейшую часть радиационной и экологической гигиены. Ту практическую часть, которая нужна каждому человеку для защиты своего здоровья от радиационной и экологической опасности.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сегодня о радиации не говорит и не пишет только ленивый. Сотни книг, тысячи статей, радио- и телепередач посвящены этой теме. Зачем понадобилась еще одна книга? С чего автор решил, что она будет иметь спрос?

Дело в том, что большая часть книг и статей о радиации написана либо профессионалами для профессионалов, либо журналистами для населения. Первые книги – научные, они недоступны для понимания обычного человека. Журналистские же статьи часто грешат предвзятостью, заданностью. Это либо ужастики, либо скрытая реклама каких-то средств для "выведения радионуклидов", либо, наоборот, убаюкивающе – благостные материалы.

Да, еще есть учебники. Их взрослый человек читать не будет. Скучно. И есть практические брошюры, предназначенные для пострадавших от радиационных аварий. К большинству из нас это не имеет отношения.

Целью автора было создание "читабельной" книги, легкой для понимания любого человека. При этом решаются две задачи. Первая: помочь читателю легко, играючи освоить азы знаний о радиации; вторая: дать практические советы – как надо жить в современном, а значит, слегка радиоактивном мире. Чего нужно опасаться, а чего не стоит; чему верить, а чему нет. Чтобы уйти от занудства учебного изложения, автор выбрал форму книги в виде разоблачения мифов. Правда, иногда по поводу одного и того же явления складываются два противоположных мифа (например, есть миф об абсолютной опасности и миф об абсолютной безопасности малых доз радиации). В этом случае получается такая сдвоенная глава, по принципу "два в одном".

Книгу можно читать по-разному. Возможно, кого-то интересуют только отдельные вопросы. Например, выводит ли спирт радионуклиды и, если да, то чем закусывать? В этом случае можно читать выборочно, ограничиться отдельными главами.

Но если вы прочитаете всю книгу полностью, то научитесь видеть опасность радиации такой, какая она есть на самом деле. А ведь в нашей стране мало кто на это способен: большинство людей смотрит на радиацию или через черные, или через розовые очки.

Наиболее подробно в книге освещены два типа вопросов. **Во-первых**, это вопросы, связанные с влиянием радиации на наше здоровье. Именно в этой области сложилось очень много мифов. **Во-вторых**, это то, что представляет реальную, а не надуманную опасность: радиоактивный радон. В книге нет сложных формул, минимум научных терминов и таблиц, но зато максимум наглядных примеров.

Автор старался написать книгу на простом языке и без предубеждения. Для этого понадобилось непредвзято изучить много самых разных источников информации – как научных, так и популярных, написанных учеными, профессионалами–атомщиками, врачами, журналистами. Нелишним оказался и многолетний личный опыт работы автора в атомной промышленности и в Федеральной службе по экологическому и атомному надзору.

Читатели вовсе не обязаны верить автору на слово. Если у кого-то появится желание проверить приведенные сведения, это можно сделать по использованным автором литературным источникам. Ссылки на них вы встретите в тексте книги в виде цифр в квадратных скобках, а перечень этих литературных источников приводится в конце книги. Этот перечень включает как научные, так и популярные книги и статьи, рассчитанные на читателей с разным уровнем подготовки.

И все-таки: почему автор решил, что книга будет иметь спрос, какое главное ее отличие от других книг на эту же тему? А какое блюдо мы предпочитаем, когда у нас есть выбор? Вкусное. Для книги это значит, что она должна быть интересной. Такой она была задумана. А получилась ли – судить читателю.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | |
|-------------------|---|
| АЭС | – атомная электростанция |
| Бк | – беккерель |
| Бэр | – биологический эквивалент рада |
| ВВЭР | – водо-водяной энергетический реактор |
| ВУРС | – Восточно-Уральский радиационный след |
| Гр | – грей |
| ДПР | – дочерние продукты радона |
| ЕРФ | – естественный радиоактивный фон |
| Зв | – зиверт |
| Ки | – кюри |
| ЛД | – летальная доза |
| Минатом | – Министерство атомной энергетики |
| МКРЗ | – Международная комиссия по радиационной защите |
| ОВУА | – отходы высокой удельной активности |
| 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 |
| $T_{\frac{1}{2}}$ | – период полураспада |
| твэл | – тепловыделяющий элемент |
| ТЭС | – теплоэлектростанция |
| УрО РАН | – Уральское отделение Российской Академии наук |
| ФГУП | – Федеральное государственное унитарное предприятие |
| ХЛБ | – хроническая лучевая болезнь |
| чел х Зв | – человеко-зиверт |
| ЯТЦ | – ядерный топливный цикл |

ВВЕДЕНИЕ

Если мы попытаемся выяснить, как наше население относится к радиации, то увидим очень странную картину. Здесь наш народ разделился на две неравные части. Одна часть живет в опасном мире, вторая – в безопасном. Большая часть населения считает, что проживание на территории, загрязненной радионуклидами, – это самое опасное для нашего здоровья.

Другая, меньшая часть, – это эксперты (ученые) и атомщики-профессионалы. Эксперты считают, что гораздо опаснее самой радиации страх перед ней. Та самая радиофобия. Завышенные ожидания вреда здоровью увеличивают этот самый вред на 30-80%! [1]. Атомщики-профессионалы (это работники атомных станций и других предприятий) спокойно ездят на работу и никакой радиофобии не испытывают. Причем на эту самую работу еще не так-то просто устроиться. Туда, где работают с радиоактивными материалами, не берут людей "с улицы".

Так кто же прав? Если эксперты, то надо сказать народу: "Народ, ты не прав!". И народ проникнется, поверит и перестанет бояться. Ща з!

Наше население не верит официальной информации. Тем более, что утверждения о безопасности радиации – это миф. Радиация опасна, только мы боимся **не той радиации, которой следует опасаться**.

В свое время автор сам был весьма удивлен, узнав, что самая опасная радиация – это не атомные станции, не последствия чернобыльской аварии или испытаний ядерного оружия. Оказалось, что для большинства населения главную опасность **может представлять** радиоактивный радон. Но ведь это же меняет все дело! Зачем нам тогда нужны препараты, выводящие стронций и цезий? Здесь требуется совершенно иной подход, совсем другие рекомендации и методы защиты.

И почему мы так мало знаем об этой настоящей опасности? Дело не в том, что от нас что-то скрывают или нас обманывают. В свое время академик РАМН Л.А.Булдаков заметил, что информацию о радиации трудно не столько разыскать, сколько в ней разобраться. Для того, чтобы обычный человек (не специалист) что-то смог понять, научная информация не подходит. Требуется более высокая степень обобщения – научно-популярная. Только освоив этот уровень знаний, человек сможет **сам дойти до истины**, а не просто принять ту или иную сторону (или занять удобную середину).

Если по прочтении книги читатель просто научится в отношении радиации отличать опасное от неопасного, тогда автор сможет считать, что книга написана не зря. И если читатель будет использовать хотя бы три-четыре из приведенных рекомендаций, то автор сможет считать свою задачу выполненной.

МИФ ПЕРВЫЙ РАДИАЦИЮ ИЗОБРЕЛИ АТОМЩИКИ, А ЕЕ ПЕРВЫЕ ЖЕРТВЫ – ЭТО ЖИТЕЛИ ХИРОСИМЫ И НАГАСАКИ

Это не так. Радиация была всегда. Мы жили и живем в радиоактивном мире. Другой вопрос: сегодня этот мир для человека стал в три-четыре раза более радиоактивным, чем был раньше. Но люди всегда жили в условиях так называемого естественного радиоактивного фона. И мы всегда немного облучались – сверху, снизу и изнутри. Ведь до нас доходит часть космического излучения: атмосфера защищает нас от этой радиации не полностью. Мы облучаемся от тех радионуклидов, которые всегда есть в составе матушки - земли (горные породы содержат уран и торий). И даже в составе нашего тела есть радионуклиды природного происхождения. Другое дело, что до конца 19-го века люди не подозревали о существовании радиации. Но последствия сильного, избыточного радиоактивного облучения проявлялись гораздо раньше.

Первая массовая гибель людей от радиации происходила еще в 16-м веке! Тогда было замечено, что австрийские горняки, работавшие на свинцовых коях близ города Иоахимсталль (ныне г. Яхимов в Чехии) часто умирали в возрасте 30-40 лет от таинственной "горной болезни". Смертность шахтеров в 50 раз превышала смертность остального населения. В то время еще не знали, что в этих свинцовых рудах содержатся большие концентрации урана. И поэтому они выделяют много радиоактивного радона. И только в 1879 году было выяснено, что "горная болезнь" – это рак легких. А его причину сумели выяснить гораздо позже. Кстати, город Иоахимсталль знаменит не только этим фактом. Именно в этом городе чеканилась монета, которую называли иоахимсталер, сокращенно – талер. Позднее «талер» стали произносить как «д о л л а р».

А в конце 19-го века радиоактивность была открыта как явление. И люди очень быстро узнали о ее опасности для жизни и здоровья. Поэтому уже в **1928** году была создана Международная комиссия по радиационной защите – МКРЗ (а вы говорите: Хиросима!). В начале 20-го века многие медики работали с рентгеновскими лучами. И весь первый отряд этих медиков погиб от онкологических заболеваний. В **1936** году в г. Гамбурге (Германия) им был открыт памятник. На нем были высечены 186 имен рентгенологов и радиологов всех наций – жертв переоблучения (а вы говорите: Нагасаки!) [2].

Ах, да. Вас, наверное, интересует, почему мы сегодня получаем дозу в три-четыре раза больше, чем раньше? Позднее вы узнаете, что такое доза и насколько опасно такое ее увеличение. Пока же только перечислим пути дополнительного облучения современного человека. И не все, а только самые главные.

Во-первых, мы все проходим рентгеновское обследование. В результате плюсуется еще такая же доза, как от естественного фона.

Во-вторых, сегодня мы живем не на открытом воздухе, а в помещениях. И здесь мы имеем как минимум два дополнительных источника облучения. Первый – снаружи. Его называют внешним облучением от строительных материалов. Ведь бетон и кирпич – это те же

горные породы, только переработанные. Значит, они тоже содержат немного урана и тория, а также радиоактивные продукты их распада. Поэтому в каждом килограмме бетона каждую секунду происходит 30-50 радиоактивных распадов, а в килограмме кирпича – 100-150 распадов (по научному это называется так: средняя удельная активность бетона составляет 30-50, кирпича – 100-150 беккерелей на килограмм (Бк/кг)).

А второй источник облучения – внутренний, за счет вдыхаемого радиоактивного радона. Откуда он берется? Его изотопы – тоже продукты распада урана и тория. Поэтому радон поступает как из-под земли, так и из строительных материалов. Таким образом, за счет проживания в помещениях мы стали получать еще большую добавку к природному фону.

Итак, мы жили, живем и будем жить в радиоактивном мире. Не будем пока говорить о том, хорошо это или плохо. Будем воспринимать это как данность.

МИФ ВТОРОЙ САМЫЙ ОПАСНЫЙ РАДИОНУКЛИД – ЭТО СТРОНЦИЙ

Вы в самом деле так думаете? И напрасно! Но откуда же тогда эта своеобразная популярность именно радиоактивного стронция? Ведь в работающем ядерном реакторе образуется 374 искусственных радионуклида, из них одного только стронция – 10 разных изотопов. Нет, подавай нам стронций, причем не абы какой, а именно-таки стронций - 90.

Наверное, у многих читателей мелькает смутная мысль о таинственном периоде полураспада, о долгоживущих и короткоживущих радионуклидах? Ну что ж, давайте разбираться. Кстати, не пугайтесь слова **радионуклид**. Сегодня этим термином принято называть радиоактивные изотопы. Именно так – **р а д и о н у к л и д**, а не исковерканными словами "радионуклеид" или даже "радионуклеотид". Со времени взрыва первой атомной бомбы прошло 60 лет, и многие термины обновились. Сегодня вместо "атомный котел" мы говорим "ядерный реактор", вместо "радиоактивных лучей" используем выражение "ионизирующие излучения"; ну а вместо "радиоактивный изотоп" – радионуклид.

Но вернемся к радиоактивному стронцию. Действительно своеобразная популярность стронция-90 связана с его периодом полураспада.

А кстати, что это такое – период полураспада? Дело в том, что все радионуклиды тем и отличаются от стабильных изотопов, что их ядра неустойчивы, нестабильны. Они рано или поздно распадаются – это и называется радиоактивным распадом. При таком распаде радионуклиды превращаются в другие изотопы и, самое главное, при этом испускают эти самые ионизирующие излучения. Так вот, разные радионуклиды неустойчивы, нестабильны в разной степени. Есть радионуклиды, которые распадаются очень медленно, в течение десятков, сотен, тысяч, миллионов и даже миллиардов лет. Их называют **долгоживущими** радионуклидами. Например, все природные изотопы урана – долгоживущие. А есть короткоживущие радионуклиды, которые распадаются быстро: в течение секунд, часов, суток, месяцев. Их называют короткоживущими. Но в любом случае, всегда радиоактивный распад происходит по одному и тому же интересному закону (см. рис. 1).

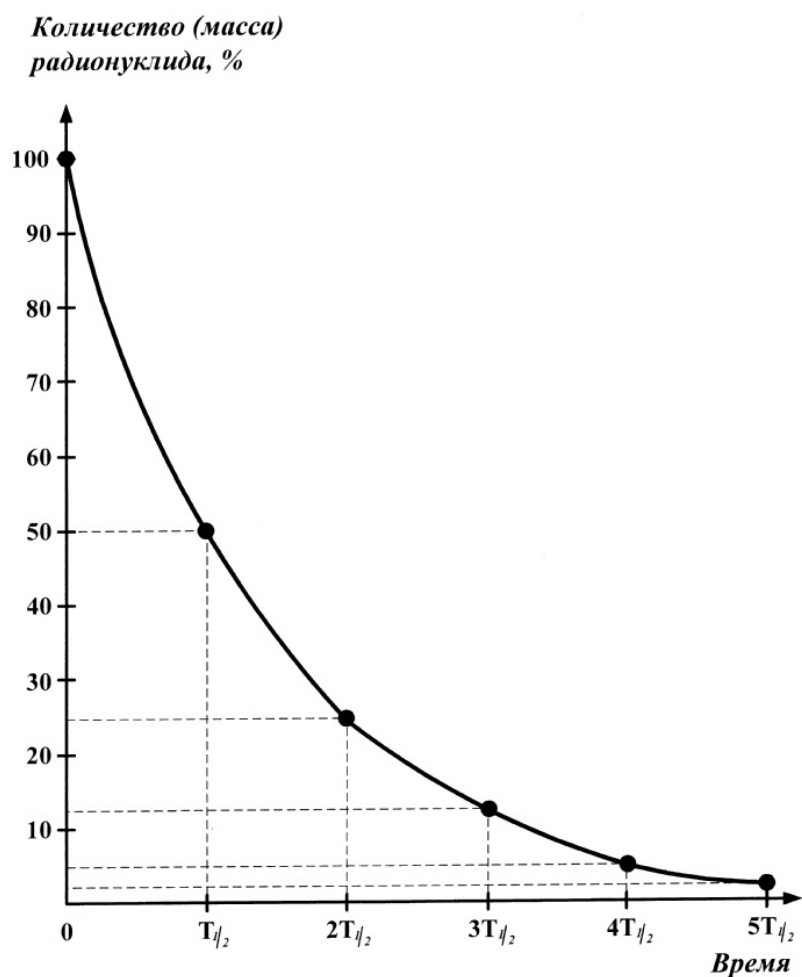


Рис. 1. Закон радиоактивного распада

Какое бы количество любого радионуклида мы ни взяли (тонну урана или миллиграмм стронция) половина этого количества распадается всегда за одинаковый (для данного радионуклида) промежуток времени. Вот его-то и называют периодом полураспада. Обозначают его так: $T_{1/2}$.

И этот временной период уникален и неизменен для каждого радионуклида. Можно делать что угодно с тем же стронцием-90: нагревать, охлаждать, сжимать под давлением, облучать лазером – все равно половина любой порции стронция распадется за 29,1 лет; половина оставшегося количества – еще в течение 29,1 лет и т.д. Считается, что через 20 периодов полураспада радионуклид распадается практически полностью.

Понятно, что чем быстрее распадается радионуклид, тем он более радиоактивен. Ведь каждый распад сопровождается выбросом одной частицы, одной порции ионизирующего излучения: альфа- или бета-частицы, иногда бета-частица испускается "в сопровождении" гамма-излучения (об этом чуть позже).

Вот только как нам оценить эту радиоактивность? Что такое "большая радиоактивность" и "маленькая радиоактивность"? В этом случае используют термин **активность** радионуклида. Это уже количественная оценка; это не что иное, как интенсивность радиоактивного распада. Если в секунду происходит один распад, то говорят: активность радионуклида

равна один **беккерель** (1Бк). А раньше использовали более крупную единицу – **кюри**: 1Ки = 37 миллиардов Бк.

Конечно, чтобы сравнивать разные радионуклиды, нужно брать одинаковые их количества, 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 1

Радиационные характеристики некоторых радионуклидов

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

Так почему же все-таки стронций-90? Вроде бы он ничем особенным не выделяется. Так, серединка на половинку. Так в этом-то все и дело!

Давайте попробуем ответить на один (сразу предупреждаю) провокационный вопрос. Какие радионуклиды опаснее: короткоживущие или долгоживущие? Так, слышу ваши ответы и вижу, что мнения разделились.

С одной стороны, короткоживущие изотопы вроде бы опасней: ведь они более активны. Возле миллиграммовой пылинки того же стронция стоять не рекомендуется: пять миллиардов распадов в секунду – это вам не шутка! С другой стороны, чем короче период полураспада тем, естественно, быстрее радионуклид распадется. И проблема радиации исчезнет.

Помните, как много говорили о радиоактивном йоде-131 после чернобыльской аварии? Именно этот изотоп отвечает за большую часть сегодняшних радиационных последствий этой катастрофы. Но зато сейчас с ним нет проблем. Через несколько месяцев весь выброшенный из реактора йод-131 распался, даже следа не осталось.

Теперь о долгоживущих изотопах. Если период полураспада радионуклида составляет миллионы и тем более миллиарды лет, то такие нуклиды малоактивны. Поэтому в Чернобыле не было, нет и не будет проблем с радиоактивным загрязнением территорий ураном. Хотя по массе выброшенных из реактора радионуклидов лидировал с большим отрывом

именно уран. Но кто же измеряет радиацию в тоннах? По активности, по беккерелям уран не представляет серьезной опасности. Он слишком долгоживущий.

И вот теперь мы подошли к ответу на вопрос о мрачной популярности стронция-90. У этого изотопа самый "противный" период полураспада – 29 лет. Этот срок соизмерим с продолжительностью жизни человека. Стронций-90 достаточно долгоживущий, чтобы загрязнить территорию на многие десятки и сотни лет. И в то же время он не достаточно долгоживущий, чтобы иметь низкую удельную активность. Очень близок к нему по величине периода полураспада изотоп цезий-137 (30 лет). Именно эта "сладкая парочка" создает большую часть "долгоиграющих" проблем в случаях радиационных аварий. Кстати, в негативных последствиях чернобыльской аварии цезий-137 виновен намного сильнее, чем стронций-90 [2].

Но пройдет 600 лет – и зона чернобыльской аварии станет чистой по стронцию и цезию. И тогда на первое место выйдет...вы уже догадались, что именно? Совершенно верно. Плутоний.

Но мы находимся еще очень далеко от понимания главной проблемы: опасности разных радионуклидов для здоровья. Дело в том, что вообще-то ни период полураспада, ни удельная активность напрямую не связаны с опасностью радионуклидов для здоровья. Это характеристика только самого радионуклида. Возьмем, к примеру, одинаковые количества урана-238 и стронция-90. Одинаковые по их активности, естественно. А конкретно – по одному миллиарду беккерелей. Для урана-238 это соответствует примерно 80 кг, а для стронция-90 – 0,2 мг. Будет ли отличаться опасность для здоровья урана и стронция в этом случае? Как небо от Земли!

Рядом со слитком урана массой 80 кг можно спокойно стоять, можно даже сесть на него. Ведь почти все альфа-частицы, образующиеся в процессе распада урана, останутся внутри этого слитка.

А вот такое же по активности и при этом ничтожно малое по массе количество стронция-90 смертельно опасно. Если человек стоит с ним рядом без средств защиты, он за короткое время может получить целую кучу проблем: радиационные ожоги глаз, кожи и даже лучевую болезнь.

Знаете, на что похожа удельная активность, какая напрашивается аналогия? Она похожа на такую характеристику, как **скорострельность** оружия. Помните, я предупреждал, что вопрос об опасности долго- и короткоживущих радионуклидов – провокационный? Так оно и есть. Это все равно, что спросить: какое оружие опасней для человека – то, которое делает сто выстрелов в минуту, или то, которое делает один выстрел в час? Здесь важны и другие моменты: а какой калибр этого оружия, чем именно оно стреляет? И, самое главное: долетит ли пуля до цели, попадет ли она в человека и какие при этом будут повреждения в организме?

Начнем с самого простого – с "калибра". Наверняка вы слышали об альфа-, бета- и гамма-излучениях. Именно эти виды излучений образуются при радиоактивных распадах (см. табл. 1). У них есть общие свойства и есть различия.

Общие свойства: все эти излучения – **ионизирующие**. Это означает, что их энергия настолько высока, что они, попадая в атом, превращают его

в ион. Именно этим такие излучения отличаются от всех других (например, от ультрафиолетового).

А различия этих трех видов излучений определяются их природой. Ведь когда в конце 19-го века была открыта радиация, никто еще не знал, что же это за зверь такой – ионизирующие излучения. Тогда этим излучениям или, как их тогда называли, радиоактивным лучам, просто присваивали по ходу их открытия «имена» – первые буквы греческого алфавита.

Первыми были открыты альфа-излучения. Альфа-частицы излучаются при распаде тяжелых радионуклидов. Таких как уран, радий, торий, радон. А природу альфа-частиц выяснили уже после их открытия. Оказалось, что это летящие с огромной скоростью ядра атомов гелия. Т.е. тяжелые 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; они полностью задерживаются листом бумаги или, скажем, внешним омертвевшим слоем кожи (эпидермисом).

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. Поэтому эти "мелкокалиберные" частицы могут проникать в вещество глубже. В воздухе бета-излучения распространяются на несколько метров; они задерживаются тонким листом металла, оконным стеклом и обычной одеждой. При внешнем облучении человека бета-излучения обычно проникают лишь в верхние слои кожи (их действие похоже на действие жесткого ультрафиолета).

И, наконец, гамма-излучение. Оказалось, что оно имеет ту же природу, что и видимый свет, ультрафиолетовые, инфракрасные лучи или радиоволны. Гамма-излучение – это электромагнитное (фотонное) излучение с очень высокой энергией фотонов. Или, если хотите, с очень короткой длиной волны (рис. 2).

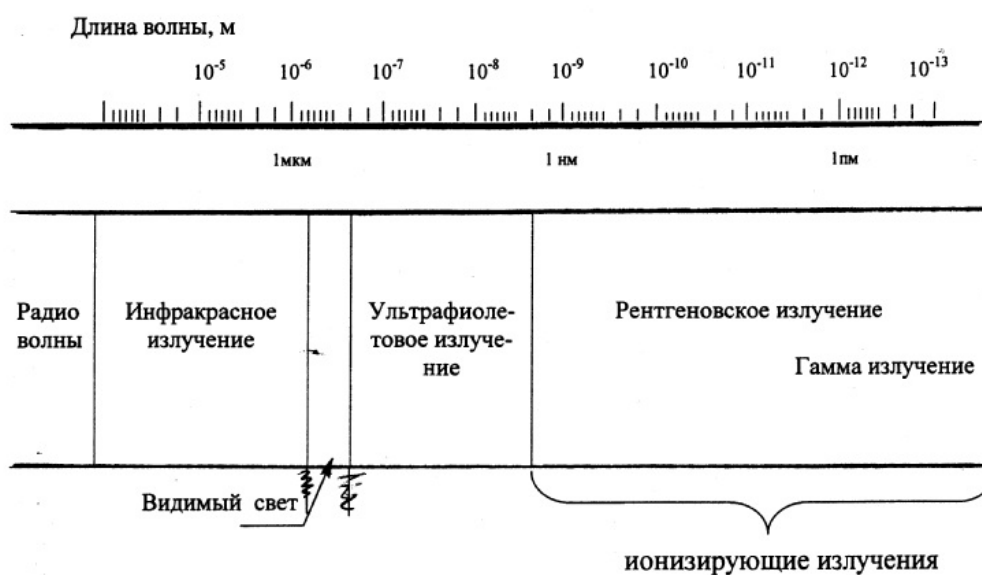


Рис. 2. Шкала электромагнитных излучений

Гамма-излучение имеет чрезвычайно высокую проникающую способность. В воздухе оно может проходить десятки, сотни и даже тысячи метров. Для защиты от него требуется толстый слой бетона или тяжелого металла (свинца). При воздействии гамма-излучения на человека могут быть повреждены как кожа, так и внутренние органы и ткани. Если бета-излучение мы сравнили со стрельбой мелкокалиберными пулями, то гамма-излучение – это стрельба тонкими иголками.

По своей природе и свойствам гамма-излучение очень похоже рентгеновское излучение. Но оно испускается не при радиоактивном распаде ядер, а получается искусственно в рентгеновской трубке, которая сама по себе не радиоактивна.

Это мы ответили на вопрос о "калибре" ионизирующих излучений. Но главный для нас вопрос даже не этот. В первую очередь нужно обращать внимание на последствия облучения человека. А вот на этот вопрос мы не сможем получить ответ, зная только удельную активность и тип излучения. Нам нужно знать не только характеристику самого радионуклида. Нам нужно знать, как ионизирующие излучения действуют на человека.

Об этом – в следующей главе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савкин М.Н., Шандала Н.К. Субъективная оценка населением радиационного риска. – «Гигиена и санитария», 1999. – № 1 – С. 77 – 90.
2. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков Ю.П. Радиационная гигиена: Учебник. – М.: Медицина, 1999. – 384 с.
3. Сивинцев Ю.В. Радиация и человек. (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Физика", № 7). – М.: Знание, 1987. – 64с.
4. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: атомная мифология. – М.: Центр экологической политики России, ООО "Проект-Ф", 2002. – 145 с.
5. Радиация: Дозы, эффекты, риск / Перевод с английского. – М.: Мир, 1988. – 79 с.
6. Ларин И. Невесильная радиация. – «Энергия», 1994, № 12. – С. 5 – 8.
7. Ларин В. Сороковка, плутоний и здоровье людей. – «Энергия», 1996, № 6. – С. 19 – 29.
8. Безопасная опасность /Велихов Е.П., Глазовский Н.Ф., Клюев 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. Маргулис У.Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат., 1988. – 224 с.
11. Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков / Под редакцией А.А.Баранова, А.А.Щеплягиной. – М.: Изд-во "Информатик", 1998. – 333 с.
12. Радиация, молекулы и клетки / Журбин Е.Я. и др. – М.: Знание, 1984. – 160 с.
13. Демин В.Ф. Линейная зависимость доза – эффект для радиационного и химического канцерогенного риска. – «Атомная энергия», 2002. – т. 93. – Вып. 4. – С. 309 – 315.
14. Гуськова А.К. Чернобыль и здоровье. Конец первого десятилетия. – «Энергия», 1996, № 5. – С. 16 – 19.
15. Сидоренко В.А. Замечания к причинам и следствиям чернобыльской аварии. – «Энергия», 2003, № 4. – С. 2 – 8.

16. Гуськова А.К. Авария на ЧАЭС и ее медицинские последствия. – «Энергия», 2000, № 4. – С. 18 – 21.
17. Василенко И.Я., Василенко О.И. Радиоактивный йод. – «Энергия», 2003, № 5. – С. 57 – 62.
18. Человек-вездеход (интервью с А.Ильичевым). – «Коммерсантъ – Деньги», 2003, № 48. – С. 130 – 134.
19. Лебедев В.И. Обреченные на смерть заклинанием. – «Энергия», 1990, № 10. – С. 55 – 59.
20. Огородников Б.И. Ловушка для радиоактивных аэрозолей ("Фильтры Петрянова"). – «Энергия», 1998, № 8. – С. 34 – 39.
21. Дощенко В.Н. До Чернобыля был Челябинск. – «Энергия», 1994, № 6. – С. 40 – 41.
22. 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.
23. Э. Дж. Холл. Радиация и жизнь. – Информационный бюллетень Центрального отраслевого института по атомной энергии, 1992. – № 3.
24. Огородников Б.И. Икар, сохранивший крылья. – «Энергия», 1997, № 37. – С. 41 – 50.
25. Дощенко В.Н., Булдаков Л.А. Медицинские последствия техногенного радиационного воздействия. – «Медицинская радиология и радиационная безопасность», 2003, № 4, т.48. – С. 38 – 44.
26. Двойная вина. – «Медицинская газета», 18 апреля 1990 г.
27. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. Ликвидаторы чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. – М.: Издательско-полиграфическое предприятие "Галанис", 1999. – 312 с.
28. Лушников В.С., Ланцов С.И. Смертность ликвидаторов в Калужской области за 10 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. – «Медицинская радиология и радиационная безопасность», 1999, № 2. – С. 36 – 44.
29. Осмачкин В.С. Об оценках биологических эффектов радиационного воздействия. – «Энергия», 2001, № 12. – С. 6 – 14.
30. Шейнов В.П. Искусство жить: как обратить знание в здоровье. – Минск: Харвест, 2003. – 720 с.

31. З.Яворовски. Жертвы Чернобыля: реалистичная оценка медицинских последствий чернобыльской аварии. – «Медицинская радиология и радиационная безопасность», 1991, № 1. – С. 19 – 30.
32. Крещенко Е. Радиационное закаливание. – «Химия и жизнь», 1997, № 7. – С. 12 – 16.
33. Полное очищение и лечение виноградными винами /Сост. В.Преображенский. – Ростов-на-Дону: ООО "Издательство БАРО-ПРЕСС", 2001. – 64 с.
34. Лебедев О. Облученный! Камо грядеши? – «Изобретатель – рационализатор», 1993, № 10. – С. 16 – 17.
35. 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, № 6, т. 85. – С. 457 – 462.
36. Василенко И.Я., Василенко О.И. Человек и малые дозы радиации. – «Энергия», 2000, № 9. – С. 44 – 51.
37. Линдер Л. Чернобыль сегодня в сравнении с другими катастрофами. – «Атомная техника за рубежом», 2000, № 11. – С. 27 – 30.
38. Горбачев В.М., Замятин Ю.С., Лбов А.А. Основные характеристики изотопов тяжелых элементов: Справочник. – Изд. 2-е. – М.: Атомиздат, 1975. – 208 с.
39. Кольтовер В.К. Еще раз о радиоактивности в нашем доме. – «Химия и жизнь», 1990, № 4. – С. 72 – 75.
40. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда /Н.С.Бабаев и др. – Изд. 2-е, перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 312 с.
41. Краснопольская И. Рентген против нас? – «Российская газета», 7 февраля 2003 г.
42. Рамзаев П.В. Радиация: гигиенические аспекты. – Информационный бюллетень Центрального отраслевого института по атомной энергии, 1992, № 7. – С. 78 – 44.
43. Атомная наука и техника в СССР / Под общей редакцией А.М.Петросьянца. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 312 с.
44. Феоктистов Л.П. Нужна ли ядерная энергетика? – «Природа», 1989, № 4. – С. 9 – 14.
45. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние предприятий ядерного топливного цикла Российской Федерации. – М.: Изд-во Российской Демократической партии "Яблоко", 2002. – 259 с.

46. Охрана окружающей среды на предприятиях атомной промышленности /Ф.З Ширяев и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 200 с.
47. Ядерная индустрия России /Под ред. А.М. Петросьянца и др. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 1040 с.
48. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: Учебное пособие. – М.: МНЭПУ, 2001. – 264 с.
49. Временные критерии для принятия решений и организации контроля. Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующих излучений /Утв. главным санитарным врачом РСФСР 5 декабря 1990 г., № 43 – 10/796.
50. Крисяк Э.М. Радон в СССР. – «Химия и жизнь», , 1990, № 7.– С. 14 – 15.
51. Кузин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы. – М.: Наука, 1991. – 117 с.
52. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. РАДОН: Измерение, дозы, оценка риска. – Екатеринбург, Институт промышленной экологии УрО РАН, – 1997. – 230 с.
53. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. и др. Радон в жилых помещениях Среднего Урала. Медицинские последствия его воздействия. – «Медицинская радиология и радиационная безопасность», 2003, № 2, т. 48. – С. 5 – 17.
54. Мазуренко Н.Ю., Чубирко М.И. Влияние некоторых факторов на концентрацию радона в воздухе школьных учреждений. – «Гигиена и санитария», 1999, № 1. – С. 40 – 41.
55. Петин В.Г. и др. Новая концепция оптимизации и прогнозирования эффектов синергизма при комбинированном воздействии химических и физических факторов окружающей среды. – «Российский химический журнал», 1997, т. XLI, вып. 3. – С. 96 – 104.
56. Булдаков Л.А. О рисках лучевого и нелучевого воздействия. – «Энергия», 2003, № 1.– С. 23 – 26.
57. Киселев Г.В. Проблемы развития ядерной энергетики. – (Новое в жизни, науке, технике. Серия "Физика", № 3). М.: Общество "Знание" РСФСР, 1990. – 64 с.
58. Крылов Д.А. Экологическая экспансия энергокомплекса. – «Энергия», 1995, № 10. – С. 14 – 22.

59. Алексашин П.П. и др. Развитие требований по безопасности и системы государственного надзора как основа государственного развития ядерной энергетики. – «Атомная энергия», 1987, т. 63, вып. 5. – С. 306–310.

60. Вишняков Я.Д. и др. Как научить управлять рисками и безопасностью. Анализ ситуации. – «Экология и промышленность России» август 2001 г. – С. 32–37.

61. Слесарев И.С. Безопасное развитие ядерной энергетики и реакторы новых поколений. – «Атомная энергия», 1990, т. 68, вып. 5. – С. 315–320.

62. Здоровье работников Минатома. – «Атомпресса», 1999, № 3. – С. 3–4.

63. Иоилев Г. Атомграды открыто болеют. Вместе с соседями. – «Берегиня», 2001, № 6. – С. 6.

64. Никифоров А.С. и др. Обращение с высокоактивными отходами, образующимися в процессе регенерации ядерного топлива. – «Атомная энергия», 1987, т. 63, вып. 5. – С. 319–323.

65. Попов В.К. Атомная энергетика и ее отходы. – «Энергия», 1995, № 4. – С. 2–8.

66. Зубков В. Россияне смогут стать богатыми. Но не очень. Однако больными – вполне. – «Инженер», 2002, № 10. – С. 2–5.

67. Ларин И.И. История одного атомного города. – «Энергия», 1993, № 12. – С. 10–17.

68. Трейгер С.И. и др. Некоторые радиологические последствия ВУРСа на Среднем Урале. – Сборник тезисов докладов Уральского семинара "Экологические проблемы загрязненных радионуклидами территорий Уральского региона", 14–16 апреля 1992 г. – Екатеринбург, 1992. – С. 39–42.

69. Бьерн Вальстрем. Излучения, здоровье и общество. – МАГАТЭ, 1998. – 57 с.

70. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): гигиенические нормативы. – М: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.

71. Расстрелянный гепотип. – "АиФ-Здоровье", 1994, № 10.

72. Дощенко В.Н. Профилактика и диагностика лучевых заболеваний в период пуска и освоения атомного производства на ПО "Маяк". – Библиотека журнала "Медицинская радиология и радиационная безопасность". – М.: ИздАТ, 1995. – 80 с.

73. Джин Карпер. Не старейте! – Минск: ООО "Попурри", 1998. – 448 с.
74. Батурина Г. Как пить не пьянея. – «Будь здоров!», 2000, № 8. – С. 62 – 67.
75. Леонидов В.Л., Матвеев А.М. Как очистить организм от радиоактивных элементов и токсичных металлов. – Екатеринбург: НПП "Базис", Центр "КриМ и К⁰", 1993. – 36 с.
76. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799 – 99. – М.: Минздрав России, 2000. – 98 с.
77. Трахтенберг И. Пектины, металлы и радиация. – «Медицинская газета», 20 июня 1990 г.
78. Константинов А.П. Население Минатома: экология, радиация, здоровье. – Тезисы докладов второй молодежной научно-практической конференции "Ядерно-промышленный комплекс Урала: проблемы и перспективы". – Озерск, 2003. – С. 115 – 117.
79. Чернобыльская катастрофа. Проблемы социально-экологической безопасности. (Научно-информ. бюллетень "Проблемы окружающей среды и природных ресурсов» под ред. А.Г. Назарова). – М.: ВНИЦентр, 1990, вып. 5. – С. 119.
80. Сулейменов О. Мир в своем доме. – «АиФ», 1990, № 31.
81. Игнатенко Е.И. и др. О правовом и экологическом статусе населения и объектов ядерной энергетики. – «Атомная энергия», 1990, т. 68, вып. 6. – С. 425 – 426.
-

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|----------------------------------|--|
| ОБ АВТОРЕ..... | 3 |
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 6 |
| СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ..... | 6 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| МИФ ПЕРВЫЙ..... | 10 |
| МИФ ВТОРОЙ | 12 |
| МИФ ТРЕТИЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ЧЕТВЕРТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ПЯТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ШЕСТОЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ СЕДЬМОЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ВОСЬМОЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ДЕВЯТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ДЕСЯТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ДВЕНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ТРИНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ПЯТНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ШЕСТНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ СЕМНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |
| МИФ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ | Ошибка! Закладка не определена. |