

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

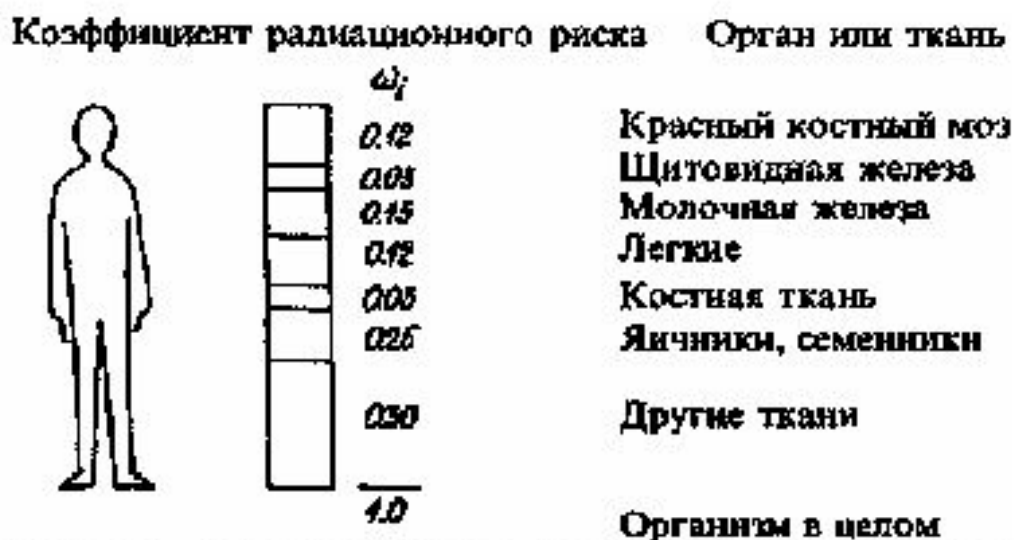


Рис. Коэффициенты риска (w) для различных органов и тканей

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

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 |

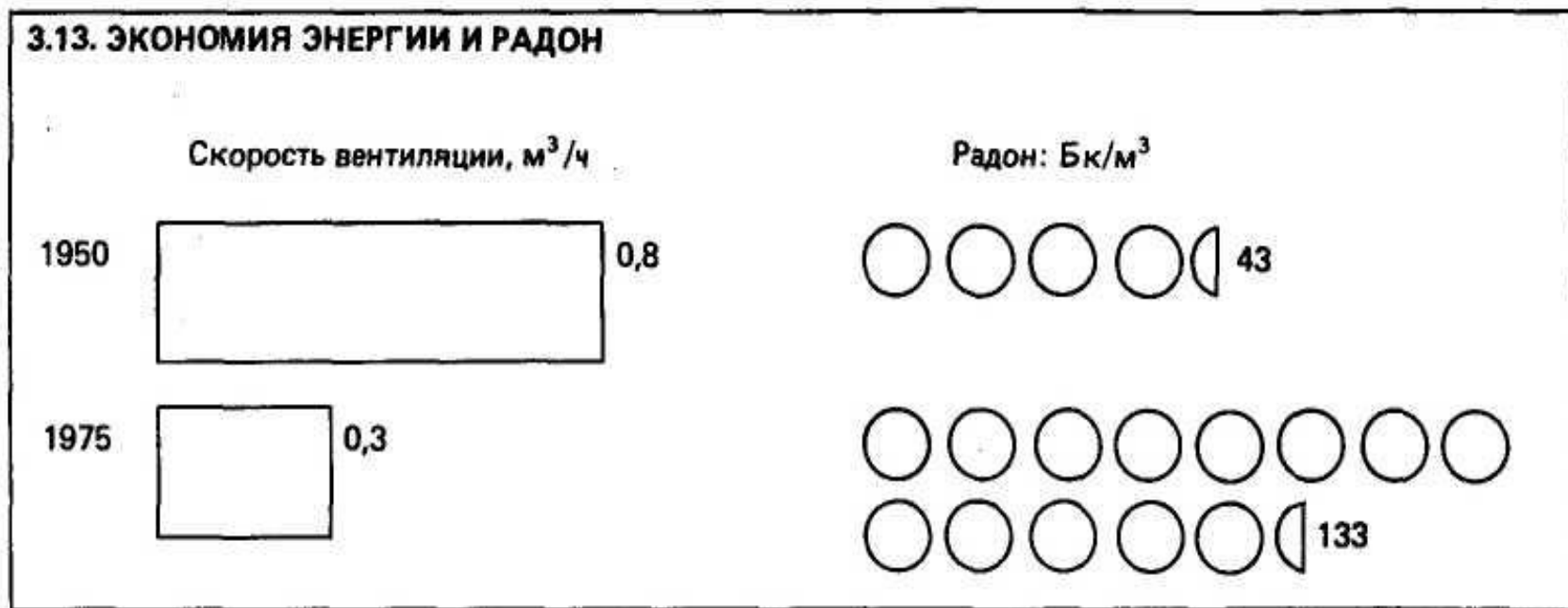
Среднее значение активности воздуха, связанной с радоном, в цокольных этажах зданий некоторых стран мира

| 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 |

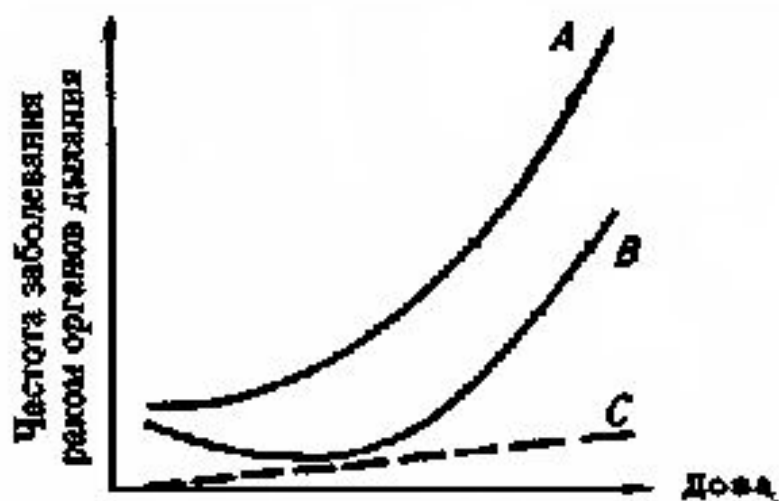


Рис. Курение и радиация (Po^{210})

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