

Среднее значение эффективной  
дозы, получаемое жителем нашей  
планеты от природных источников,  
составляет


**2,4 мЗв/год.**  
(миллизивертов в год)



ЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ИСКУССТВЕННЫЕ


---

ИСТОЧНИКИ  
ИОНИЗИРУЮЩИХ  
ИЗЛУЧЕНИЙ И  
РАДИОНУКЛИДОВ




---

**Все живые существа на Земле постоянно подвергаются воздействию ионизирующей радиации путем внешнего и внутреннего облучения от естественных и искусственных источников ионизирующих излучений**



## Естественные источники ионизирующих излучений и радионуклидов

- Космическое излучение.
- Первичные радионуклиды земной коры.



**Природным  
радиационным фоном**  

---

**называют ионизирующие  
излучения, исходящие от  
природных источников.**



# Космогенные источники

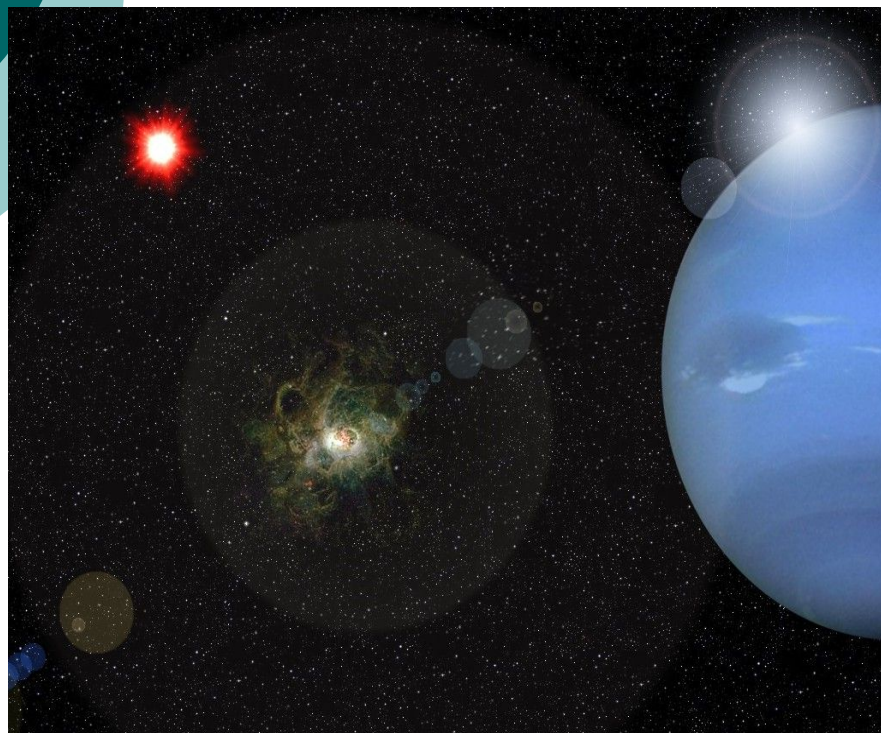
---

# Космогенные источники:

- **а)** первичное космическое излучение – заряженные частицы высокой энергии, приходящие из межзвездного пространства и из солнечной галактики, а также коротковолновое электромагнитное излучение;
- **б)** вторичное космическое излучение – ионизирующее излучение, образующееся в земной атмосфере в результате взаимодействия первичного космического излучения с атомами воздуха. Наиболее распространенными продуктами космогенной активации являются:  $^3\text{H}$ ,  $^{7,10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{32}\text{Si}$ ,  $^{32,33}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{36,39}\text{Cl}$ ;
- **в)** радиоактивные изотопы, попадающие на поверхность Земли и в ее атмосферу из космического пространства вместе с космической пылью и метеоритными частицами.

# Первичное космическое излучение:

## ○ Галактическое излучение



Протоны высоких энергий  
(79%–87%)

Атомные ядра от водорода и гелия до более тяжелых ядер лития, бериллия и др. (~10%)

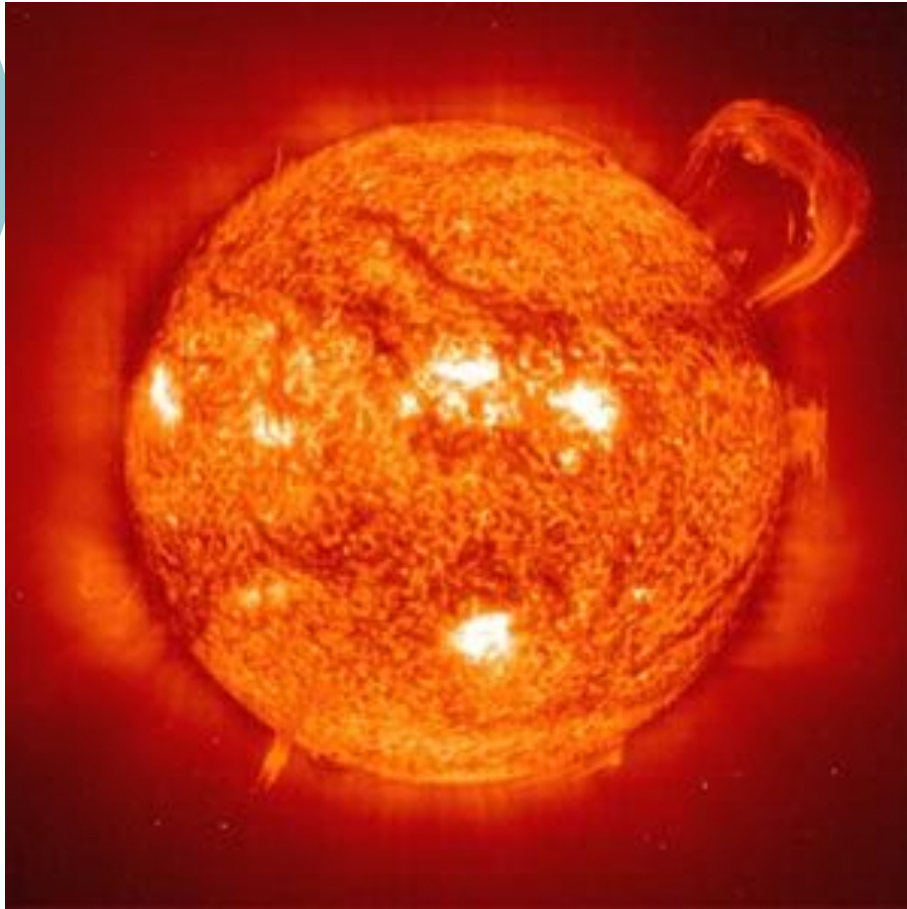
Электроны и гамма-лучи  
(~1%)

Энергия заряженных частиц:

от 3 – 15 ГэВ ( $10^9$  эВ)  
до  $10^{17}$  –  $10^{18}$  эВ.



# Солнечное излучение



Электромагнитное  
излучение (вплоть до  
рентгеновского  
диапазона)

Протоны

Электроны

Ядра гелия и других  
элементов

# ■ Метеоритный дождь

---



## Вторичное космическое излучение:

- $\mu^\pm$ -мюоны (тяжелый аналог электрона  $m=200m_e$ ) и  $\pi^\pm$ -мезоны (70%),
- электроны и позитроны (26%),
- первичные протоны (0,05%),
- гамма-кванты,
- быстрые и сверхбыстрые нейтроны,
- атомы различных элементов ( $^3\text{H}$  и  $^{14}\text{C}$ ).

# Полярное сияние

---

кислород + электрон = зеленый цвет

азот + электрон = красный цвет

высота – 100 или выше 400 км

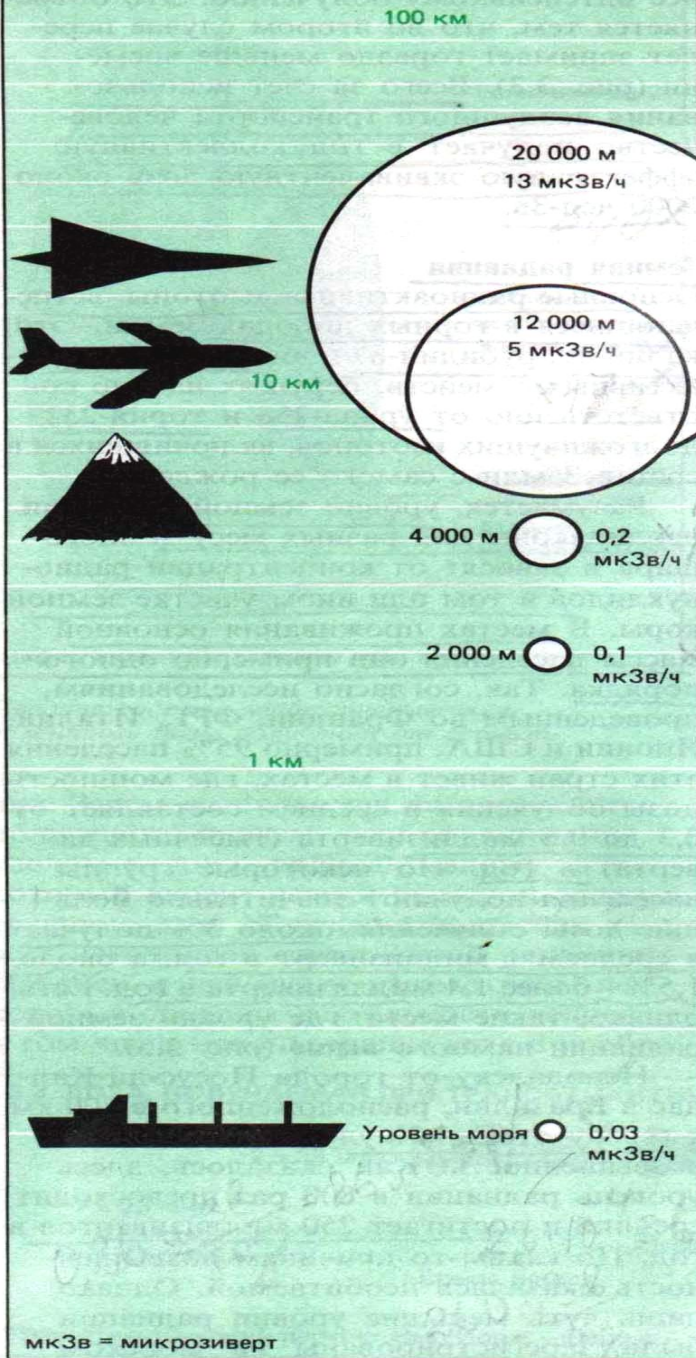


# Интенсивность космического излучения зависит от следующих факторов:

---

- величины потока галактического излучения;
- активности солнца;
- географической широты;
- высоты над уровнем моря.

### 3.4. УРОВНИ КОСМИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ



## Зависимость космического фона от высоты над уровнем моря

Высота, км	Мощность дозы, мкЗв/ч	Среднегодовая доза, мЗв
0	0,035	0,3
4	0,2	1,75
8,848 (Эверест)	1,0	8
10	2,9	
20	12,7	

## Группы лиц, наиболее подверженные действию космического излучения:

---

- жители равнин и морских побережий;
- жители высокогорья и чабаны, пасущие скот;
- пассажиры самолета, поднимающегося на высоту 10-12 км (облучение из космоса превышает естественный уровень более чем в 100 раз);
- экипажи воздушных судов;
- космонавты.



# Природные радиоактивные вещества



# Природные радиоактивные вещества:

---

- Первая группа: нуклиды радиоактивных семейств (рядов)  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  с продуктами их распада.
- Вторая группа: радиоизотопы, находящиеся в земной коре и объектах внешней среды с момента образования Земли ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{96}\text{Zn}$ ,  $^{130}\text{Te}$ ,  $^{129}\text{I}$  и др.).
- Третья группа: радиоактивные изотопы  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ , образующиеся непрерывно под действием космического излучения.

Каждый **радиоактивный ряд** представляет собой цепочку последовательных превращений, когда ядро, образующееся при распаде материнского ядра, тоже, в свою очередь, распадается, вновь порождая неустойчивое ядро и т.д.

В природе существует три **родоначальника** – уран-235, уран-238 и торий-232, и, соответственно, три радиоактивных ряда – два урановых и один ториевый.

«Вековое равновесие» – скорость распада каждого радионуклида равна скорости его образования

В природе концентрация естественных радионуклидов варьирует в широких пределах.

---

Больше всего в окружающей среде  $^{87}\text{Rb}$  и  $^{40}\text{K}$ .

Радиоактивный калий является основным радионуклидом, создающим природную активность кормов и сельскохозяйственной продукции в большинстве геохимических провинций Земли.

# Радионуклиды в атмосфере

---

- радиоактивные вещества в газообразном состоянии ( $^{222}\text{Rn}$  и  $^{220}\text{Th}$  (торон),  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ );
- радиоактивные вещества в виде аэрозолей ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и др.)

Одни и те же радионуклиды могут поступать в атмосферу как в результате природных процессов, так и вследствие технической деятельности человека (например,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ).

# Пути поступления радионуклидов в атмосферу

---

- при выветривании земных пород и разложении органических веществ;
- при диффузии из почвы в приземные слои атмосферы радона ( $^{222}\text{Rn}$ ), торона ( $^{220}\text{Th}$ ) и продуктов их распада;
- при испарении с водной поверхности;
- под действием космического излучения;
- с космической пылью ( $^{26}\text{Al}$ ,  $^{10}\text{Be}$  и др.);
- в результате деятельности человека.

# Радиоактивность атмосферы

---

Радиоактивность атмосферного воздуха  
варьирует в широких пределах

$$7,4 * 10^{-4} - 16,3 * 10^{-3} \text{ Бк/л}$$

или

$$2 * 10^{-14} - 4,4 * 10^{-13} \text{ Ки/л}$$

# Факторы, от которых зависит радиоактивность атмосферы:

---

- местоположения,
- содержания радионуклидов в материнских земных породах,
- времени года,
- состояния атмосферы,
- метеорологических условий и т.д.

# Радиоактивность земной коры и почв

---

- Радионуклиды урановых и ториевого рядов
- Калий-40, рубидий-87, кальций-48, цинк-96, йод-129 и др.



# Доза гамма-излучения разных земных пород у поверхности Земли

---

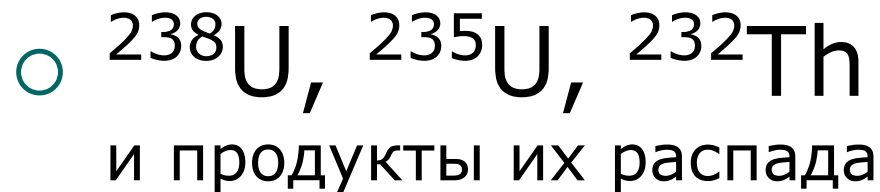
0,26 – 11,5 мГр/год (в среднем)

0,12 – 0,7 Гр/год (в некоторых районах Земли)

Например бразильский курорт Гуарапари, штат Керала в Индии – моноцитовые пески, Гуандон в Китае – вследствие выхода на поверхность Земли радиоактивных руд и пород, а также значительной примеси в почве урана и радия

# Радионуклиды в гидросфере

---




- Радионуклиды космического происхождения

# Радиоактивность гидросферы складывается из радиоактивности:

---

- атмосферных осадков,
  - речной воды,
  - озерных вод,
- подземных вод,
  - морской воды.



Содержание радиоизотопов в  
водных источниках имеет прямую

---

зависимость от степени  
минерализации воды

# Радиоактивность флоры и фауны

---

- $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  и  $^{22}\text{Na}$  являются биогенами и весьма интенсивно усваиваются растениями и животными.
- Внешние источники природного радиационного фона – космическая радиация и излучения естественных радионуклидов, рассеянных в почве, воде, воздухе, строительных и других материалах.
- Внутренние источники природной радиации, содержащиеся в самом организме и поступающие в него с пищей, водой и воздухом.

1/3 этой дозы – внешнее облучение  
2/3 дозы – внутреннее облучение

---

Суммарная доза, получаемая от природного радиационного фона людьми, колеблется в разных точках земной поверхности от 1 до 110 мЗв/год на человека

# Неравномерность природного радиационного фона на нашей планете обусловлена:

---

- Различием в концентрации природных радионуклидов в различных участках земной коры и на ее поверхности.
- Высотой местности над уровнем моря, географической широтой, вариабельностью космического излучения.
- Преимущественным потреблением определенных продуктов питания.