

Вредные физические факторы:

1. Неионизирующие излучения;
2. Ионизирующие излучения;
3. Шум;
4. Ультразвук;
5. Стихийные природные явления.

Обратить внимание
Различное действующее начало.
Однако все они способны
инициировать различные
химические процессы различной
интенсивности

Источники неионизирующие излучения:

1. Линии электропередачи;
2. Радио-, телепередатчики;
3. СВЧ, микроволновые, УЗ – установки;
4. Солнечный свет + свет любых источников видимого диапазона;
5. Инфракрасное излучение.

Неионизирующие излучения негативно воздействуют на нервную и сердечно-сосудистую систему.

ЭМИ

Живая клетка не имеет никаких защитных механизмов от постоянного воздействия электромагнитного излучения.

Условный безопасный уровень – 0,2 мкТл (микротесла).

Если ЭМП более 0,1 мкТл заболеваемость лейкемией у детей повышается в 3 раза.

Бытовые электроприборы – на расстоянии 20-30 см. – 1-2 мкТл.

Пылесос – 100 мкТл.

Электробритва – сотни (!) мкТл

Транспорт:

электричка – 20 мкТл,

троллейбус, трамвай – 30 мкТл,

вагон метро – 150-200 мкТл,

мобильные телефоны (!) – 450-1800 мкТл.

Радиоактивность

Единицы измерения дозиметрии

Величина, ее обозначение	единицы СИ	специальные единицы	Связь между единицами
Активность радионуклида	беккерель (Бк) 1 Бк = 1 расп/с	Кюри	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
Поглощенная доза D	грей (Гр) 1 Гр = 1 Дж/кг	рад	1 Гр = 100 рад 1 рад = 0,01 Гр
Эквивалентная доза	зиверт (Зв) 1 Зв = 1 Гр/кг	1 бэр	1 Зв = 100 бэр

Закон радиоактивного распада.

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N, \text{ где } \lambda - \text{константа распада, сек}^{-1}.$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

$T_{1/2}$ – период полураспада – промежуток времени для распада половины радиоактивного нуклида.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

$$N = N_0 e^{-0,693t / T_{1/2}}$$

Эффективная эквивалентная доза

Одни части тела (органы, ткани) более чувствительны к облучению, чем другие. В общем, балансе доз облучения органов и тканей следует учитывать с разными коэффициентами

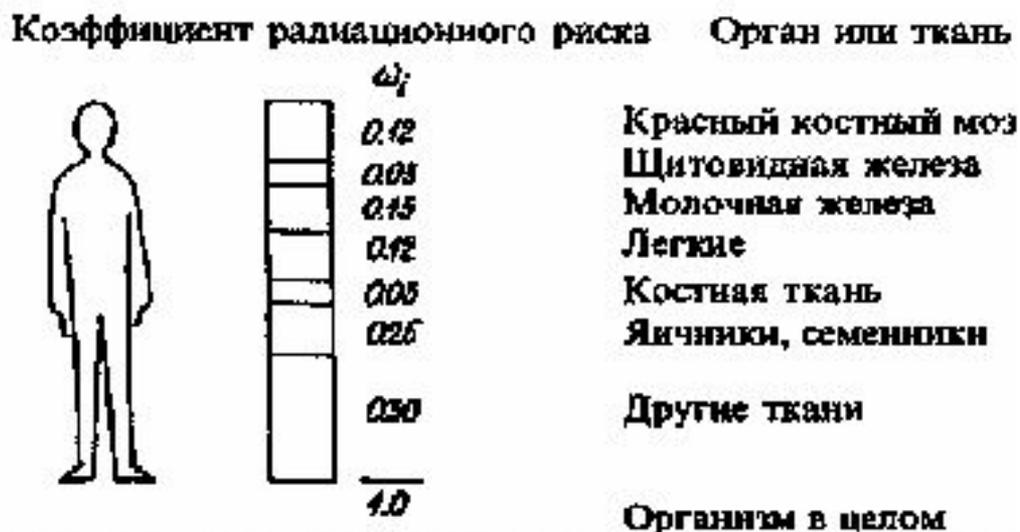


Рис. Коэффициенты риска (w) для различных органов и тканей

$$H_E = \sum_{j=1}^n H_i \cdot w_i, \text{Зв.}$$

Коллективная эквивалентная доза

Эквивалентная доза облучения представляет собой меру ожидаемого эффекта облучения..

Коллективная эффективная эквивалентная доза:

$$H = \sum_{j=1}^n H_i \cdot N_i$$

где N_i - число лиц, получивших эквивалентную дозу H_i.

Предельно допустимая доза

Предельно допустимая доза (ПДД) наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья облучаемого и его потомства неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Для работающих с излучением предельно допустимая доза установлена 0,05 Зв =50 мЗв (5 бэр) в год. Общая эквивалентная доза облучения всего организма для персонала

$$H = \text{ПДД} \cdot t$$

где H - доза, Зв, t - время с начала профессиональной работы лет.

Во всех случаях доза, накопленная за 30 лет работы, не должна: превышать 0,6 Зв (60 бэр), т.е. 12 ПДД.

Для лиц, не работающих с излучением, ПДД устанавливается на порядок меньше, т.е. 0,005 Зв (5 мЗв/год; 0,5 бэр/год).

Мутации естественные и вызванные радиацией не отличаются друг от друга (Радиация не порождает новых видов мутаций).

- Факты:
1. Только 1-6 % общего числа самопроизвольных мутаций у человека вызывается естественным радиационным фоном;
 2. Если каждое поколение населения подвергать дозе 0,01 Зв на протяжении многих поколений, то это дополнительно вызовет 60-1000 мутаций на 10^6 родившихся к 107000 самопроизвольным мутациям на 4×10^6 человек.

Оценка риска заболеваний лейкозом и раком

Вид злокачественного заболевания	Число случаев/1000 обл.чел.-Зв
Лейкоз	1,5-2,5
Рак щитовидной железы	5-15
Рак молочной железы	5-20

Острые последствия

Радиационное воздействие и соответствующие биологические эффекты

Доза, Зв	Воздействие Мощность дозы	Облучение *	Биологический эффект
0,003	В течение недели	О	Практически отсутствует
0,01	Ежедневно	О	Лейкопения
0,015	В течение недели	Л	Практически отсутствует
0,25	Единовременно	Л	Хромосомные нарушения в опухолевых клетках (культура соответствующих тканей)
0,5-1	Накопление малых доз	Л	Удвоение мутагенных эффектов у одного поколения
2	Единовременно	О	Тошнота
3-5	»	О	СД ₅₀ для людей
4	»	Л	Выпадение волос (обратимое)
4-5	0,1-0,5 Зв/сут	О	Возможно излечение в стац. условиях
6-9	3 Зв/сут или накопление малых доз	Л	Радиационная катаракта
10-25	2-3 Зв/сут	Л	Возникновение рака сильно радиочувствительных органов
25-60	2-3 Зв/сут	Л	Возникновение рака умеренно радиочувствительных органов
40--50	2-3 Зв/сут	Л	Дозовый предел для нервных тканей
50-60	2-3 Зв/сут	Л	Дозовый предел для жел.-киш. тракта

* О - общее облучение тела человека. Л - локальное облучение.

Техногенные источники

1. Основной источник – медицинские процедуры и методы лечения с применением излучением.

- Рентгеновские аппараты
- Томография

Облучение в медицинских целях средняя индивидуальная доза в мире составляет примерно 400 мкЗв/чел.год.

2. Ядерные взрывы. Источник радиоактивных осадков. 2 максимума испытаний.

1954-1958 Большинство США, СССР

1961-1962

Содержат различные радиоактивные элементы:

C^{14} , Cs^{137} , Zr^{95} , Sr^{90} . Различные периоды полураспада.

3. Атомная энергетика. Атомная энергетика незначительный вклад в суммарное облучение населения. Отметим: АЭС – только часть ядерного цикла- добыча, переработка – АЭС – выдержка, переработка отработанного ядерного топлива – радиоактивные отходы.

Риски и проблемы, связанные с использованием энергетических атомных реакторов

- Тепловое загрязнение окружающей среды. (характерно и для тепловых электростанций).
- Разработка месторождений урана (проблема пустой породы, активация химических соединений, высвобождение Rn)/
- Утечка радиоактивности
 - Выделение летучих радиоактивных газов
 - Водяная система охлаждения
- Обработка и ликвидация радиоактивных отходов. Специальные заводы по переработке по переработке топлива. (Долговременное хранение отходов).
- Транспортировка радиоактивных отходов
- Аварии реакторов.
- 1957 г. Виндскейл (Великобритания). Нарушение режима охлаждения активной зоны. Вспыхнул пожар. Огонь потушен затоплением реактора водой. В атмосферу значительные количества радиоактивных веществ.

Радиационная опасность радона

На радон и продукты его распада приходится 80% дозы облучения от всех природных радиоактивных источников.

Уран-238 – Радон-222 – период полураспада = 3,82 сут.

Торий-232 – Радон-220 – период полураспада = 55,5 с.

Уран-235 – Радон-219 – период полураспада = 3,9 с.

Радиоактивный распад урана-238



Радиоактивные изотопы полония (218 и 214) обуславливают свыше 97% дозы, вызывающей рак легких. Этот радиоактивный газ – причина 10% рака легких в мире.

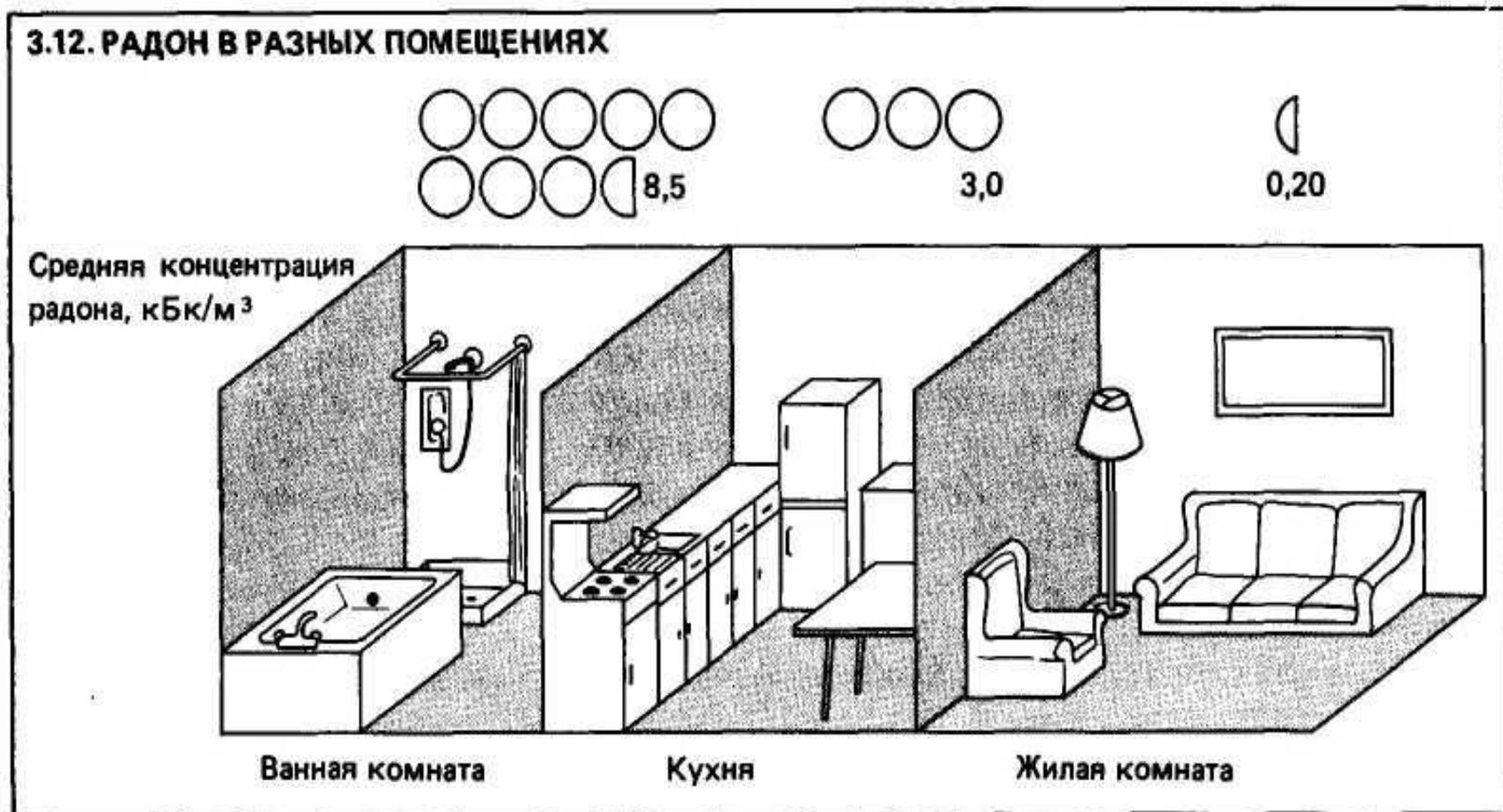
Источники поступления радона в типовой дом

Источник поступлений радона	Мощность источника, Бк/(м³ч)	Средний вклад в общее содержание радона в помещении, %
Грунт	0,1-200	78,0
Строительные материалы	1-20	12,0
Наружный воздух	1-10	9,2
Вода	0,001-100	0,2
Природный газ	0-1,0	0,6

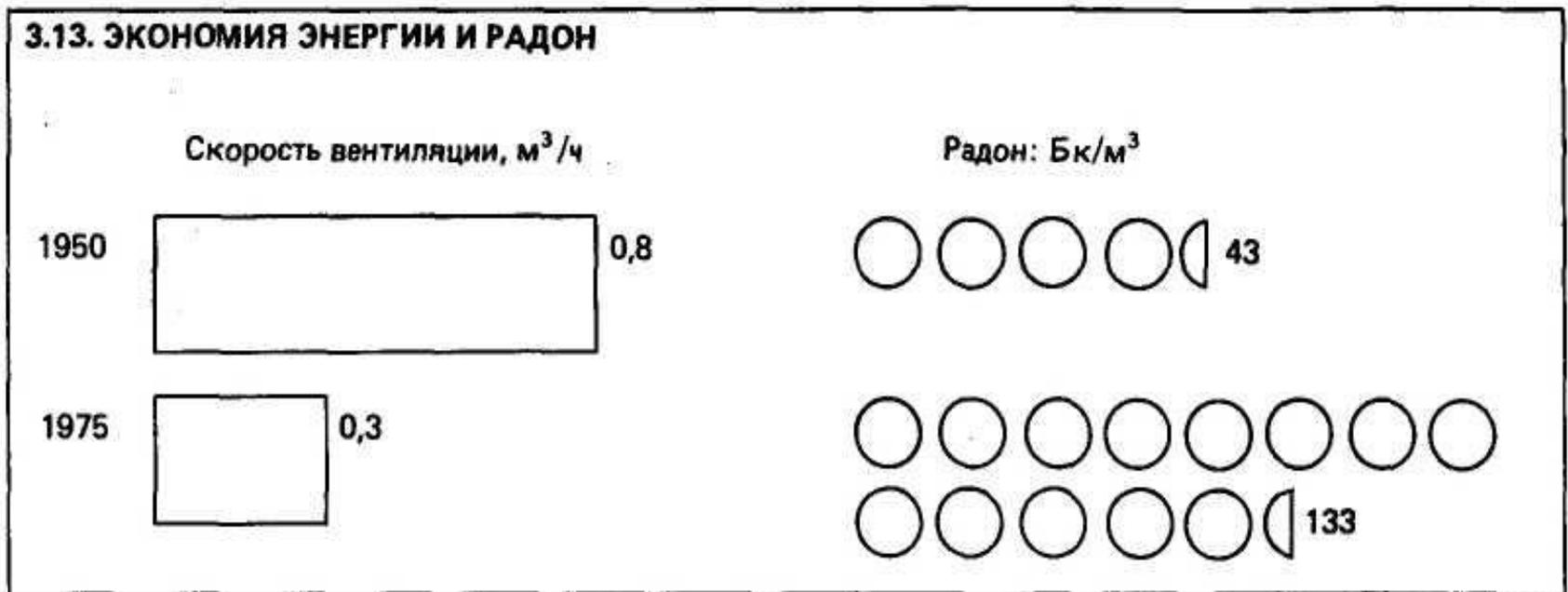
Среднее значение активности воздуха, связанной с радоном, в цокольных этажах зданий некоторых стран мира

Страна	Активн., Бк/м ³	Страна	Активн., Бк/м ³	Разброс, Бк/м ³	Предел допустимой удельной активности, Бк/м ³
Бельгия	53	США	55	150-800	150
Великобритани я	20 53	Финлянди я	100	200-1000 0	200 (новые дома) 800 (старые дома)
Дания	29	Франция	40	----	---
Нидерланды	90	Германия	40	250-600	40
Норвегия		Швеция	50	100-400	---

Основную часть дозы облучения от радона человек получает в закрытом помещении



**В России при проектировании зданий с 1991 г. активность радона в воздухе помещений не должна превышать 100 Бк/м³.
В домах, построенных до 1991 г. - 200 Бк/м³.
Если активность радона превышает 400 Бк/м³, рекомендовано переселить жильцов в другие помещения.**



Сравнение воздействия различных топливных циклов * на здоровье человека

Воздействие	Уголь	Нефть	Природный газ	Ядерная энергия
Смертность среди персонала	0,54-8,0	0,14-1,3	0,06-0,28	0,035-0,945
Смертность среди населения	1,62-306,0	1,0-100,0	-	0,01-0,16
Общее число смертей	2,16-314,0	1,1—101,0	0,06-0,28	0,045-1,1
Нарушения здоровья у персонала	26,0-156,0	12,0-94,0	4,0-24,0	4,0-13,0

* Электрической мощностью 1000 МВт.

Число смертельных исходов и травм, прогнозируемых среди 15 млн жителей 32-километровых зон вокруг 100 ядерных реакторов США в год

Характер несчастного случая	Смертельные исходы	Травмы
Автопронсшествия	4200	375000
Драки	1500	75000
Пожары	560	22000
Поражения электрическим током	90	-
Удары молнией	8	-
Авария реактора	0,3	6

Биологические последствия действия излучений.

Огромное число людей подвергается небольшим дозам.

Классифицируют:

- 1. Изменение в соматических клетках, приводящие к возникновению рака. Опасны для индивидуума;**
- 2. Генетические мутации, оказывающие влияние на будущие поколения (половые клетки);**
- 3. Влияние на зародыш и плод, вследствие облучения в период беременности матери.**

Рассчитать риск развития лейкоза для США при медицинских исследованиях. Численность населения США 250 млн. чел. Среднегодовая доза медицинского облучения костного мозга –925 мкЗв. Риск лейкоза составляет 1,5-2,5 сл. Заболеваний/1000 чел.

Решение:

$$N_{сл} = (1,5 \div 2,5) \times \frac{1}{10^3 \text{ чел.}} \times \frac{250 \times 10^6 \text{ чел.} \times 925 \times 10^{-6} \text{ мкЗв}}{1 \text{ Гр}} = 347 - 678 \text{ доп. случаев забол.}$$

Мощность дозы на различных высотах над уровнем моря

Высота, км	Мощность мкЗв/ч
Уровень моря	0,034
4	0.2
12	5
20	13

Средние тканевые дозы, обусловленные излучением ^{210}Po , мГр/год

Группа населения	Гонады	Легкие	Костный мозг	Костные клетки
Некурящие	0,006	0,003	0,007	0,015
Курящие	0,009	0,009	0,009	0,022

Удельная активность ^{210}Po в сигаретах, Бк/кг

Страна	В табачных листьях	В табаке сигарет	Активность одной сигареты, мБк
Бывш. СССР	22,2 - 59,2	8,5 - 23,3	11,1 - 20,7
Болгария	7,0-24,8	8,7-19,0	8,7-19,0
США	5,5-57,0	-	14,4-19,9

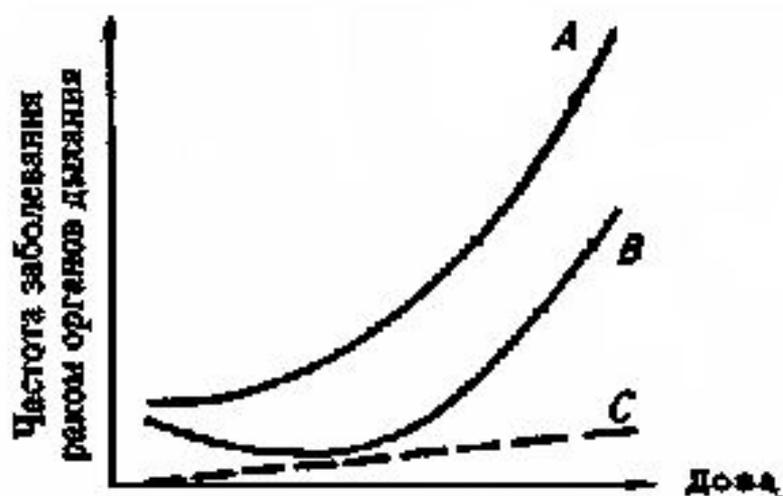


Рис. Курение и радиация (Po^{210})

А - выкуривающие более 20 сигарет в день; В - выкуривающие менее 20 сигарет в день; С - некурящие.