

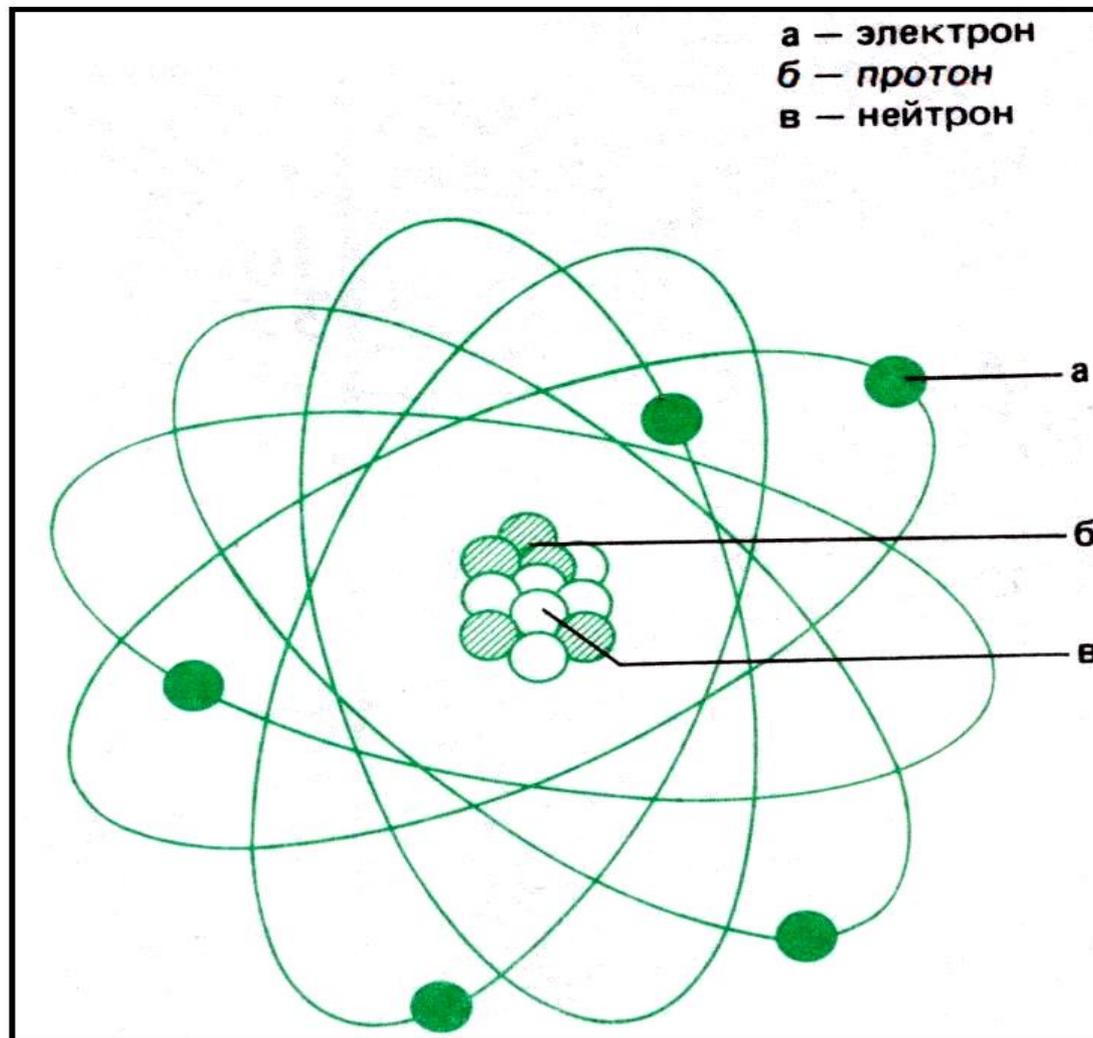


ОАО «МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ»

# ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА ОТ ОПАСНЫХ РАДИАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

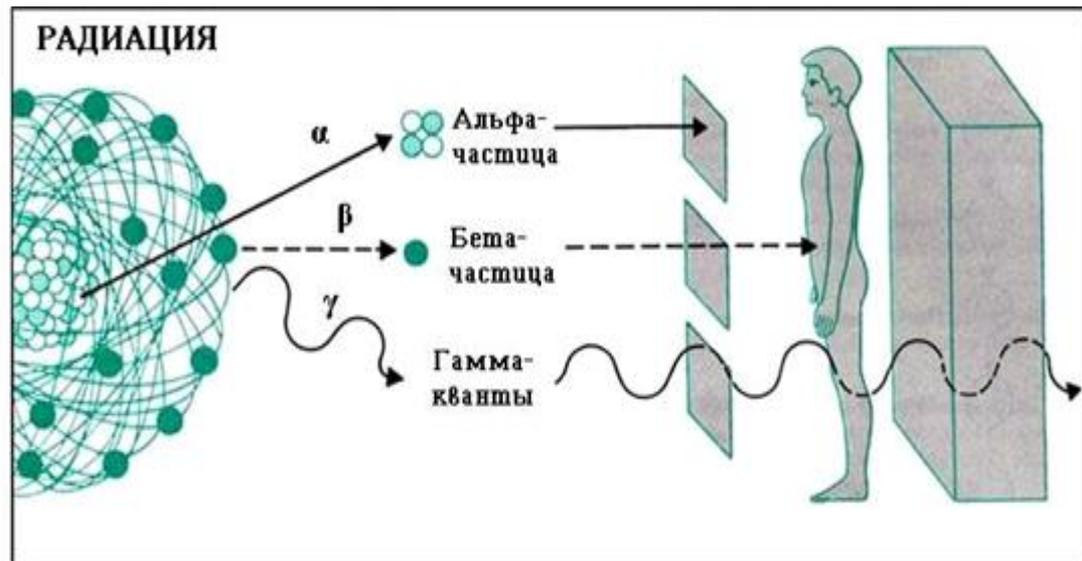


## Состав ядра



## Виды радиоактивности

РАДИОАКТИВНЫЙ РАСПАД ЯДЕР		
ВИД ИЗЛУЧЕНИЯ	НУКЛИД	ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА
$\alpha$	УРАН-238	4,47 млрд. лет
$\beta$	ТОРИЙ-234	24,1 суток
$\beta$	Протактиний-234	1,17 минут
$\alpha$	УРАН-234	245 000 лет
$\alpha$	ТОРИЙ-230	8 000 лет
$\alpha$	РАДИЙ-226	1 600 лет
$\alpha$	РАДОН-222	3,823 суток
$\alpha$	ПОЛОНИЙ-218	3,05 минут
$\alpha$	СВИНЕЦ-214	26,8 минут
$\beta$	ВИСМУТ-214	19,7 минут
$\beta$	ПОЛОНИЙ-214	0,000 164 секунды
$\alpha$	СВИНЕЦ-210	22,3 лет
$\beta$	ВИСМУТ-210	5,01 суток
$\beta$	ПОЛОНИЙ-210	138,4 суток
$\alpha$	СВИНЕЦ-206	Стабильный



## Дозы радиационного облучения

### ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

$\alpha$   $\beta$   $\gamma$



**ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА** - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым телом (тканями организма), в пересчете на единицу массы

**ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА** - поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма

**ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА** - эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность различных тканей к облучению

**КОЛЛЕКТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА** - эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей от какого-либо источника радиации

**ПОЛНАЯ КОЛЛЕКТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА** -

коллективная эффективная эквивалентная доза, которую получат поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования



## Единицы радиационного облучения

**Беккерель (Бк, Bq)** – единица активности нуклида в радиоактивном источнике ( в системе СИ).

Один беккерель соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида

**Грей ( Гр, Gy )** – единица поглощенной дозы в системе СИ.

Представляет собой количество энергии ионизирующего излучения, поглощенной единицей массы какого-либо физического тела, например тканями организма.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$

**Зиверт (Зв, Sv)** – единица эквивалентной дозы в системе СИ.

Представляет собой единицу поглощенной дозы, умноженную на коэффициент, учитывающий неодинаковую радиационную опасность для организма разных видов ионизирующего излучения.

Один зиверт соответствует поглощенной дозе в  $1 \text{ Дж/кг}$  ( для рентгеновского,  $\gamma$  и  $\beta$ - излучений)

## Причины опасности радиации на человека

### ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТКАНИ ОРГАНИЗМА



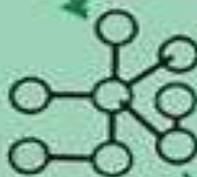
**Заряженные частицы.** Проникающие в ткани организма альфа- и бета-частицы теряют энергию вследствие электрических взаимодействий с электронами тех атомов, близ которых они проходят. (Гамма-излучение и рентгеновские лучи передают свою энергию веществу несколькими способами, которые в конечном счете также приводят к электрическим взаимодействиям.)



**Электрические взаимодействия.** За время порядка десяти триллионных секунды после того, как проникающее излучение достигнет соответствующего атома в ткани организма, от этого атома отрывается электрон. Последний заряжен отрицательно, поэтому оставшая часть исходно нейтрального атома становится положительно заряженной. Этот процесс называется ионизацией. Оторвавшийся электрон может далее ионизировать другие атомы.



**Физико-химические изменения.** И свободный электрон, и ионизированный атом обычно не могут долго пребывать в таком состоянии и в течение следующих десяти миллиардных долей секунды участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, включая и такие реакционноспособные, как "свободные радикалы"

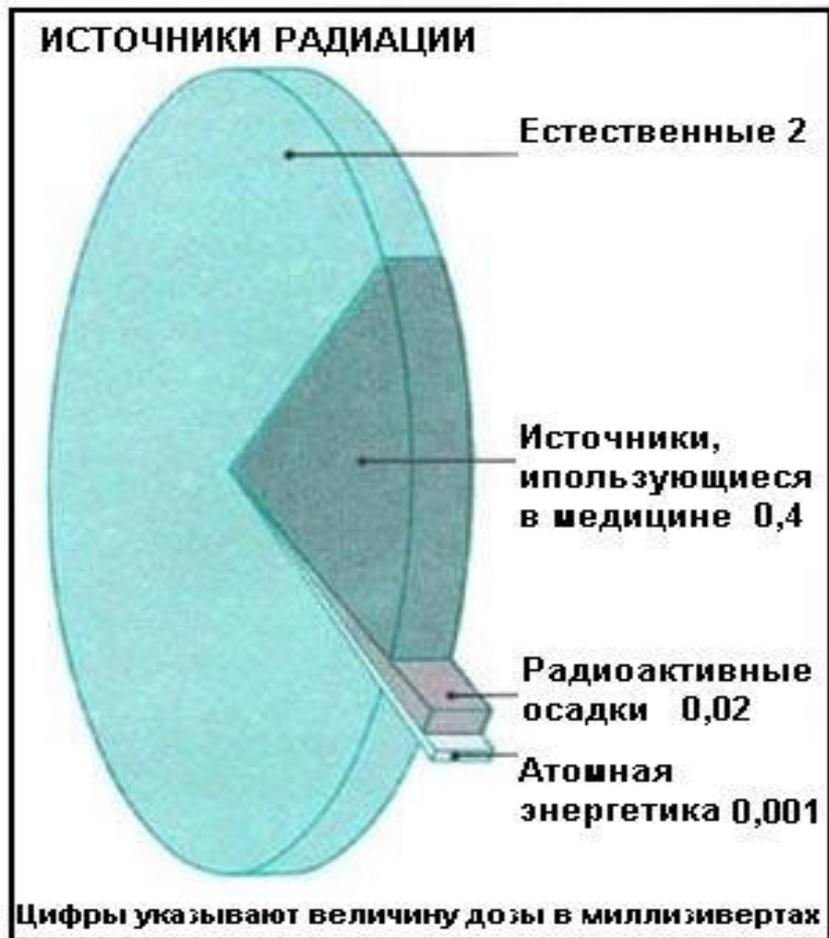


**Химические изменения.** В течение следующих миллионных долей секунды образовавшиеся свободные радикалы реагируют как друг с другом, так и с другими молекулами и через цепочку реакций, ещё не изученных до конца, могут вызывать химическую модификацию важных в биологическом отношении молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.



**Биологические эффекты.** Биохимические изменения могут произойти как через несколько секунд, так и через десятилетия после облучения и явиться причиной немедленной гибели клеток или таких изменений в них, которые могут привести к раку.

## Источники радиации

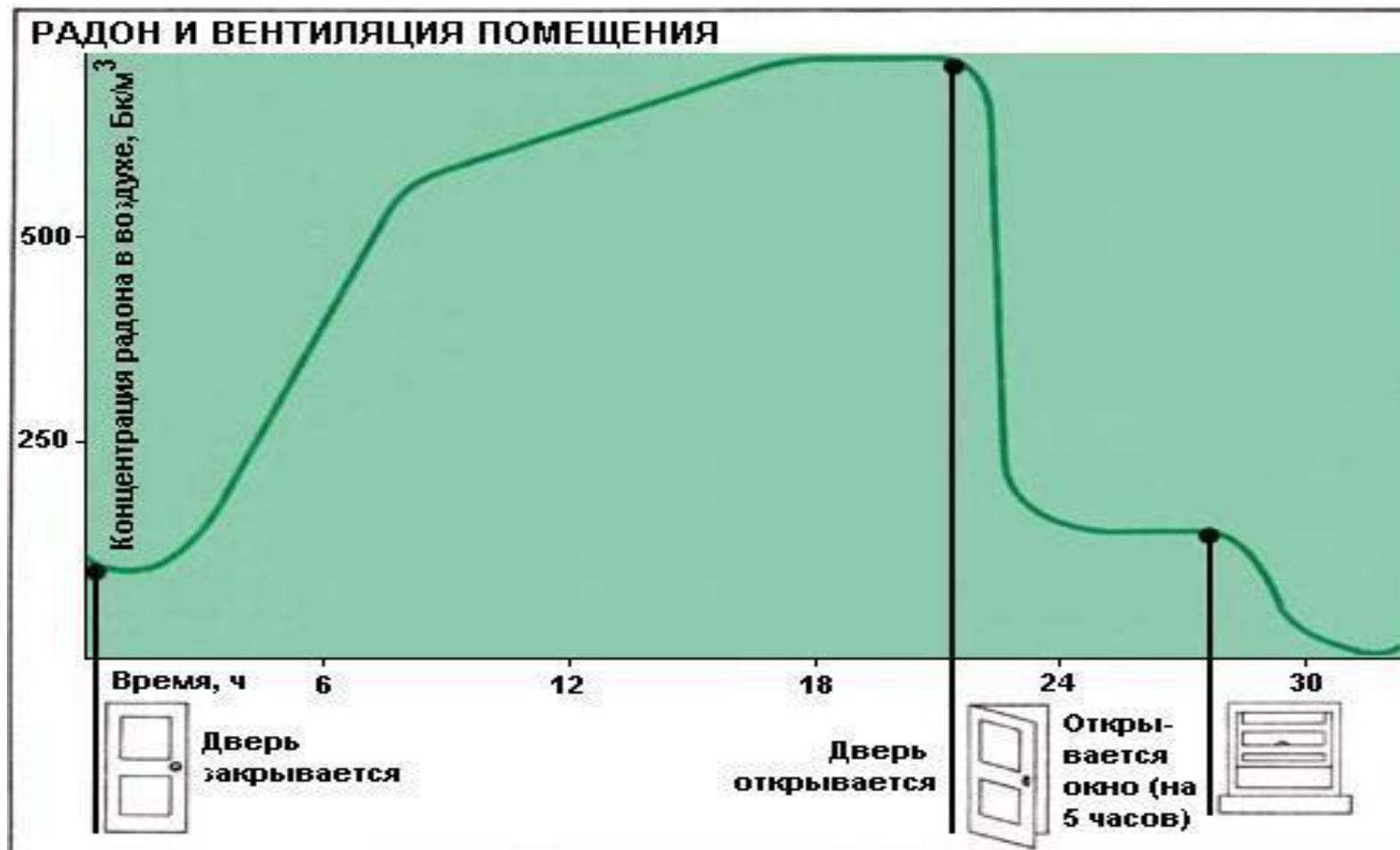


## Распространение в окружающей среде



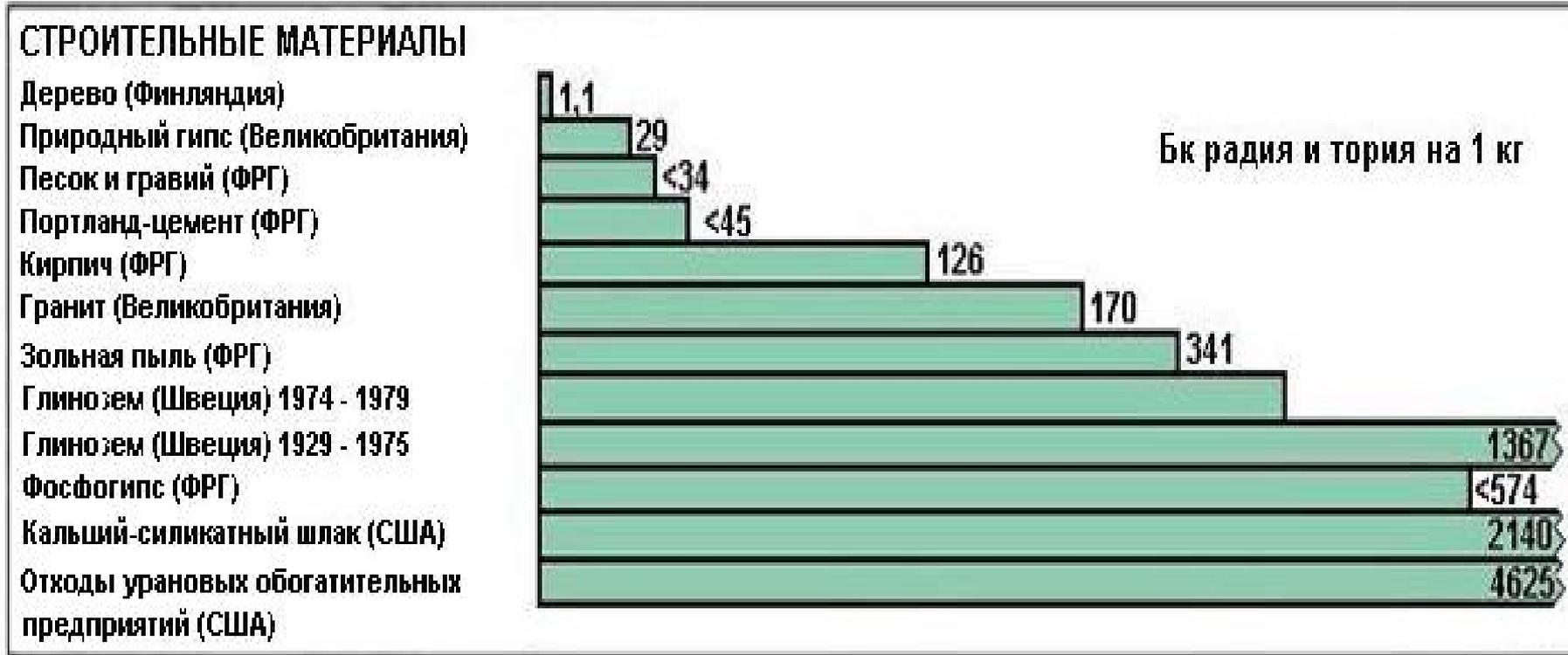
*Возможные способы распространения радиоизотопов в окружающей среде. Рисунок примерно соответствует модели, на основе которой рассчитывались дозы облучения населения от радиоизотопов, поступающих в окружающую среду от предприятий атомной энергетики. Показаны пути, по которым радиоизотопы могут попасть в организм человека с пищей, а также пути, которые оканчиваются в подпочвенных слоях грунта. Конечно, в действительности всё обстоит не так просто: почти каждый этап представляет собой сумму очень сложных процессов.*

## Влияние радона



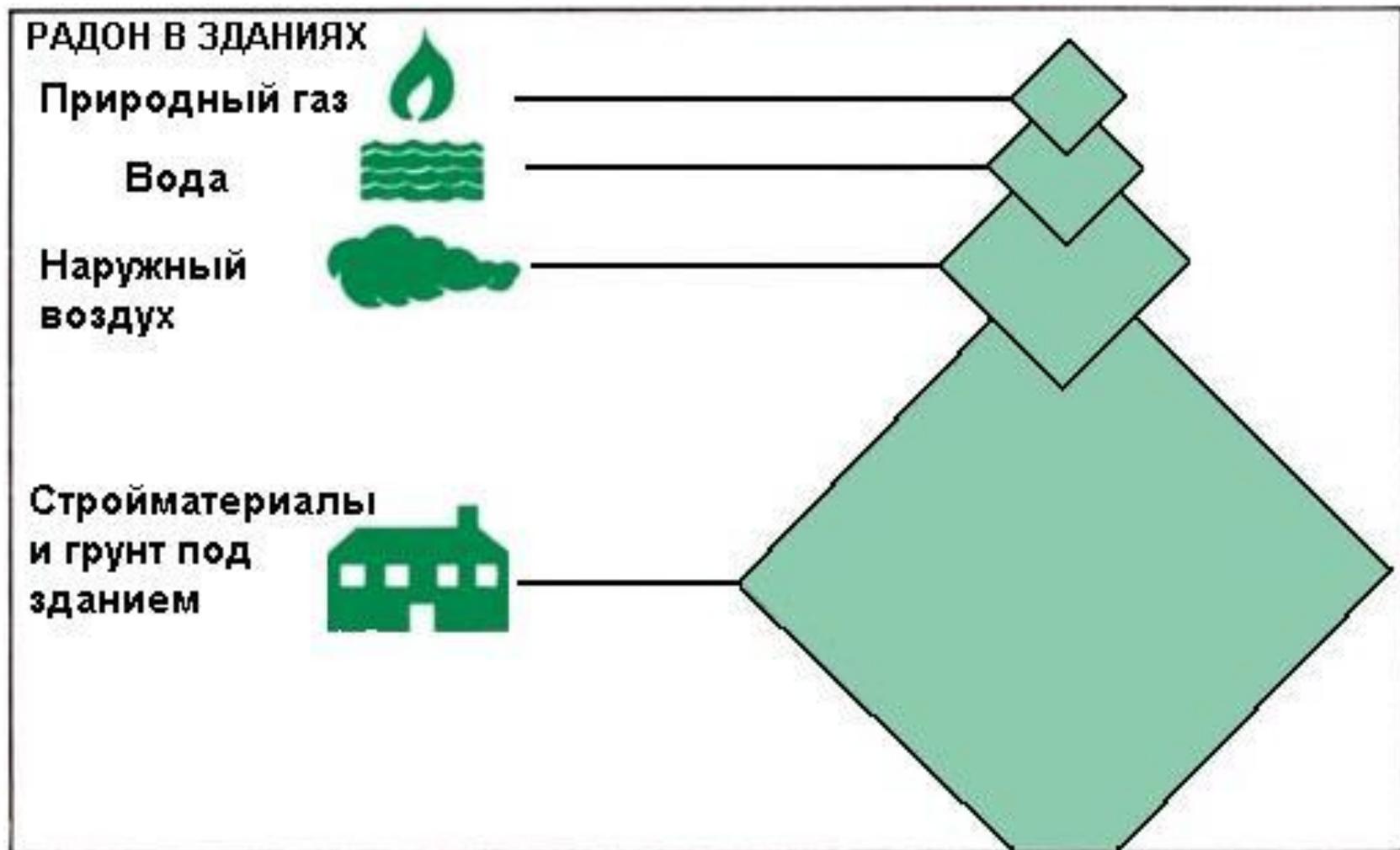
*Влияние проветривания на содержание радона в воздухе жилой комнаты одноквартирного дома*

## Радиоактивность строительных материалов

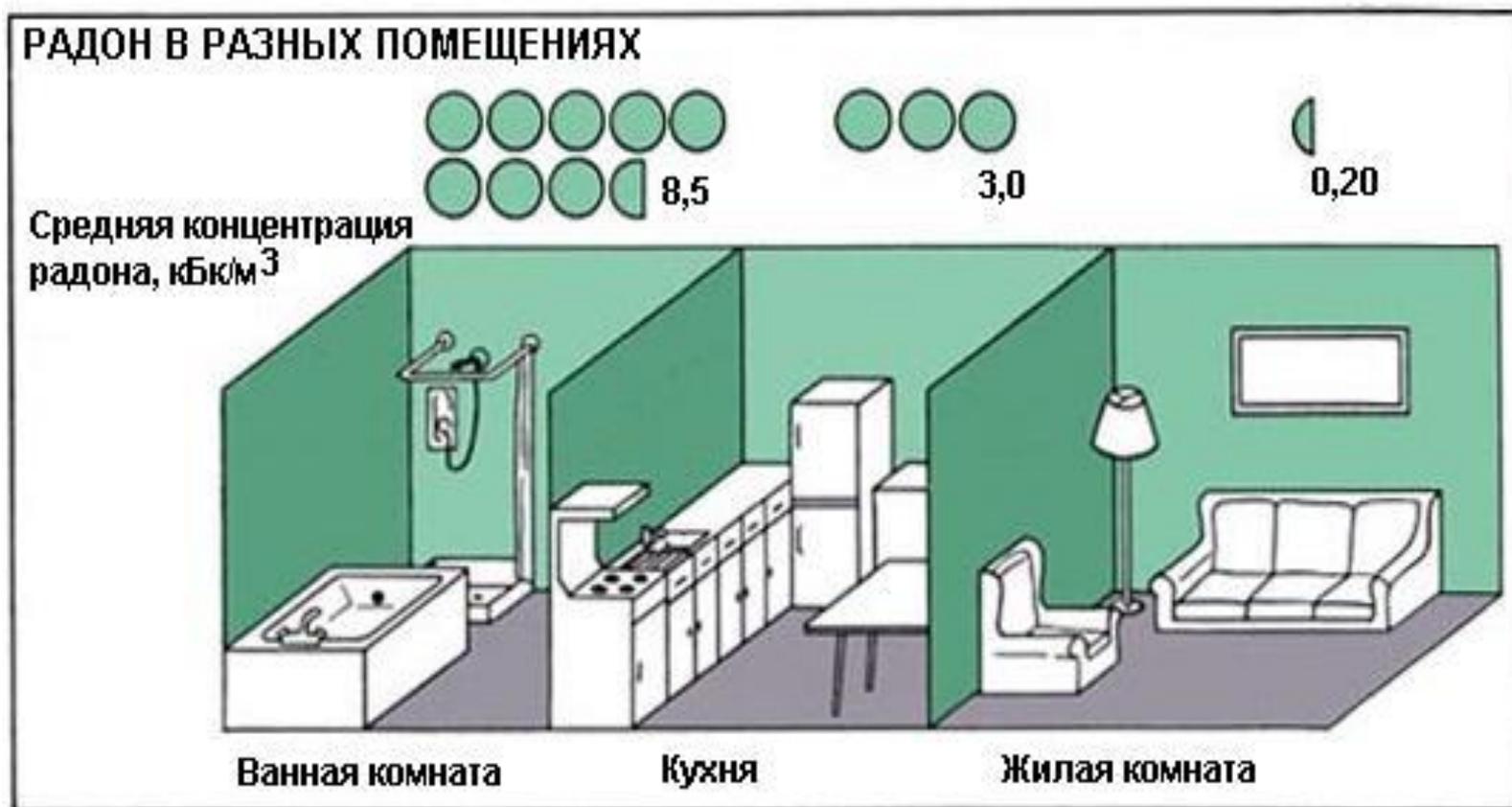


*Средняя удельная радиоактивность строительных материалов, применявшихся в разных странах*

## Радон в зданиях

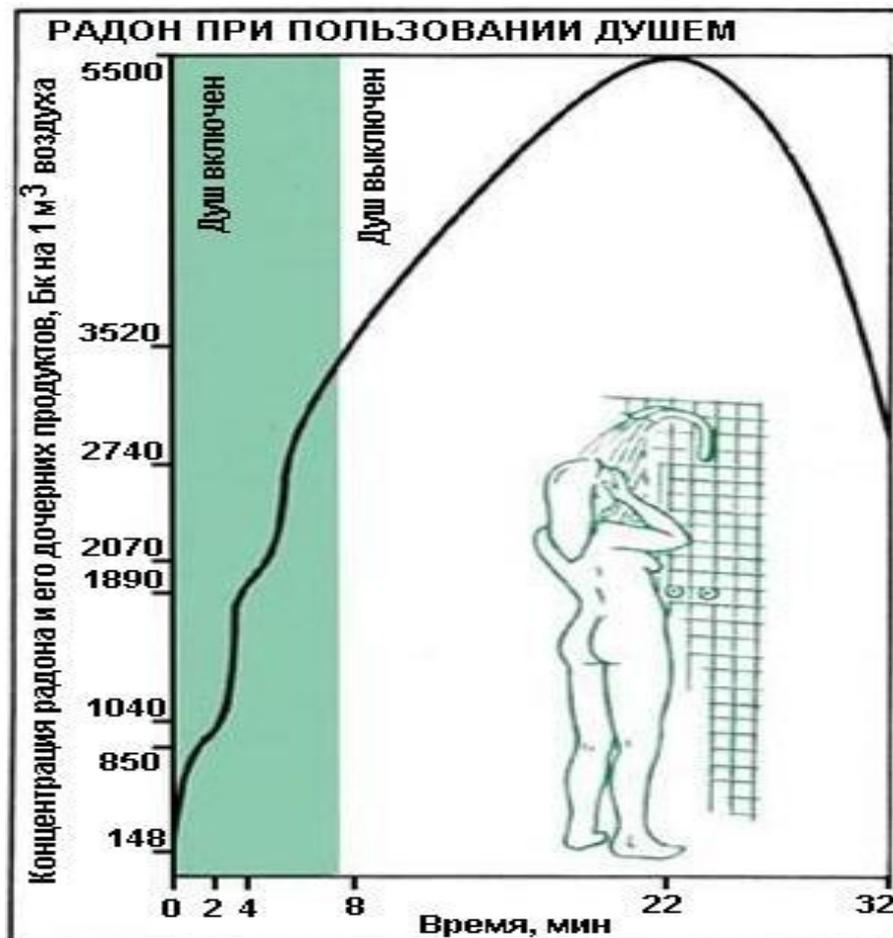


## Радон в разных помещениях



*Средние значения радиоактивности воздуха, обусловленной растворенным в воде радоном, в различных помещениях (по результатам обследования 20 домов в Финляндии)*

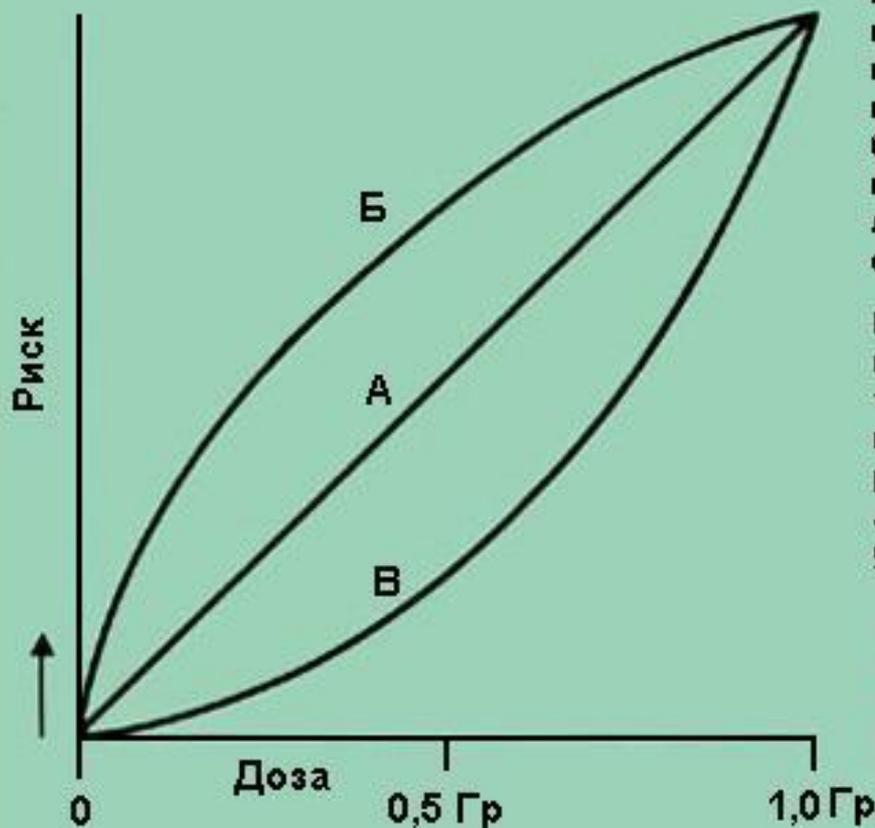
## Радон при пользовании душем



*Удельная радиоактивность воздуха, обусловленная присутствием радона и его дочерних продуктов, в ванной комнате одного из домов в Канаде в течение семи минут работы теплого душа и после его отключения (концентрация радона в воде составляла 4400 Бк/м<sup>3</sup>)*

## Дозы облучения и их эффект

### ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ И ИХ ЭФФЕКТ



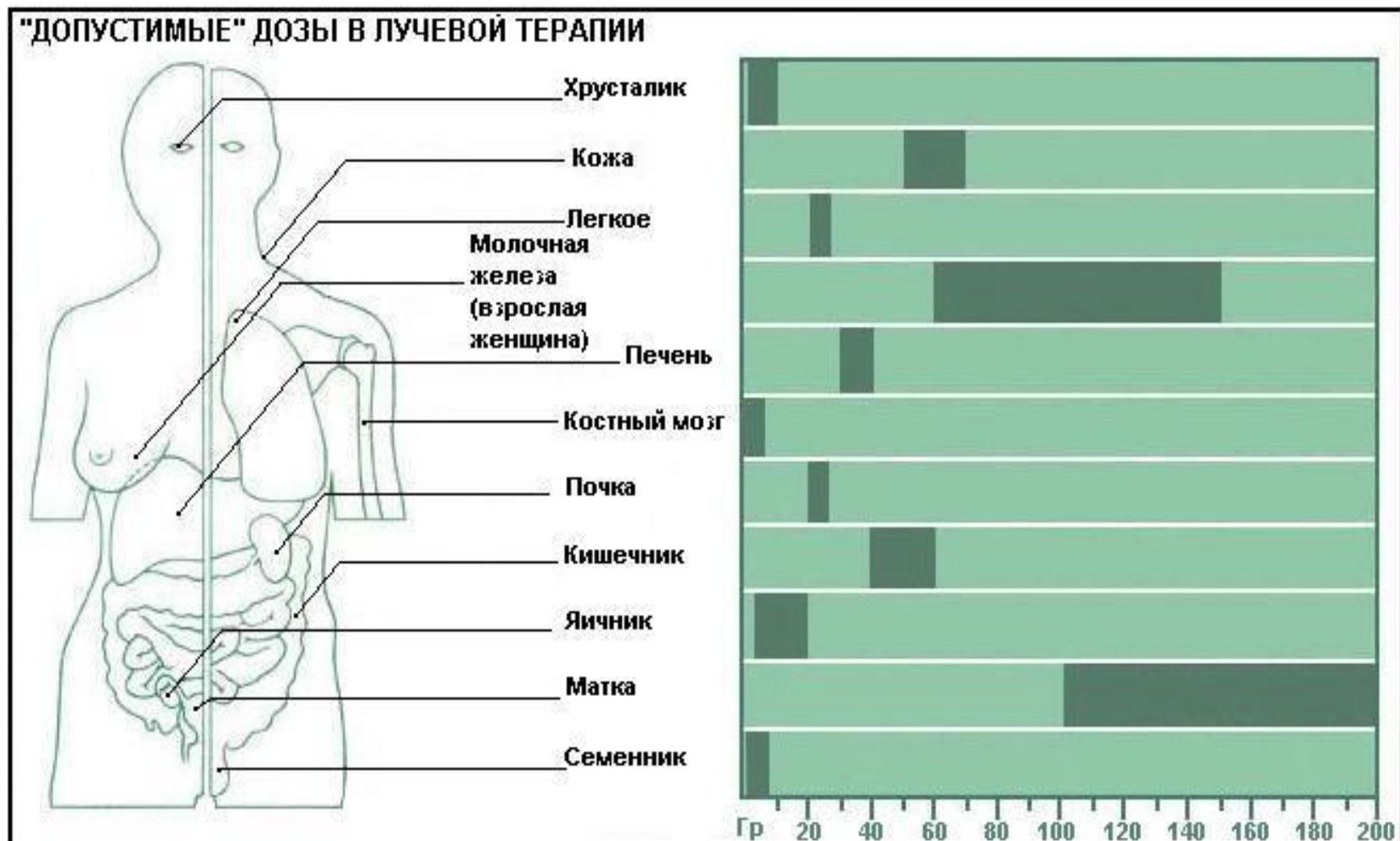
Разные варианты кривых доза - эффект для человека. Мы примерно знаем, какова вероятность заболевания раком при получении человеком эквивалентной дозы в 1 Гр, в результате обследования, оставшихся в живых после атомных бомбардировок, и других облученных групп населения. Мы знаем также, что радиационная опасность при полном отсутствии облучения, если бы такое было возможно, равна нулю. Но нам мало что известно о действии промежуточных доз, поэтому мы должны попытаться экстраполировать известные оценки риска при больших дозах в область малых доз.

На чертеже показаны три способа иной экстраполяции. В общем случае все возможные виды зависимостей на участке 0 - 1 Гр можно условно отнести к одному из трех типов (если считать, что не существует пороговой дозы и, следовательно, любое увеличение дозы, как бы мало оно ни было, повлечет за собой увеличение вероятности заболевания раком).

Один тип зависимости (А) представляет собой прямую; это означает, что вероятность заболевания увеличивается всюду прямопропорционально дозе облучения. Второй тип зависимости (Б) представлен выпуклой кривой и предполагает, что с увеличением дозы вероятность заболевания быстро растет при малых дозах и медленнее при больших.

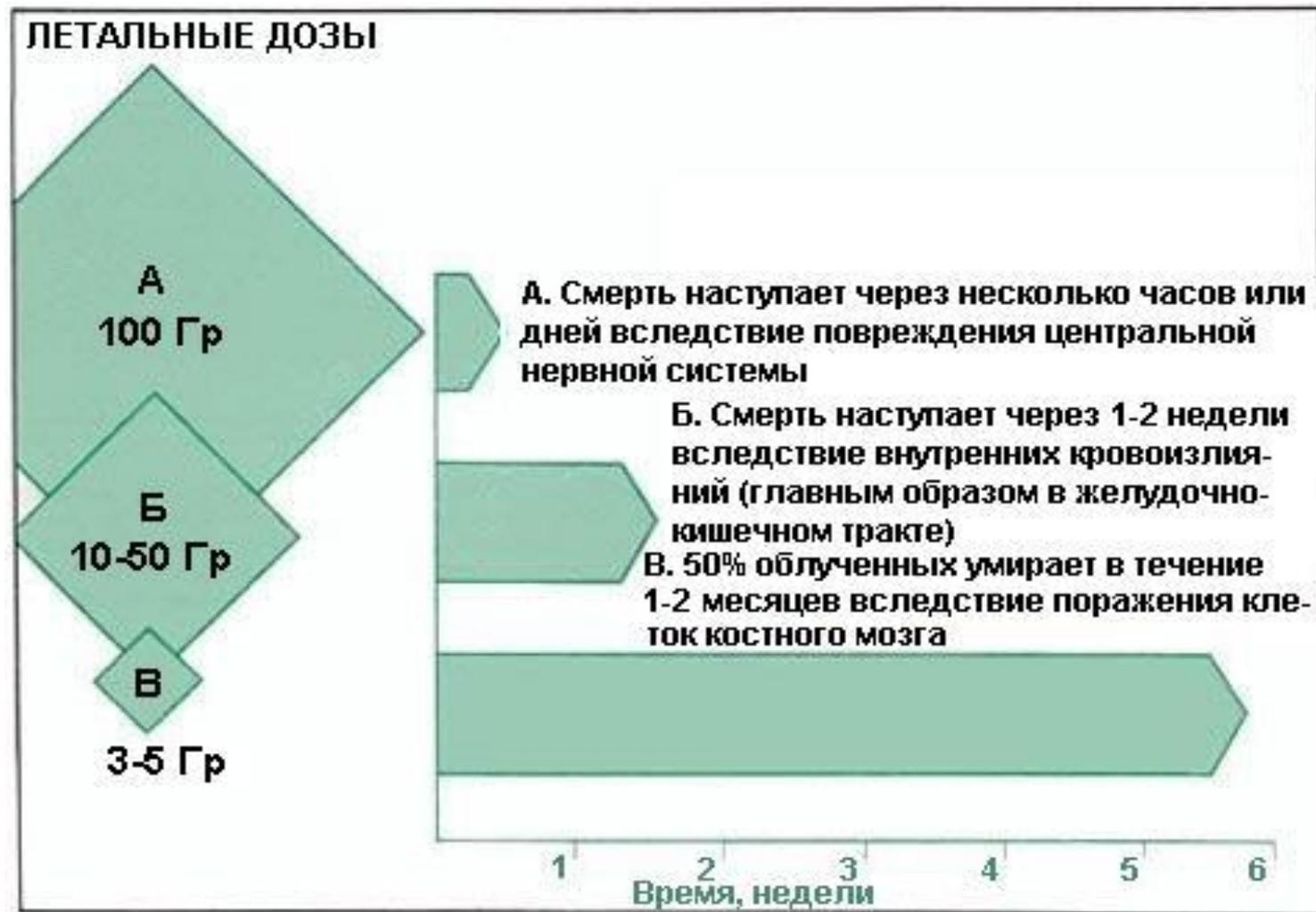
Третий тип зависимости (В) представлен вогнутой кривой и предполагает, что с увеличением дозы вероятность заболевания возрастает медленнее при малых дозах и быстрее при больших. НКДАР и другие учреждения пользуются допущением о линейной зависимости вероятности заболевания от дозы, т.е. зависимостью типа (А).

## Допустимы дозы в лучевой терапии

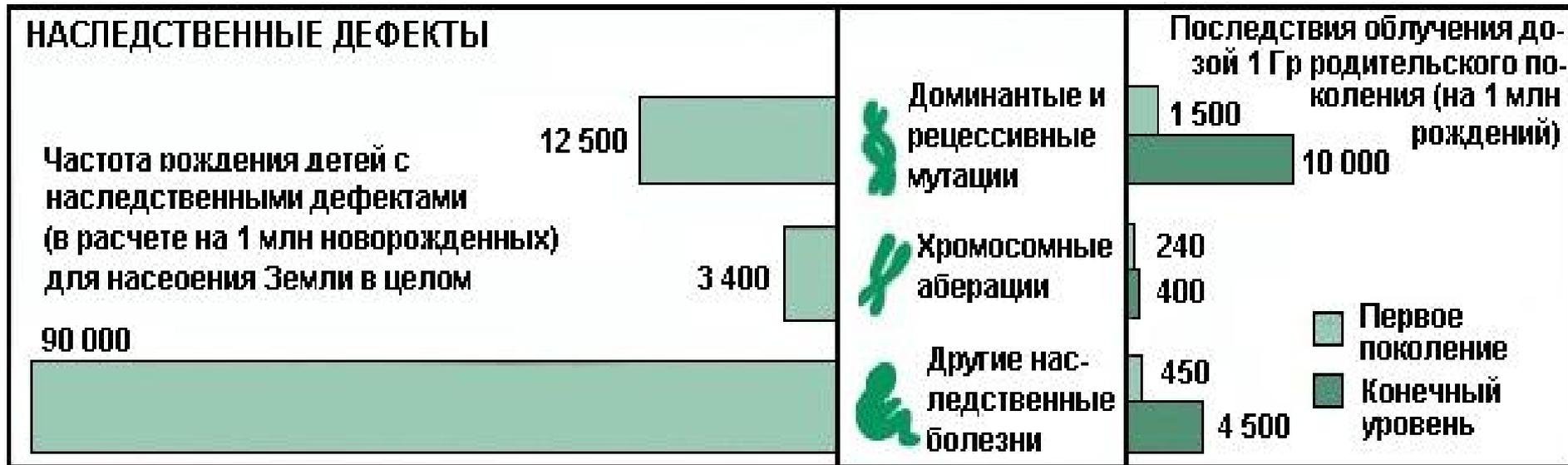


На диаграмме указаны "допустимые" дозы облучения при лучевой терапии, т.е. такие дозы, которые пациент без особого вреда для себя может получить за пять сеансов в течение недели. Диаграмма дает примерное представление о том, насколько различается чувствительность к облучению разных органов и тканей организма человека.

## Летальные дозы для человека



## Наследственные дефекты



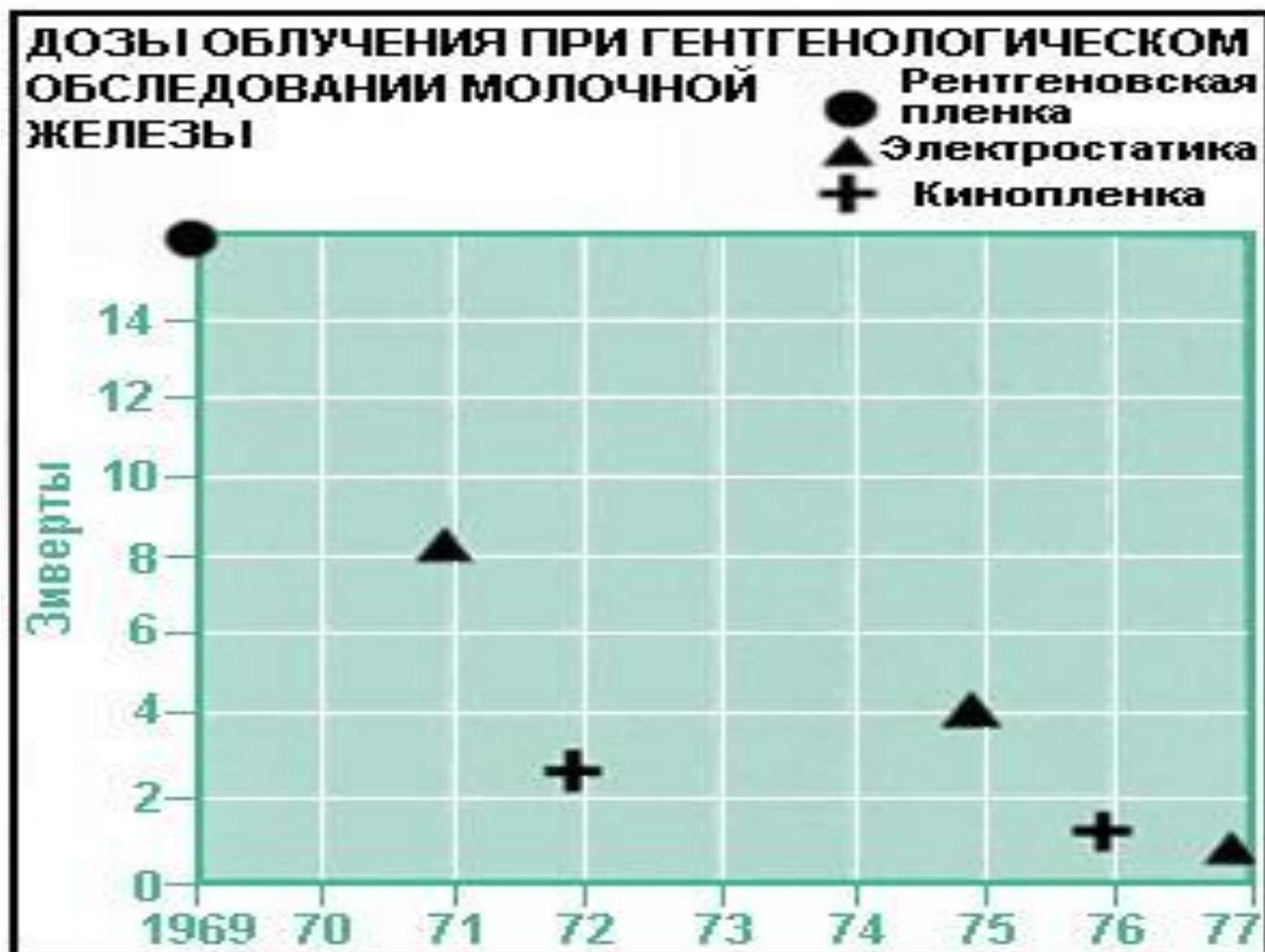
*Хотя наследственные дефекты и так встречаются достаточно часто, всякое дополнительное облучение может ещё более увеличить частоту их появления. Диаграммы на рисунке показывают текущие оценки частоты рождения детей с серьезными наследственными дефектами в популяции всего населения Земли (разумеется эти оценки учитывают и влияние естественного радиационного фона), а также оценки НКДАР ООН вероятного прироста частоты рождения детей с аналогичными дефектами при получении поколением родителей дополнительной индивидуальной дозы облучения в 1 Гр. Оценки НКДАР ООН прироста вероятной частоты рождения детей с серьезными наследственными дефектами приведены для двух случаев: 1) при облучении лишь одного поколения родителей и 2) при постоянном облучении многих поколений при той же мощности облучения. Цифры на рисунке соответствуют частоте рождения детей с серьезными генетическими дефектами указанного типа (в расчете на 1 млн новорожденных)*

## Дозы получаемые персоналом атомных электростанций



*Дозы, получаемые в ходе выполнения различных видов работ на ядерных реакторах. Указаны среднегодовые коллективные дозы (в чел·Гр), полученные в 1977 - 1979 годах персоналом, обслуживающим PWR и BWR в США.*

## Дозы облучения при рентгеновском обследовании



*Уменьшение средних доз за счёт улучшения методов рентгенологического обследования молочной железы*

## Дозы облучения при компьютерной томографии



*Сравнение поглощенных доз, получаемых при компьютерной томографии почек (среднее по 10 пациентам) и при обычной урографии*

## Дозы получаемые медперсоналом

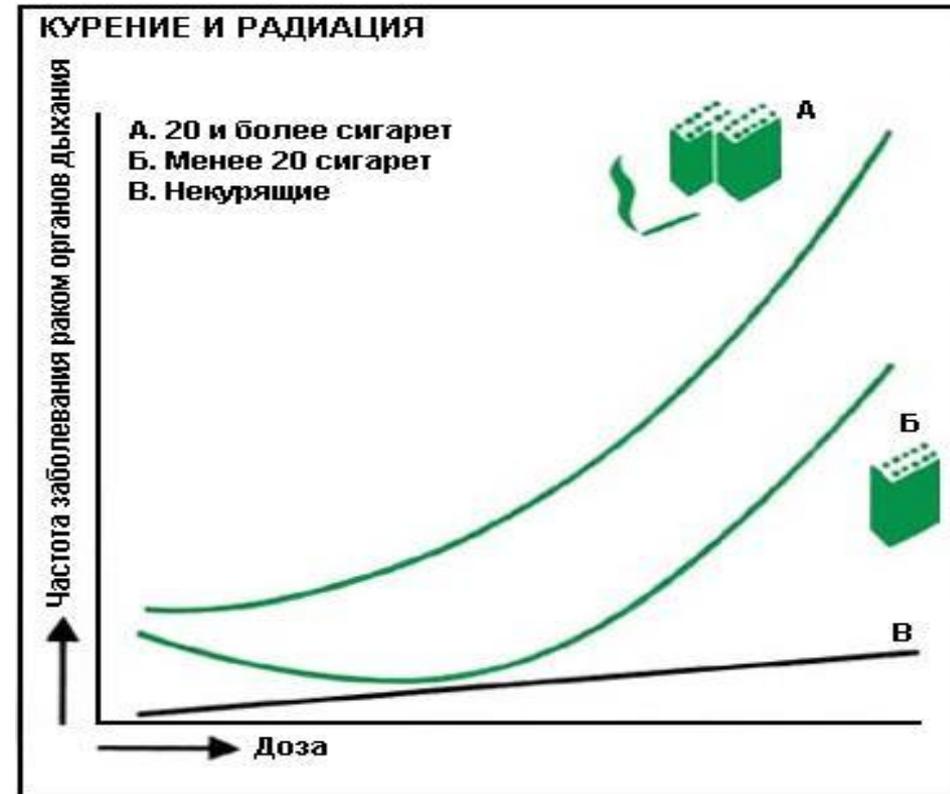


Дозы, получаемые медицинскими работниками и объем рентгенологических обследований. Рисунок дает представление об эффективности мер по снижению профессионального облучения медработников в различных странах с помощью такого показателя, как эффективная эквивалентная доза облучения медработника, получаемого им за одно обследование.

## Коэффициенты радиационного риска



Коэффициенты радиационного риска для разных тканей (органов) человека при равномерном облучении всего тела, рекомендованные Международной комиссией по радиационной защите для вычисления эффективной эквивалентной дозы.



Смертность от рака органов дыхания как функция дозы облучения, обусловленной дочерними продуктами радиоактивного распада радона, для трех групп рабочих урановых рудников: среди заядлых курильщиков, выкуривающих более 20 сигарет в день (кривая А), среди "умеренных" курильщиков, выкуривающих менее 20 сигарет в день (кривая Б), и среди некурящих (кривая В).