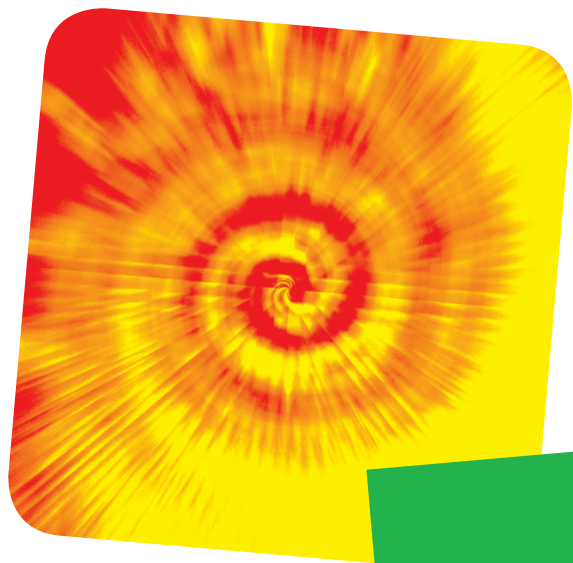




РАДИАЦИЯ:
от космических лучей
до компьютерного томографа



Акатов А. А., Коряковский Ю. С.

РАДИАЦИЯ:
от космических лучей
до компьютерного томографа

Информационные центры по атомной энергии
Москва, 2012

УДК 612.014.48

ББК 51.26

Акатов А. А., Коряковский Ю. С.

Радиация: от космических лучей до компьютерного томографа. — 2012.
— 20 с.

© АНО «ИЦАО», 2012 / Акатов А. А., Коряковский Ю. С., 2012

Как радиация воздействует на наш организм? Что вносит наибольший вклад в дозу облучения — природные или техногенные источники? Какие дозы опасны для человека? В чем состоит реальная опасность радиации и где вымысел?

Прочитайте этот буклет, чтобы составить собственное мнение.

Оправданы ли опасения?

Само слово «радиация» воспринимается многими крайне неприязненно, но чем вызвано такое отношение? Научно доказано, что большие дозы радиации влияют на человеческий организм, да и любой другой организм, самым негативным образом: мало кому доставит удовольствие описание симптомов лучевой болезни; кроме этого, существуют еще и отдаленные последствия облучения – рак щитовидной железы, лейкозы... казалось бы, приятного мало.

Но не все так однозначно. Радиация непрерывно воздействует на человека, начиная с внутриутробного развития, следовательно, существуют безопасные для здоровья дозы.

С другой стороны, интерес представляет вопрос о происхождении радиационного фона, о его составляющих. Многие считают, что единственным серьезным источником радиационного воздействия являются радиоактивные изотопы, образующиеся в результате деятельности ядерной отрасли (работы АЭС и радиохимических производств, радиационных аварий, испытаний ядерного оружия и т.п.). Однако и эта точка зрения неверна, поскольку основной вклад в дозу облучения вносят другие источники, не имеющие к атомной промышленности никакого отношения.

Что такое радиация? Какие ее разновидности существуют? Откуда она берется? Каким образом на нас воздействует? И, наконец, когда радиация становится по-настоящему опасной? Ответы на эти вопросы вы найдете ниже.

Рисунок 1

Основные источники радиации в представлении большинства людей



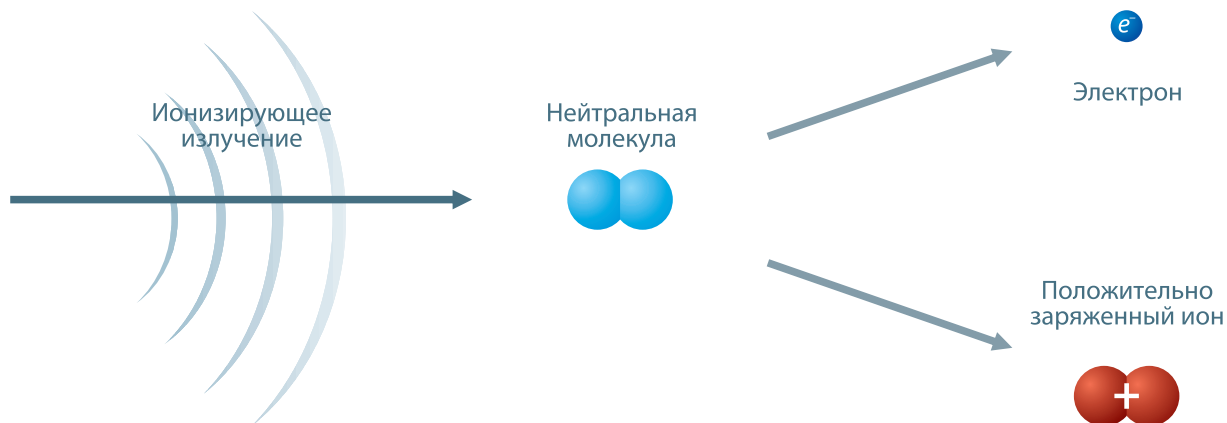
Что такое радиация?

Перед тем как обсуждать опасность радиации, следует определить – а чего, собственно, мы опасаемся? Иными словами, что такое радиация?

Радиация (хотя специалисты предпочитают альтернативный термин – ионизирующее излучение) – это поток частиц (электронов, протонов, электромагнитных квантов), способных **ионизировать** среду, то есть превращать нейтральные атомы и молекулы среды в частицы, имеющие положительный или отрицательный заряд (**ионы**).

Рисунок 2

Ионизирующее излучение, взаимодействуя с молекулами среды, превращает их в заряженные частицы – ионы



При воздействии радиации на организм человека процесс ионизации идет непосредственно в клетках тканей и органов; и если источник излучения обладает достаточной мощностью, это может привести к весьма неприятным последствиям. Основные разновидности радиации, испускаемой радиоактивными ядрами, известны всем – их изучают в старших классах школы:

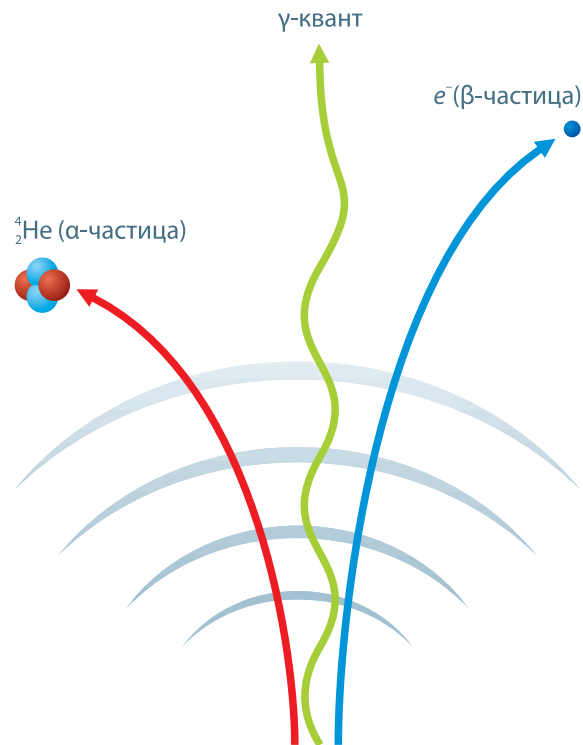
- **альфа-излучение** – поток альфа-частиц – ядер гелия (${}^4_2\text{He}$), обладающих высокой энергией,

- **бета-излучение** – поток бета-частиц (электроны e^- или позитроны e^+), также имеющих большую энергию,

- **гамма-излучение** – поток гамма-квантов (проникающего электромагнитного излучения, природа которого аналогична природе света).

Рисунок 3

Альфа-, бета- и гамма-излучение



Техногенная и природная радиация

Радиоактивные изотопы, образующиеся в процессе деятельности предприятий атомной энергетики, называют искусственными, или техногенными. В то же время, в каждой вещи, в каждом предмете, которые нас окружают, в том числе в питьевой воде и самом воздухе содержатся природные, или естественные радиоактивные изотопы. Наибольший вклад в годовую дозу облучения вносят именно природные нуклиды: их доля составляет 84 процента.

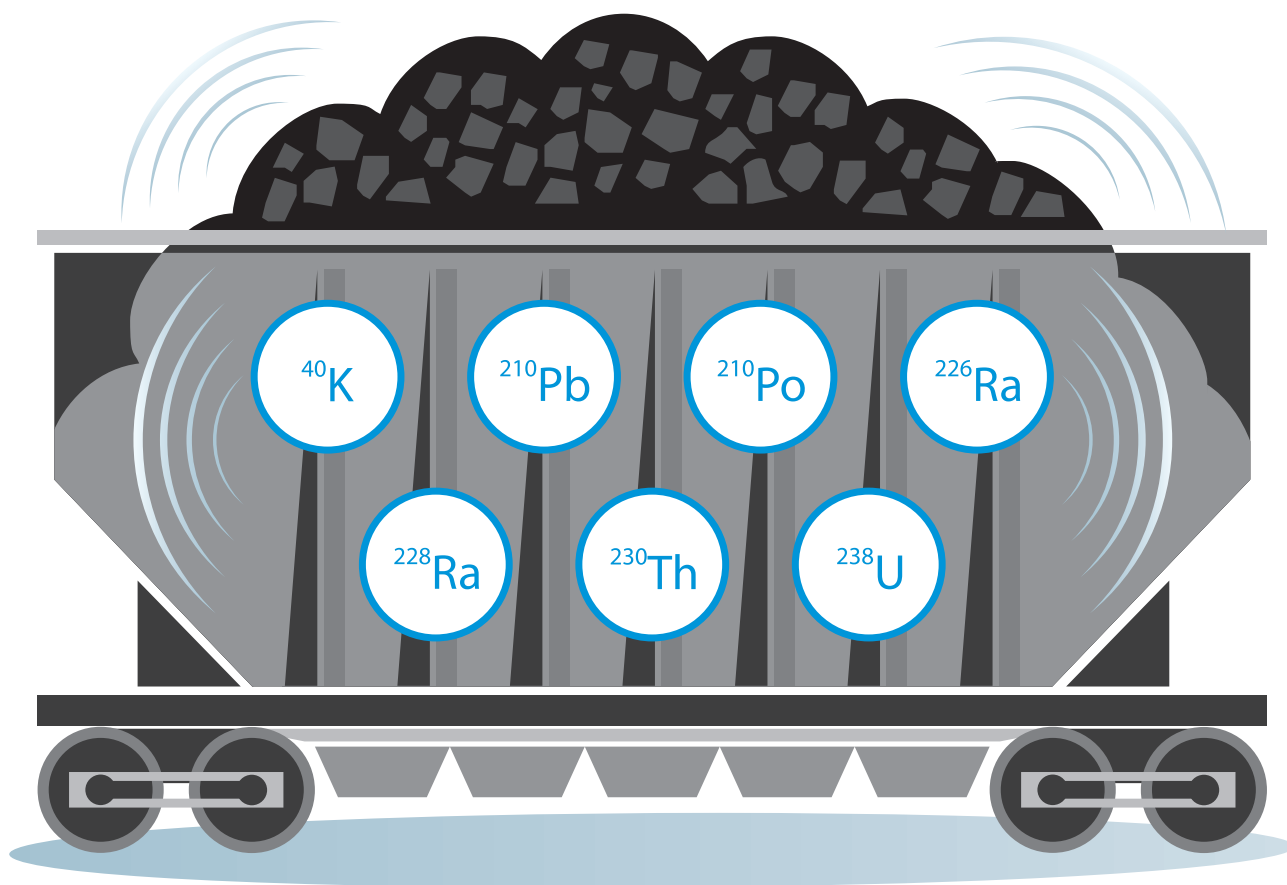
К естественным радиоактивным изотопам относятся ^{40}K , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{238}U – но ими список не исчерпывается¹.

В подавляющем большинстве случаев природные изотопы не представляют опасности. Однако они могут концентрироваться в различных технологических процессах: например, при добыче и транспортировке нефти и природного газа, производстве минеральных удобрений, сжигании угля и мазута на тепловых электростанциях и т.п. При этом доза испускаемой ими радиации может значительно увеличиться.

¹ Верхний индекс в обозначении изотопа – это его масса, выраженная в атомных единицах.

Рисунок 4

Угольное топливо, широко используемое в тепловой энергетике, может содержать значительное количество природных изотопов

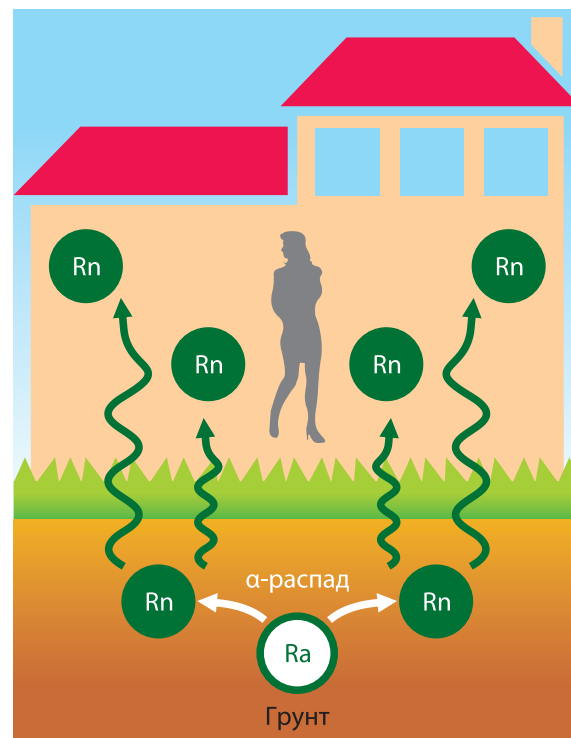


Самый опасный природный радионуклид

Итак, наибольший вклад в годовую дозу вносят природные изотопы. Из них максимальная доля приходится на **радон** (^{222}Rn) – радиоактивный благородный газ, образующийся в результате распада другого природного радионуклида – **радия** (^{226}Ra). Радон воздействует таким образом: в грунте, а также в строительных материалах, содержится некоторое количество ^{226}Ra (иногда его содержание может оказаться повышенным). Радон, образующийся из радия, не удерживается в строительных конструкциях, а свободно выходит в воздух. Радон может накапливаться в закрытых, малопрветриваемых помещениях; с воздухом он попадает в легкие и разносится кровью по органам и тканям, что приводит к внутреннему облучению организма.

Рисунок 5

Радон, образуясь из радия, поступает в воздух жилых помещений, и с воздухом попадает в организм человека



Строительные материалы и проекты зданий сейчас проходят радиационно-гигиенический контроль, но, если есть обоснованные сомнения, можно дать запрос в районную или областную санитарно-эпидемиологическую станцию на проведение радиационного мониторинга жилища. К тому же, вы можете принять простейшие меры по уменьшению концентрации радона: регулярное проветривание помещений, влажная уборка (позволяющая удалить продукты распада радона, закрепившиеся на частичках пыли), вытяжка над плитой, кипячение питьевой воды – все вместе эти способы позволяют значительно снизить «радоновую» дозу.

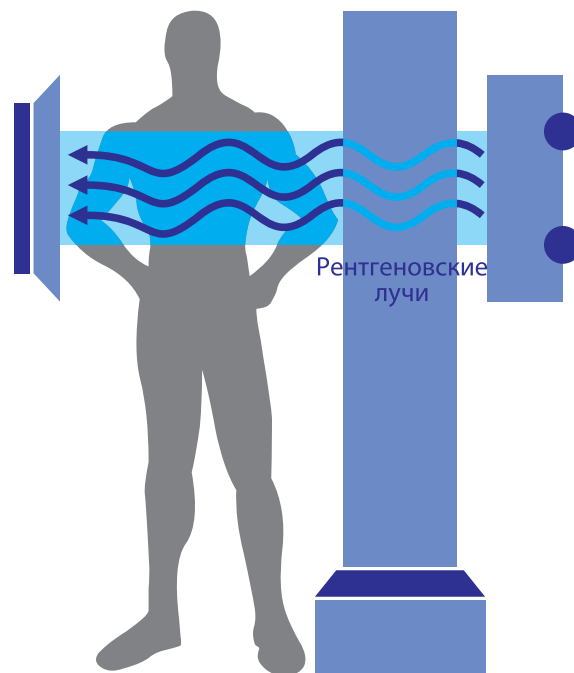
«Медицинская» радиация

По величине радиационного воздействия на первом месте стоят естественные радиоактивные изотопы (для обычного жителя России). А что следует за ними? Техногенные радионуклиды? Казалось бы, логичное предположение, но неверное. После природных источников, наибольшую дозу человек получает за счет медицинских обследований: в среднем они дают примерно *15 процентов* от суммарной величины. В настоящее время в нашей стране не установлены предельные дозы для медицинского облучения. Какими же принципами руководствуются врачи, назначая процедуры, связанные с воздействием радиации?

Если переводить сухой язык нормативных документов на более доступный, то все медицинские мероприятия, связанные с облучением пациента (от флюорографии до лучевой терапии), назначаются тогда, когда **ожидаемый полезный эффект намного превышает возможный вред от воздействия радиации.**

Рисунок 6

Рентгеновские лучи, просвечивающие пациента при флюорографическом обследовании, являются ближайшими родственниками гамма-квантов – и те, и другие относятся к проникающей радиации



Например, компьютерная томография, которая с точки зрения радиации «весит» намного больше рентгеновского снимка, позволяет идентифицировать злокачественные опухоли и другие заболевания на ранних стадиях. Соответственно, лечение назначается до того, как болезнь разовьется, и шансы на благополучный исход значительно возрастают. И это – *реальная* польза от радиационной диагностики, в то время как вероятность *возможного* вреда от дополнительного облучения настолько мала, что ей можно пренебречь.

К тому же, медицинская техника непрерывно совершенствуется, и сейчас при рентгеновской диагностике пациенты облучаются гораздо меньше, чем несколько десятков лет назад: обследование на современном цифровом флюорографе позволяет снизить дозу в **10 раз** по сравнению с устаревшей аппаратурой.

Рисунок 7

Современные цифровые аппараты для флюорографического обследования позволяют на порядок снизить величину получаемой дозы



Космос – тоже источник радиации

Атмосфера Земли непрерывно подвергается действию галактического космического излучения и излучения Солнца. В основном до границ атмосферы долетают **электроны, протоны** и **альфа-частицы** – **компоненты первичного космического излучения**. Взаимодействуя с газами, формирующими атмосферу планеты, они приводят к возникновению **вторичного космического излучения**, представленного гамма-квантами и мю-мезонами. Однако атмосфера является довольно эффективным защитным экраном, поэтому на уровне моря вклад космического излучения достаточно мал (для жителей равнин – менее 7 процентов от годовой дозы).

Рисунок 8

Атмосфера Земли – «шуба», защищающая человека от жесткой космической радиации

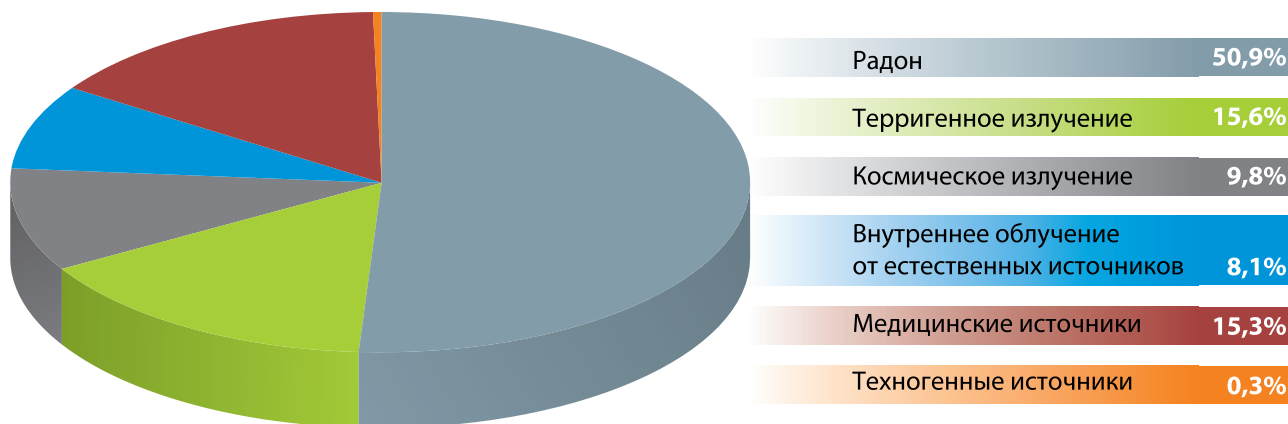


А где же ядерная отрасль?

Какое же место в общей схеме занимают техногенные радионуклиды, производимые атомной энергетикой? Самое последнее: 0,3 процента от годовой дозы в среднем по стране. Эта доля, конечно, может колебаться, но порядок числа будет таким же и для жителей Амурской области, и для населения городов-спутников АЭС¹.

Рисунок 9

Вклад различных источников в дозу облучения (в среднем по России)



¹ Исключение составляют регионы, пострадавшие от радиационных аварий. Но даже в них доля искусственной радиации гораздо меньше по сравнению с долей, которую дает медицинское облучение.

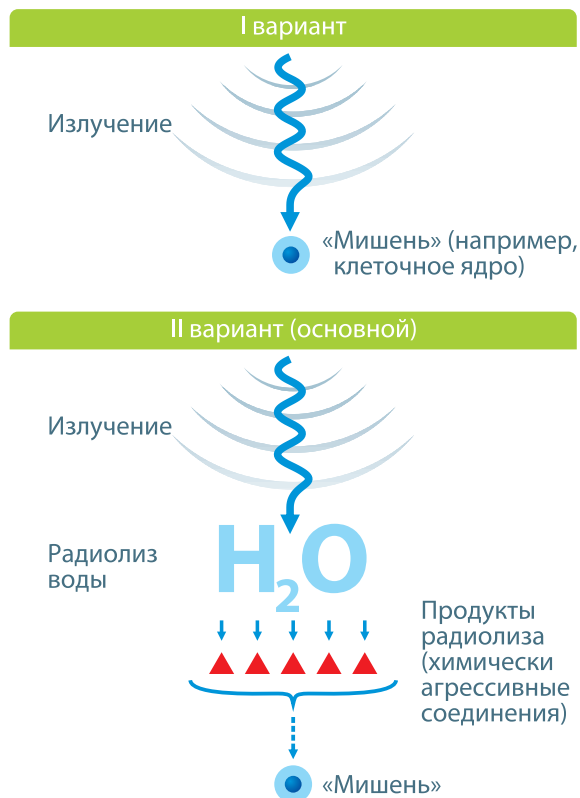
В чем заключается опасность радиации?

Раньше ученые считали, что радиация воздействует на ядра клеток, повреждая тем самым генетический материал. Позже выяснилось, что это не так: гены оказались достаточно устойчивы даже к большим дозам радиации, а вот *вода* – нет.

Поясним, что имеется в виду. Вода является средой, без которой клетка жить не может. Клетка человеческого организма на 70 процентов состоит из воды, а в клетках мозга ее доля составляет до 90 процентов. Поэтому частица ионизирующего излучения, попадая в клетку, с наибольшей вероятностью взаимодействует именно с молекулой воды (H_2O), передавая ей свою энергию. Тут-то и происходит **ионизация** молекулы. Ионизированная молекула (H_2O^+) и вырванный из нее электрон (e^-) взаимодействуют с другими молекулами, при этом образуются так называемые **свободные радикалы**. Радикалы также, в свою очередь, вступают в химические реакции.

Рисунок 10

Воздействие радиации на живую клетку



Суть такова, что под действием ионизирующего излучения в клетке появляются чужеродные химически агрессивные соединения. Если таких соединений накапливается слишком много, клетка гибнет. Но это происходит только при значительном радиационном воздействии, а если доза небольшая, то механизмы саморегуляции и самовосстановления, которыми обладает живой организм, позволяют ему справиться с радиационными повреждениями без далеко идущих последствий.

Рисунок 11

Наибольшее количество радона может скапливаться в душе; приток радона в ванную комнату облегчает образующийся водяной пар

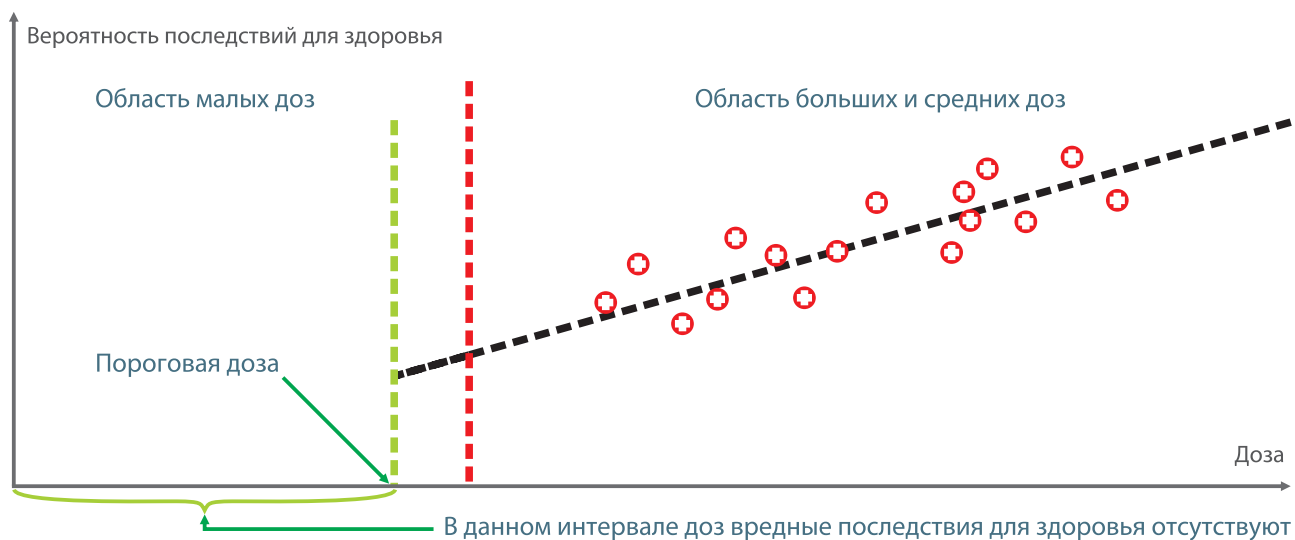


Опасная и безопасная доза: где граница?

В последний период в вопросе идентификации опасности, которую несет радиация, все больший вес набирает **пороговая гипотеза**. Согласно ей, существует определенный пороговый уровень облучения: если доза, которую получил человек, лежит ниже порога, то его здоровью ничего не угрожает.

Рисунок 12

Пороговая гипотеза



Причем, этот порог расположен достаточно высоко: по самым жестким оценкам, на уровне **100 миллизивертов (мЗв¹)**, по более мягким – **500 мЗв²**.

С допустимыми дозами эти значения согласуются следующим образом:

- для обычного человека, не работающего с источниками радиации, допустимая эффективная годовая доза от техногенной радиации (исключая медицинское облучение) составляет **1 мЗв** – в 100 раз меньше нижней планки порога;
- для сотрудников, работающих с источниками радиации, допустимая доза равна **20 мЗв/год** (в 5 раз меньше).

Вопрос в том, откуда взялись допустимые дозы, приведенные в нормах, и почему дозу в 1 миллизиверт (а не 100 мЗв, и не 500 мЗв) сочли безопасной?

Величины, прописанные в нормативных документах, рассчитаны на основании **линейной беспороговой гипотезы** – а в соответствии с ней *любая, даже самая маленькая доза радиации, может привести к негативным последствиям для здоровья* (поэтому она и называется «беспороговой» – согласно ей, порога, за которым радиация становится безвредной, не существует в принципе).

Слабое место беспороговой гипотезы в том, что ни одна научная группа, пользуясь самой современной аппаратурой, не смогла обнаружить никаких признаков вредного воздействия на организм *малых доз* радиации (ниже 100 мЗв), – именно поэтому многие специалисты считают допустимые дозы неоправданно жесткими.

¹ Эффективная доза измеряется в **зивертах (Зв)** – по имени шведского ученого-радиофизика Рольфа Зиверта.

² Даже для дозы 500 мЗв речь идет не о лучевой болезни, а лишь о кратковременном, незначительном изменении состава крови.

Вдобавок, существование природного фона само по себе заставляет усомниться в верности беспороговой гипотезы – ведь иначе придется признать факт, что природная радиация ежегодно уносит жизни **сотен тысяч** людей (что довольно сомнительно).

В заключение отметим «положительную черту» радиации – она заключается в том, что ионизирующее излучение легко *измерить* (в отличие от широкого спектра опасных химических веществ, попадающих в наш организм с воздухом, водой и пищей).

Для измерения эффективной дозы (или мощности дозы) радиации используются специальные устройства – **дозиметры**. В частности, каждому сотруднику, работающему на радиационно-опасном объекте, выдается индивидуальный дозиметр. Также дозиметры получают врачи и сотрудники, обслуживающие рентгеновские аппараты, компьютерные томографы, установки для лучевой терапии; да и обычный человек вполне может позволить себе приобрести сравнительно недорогой прибор.

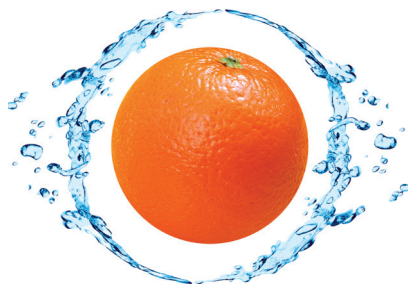
Рисунок 13

Индивидуальный дозиметр



Содержание

<i>Оправданы ли опасения?</i>	<i>3</i>
<i>Что такое радиация?</i>	<i>5</i>
<i>Техногенная и природная радиация</i>	<i>7</i>
<i>Самый опасный природный радионуклид</i>	<i>9</i>
<i>«Медицинская» радиация</i>	<i>11</i>
<i>Космос – тоже источник радиации</i>	<i>13</i>
<i>А где же ядерная отрасль?</i>	<i>14</i>
<i>В чем заключается опасность радиации?</i>	<i>15</i>
<i>Опасная и безопасная доза: где граница?</i>	<i>17</i>



завтра будет!

Информационные центры
по атомной энергии

www.myatom.ru