

# Источники ИИ и загрязнений окружающей среды РВ



Все живые существа на Земле постоянно подвергаются воздействию ионизирующей радиации путем внешнего и внутреннего облучения за счет **естественных и искусственных** источников ионизирующих излучений, которые образуют **радиационный фон.**

# 1. Естественные источники ИИ



**Естественные источники ИИ** – это есть совокупность **космического излучения, излучения от естественных радионуклидов**, рассеянных в атмосфере, литосфере, гидросфере и находящихся в составе биологических организмов: все эти излучения образуют **природный радиационный фон (ПРФ)** или **естественный радиационный фон (ЕРФ)**, средняя эффективная доза которого составляет 2000 мкЗв в год на человека.

По рекомендации Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) радиационный уровень:

10-20 мкР/ч или 0,1- 0,2 мкЗв/ч – нормальный (естественный фон);

20-60 мкР/ч или 0,2 - 0,6 мкЗв/ч – допустимый;

60-120 мкР/ч или 0,6 -1,2 мкЗв/ч – повышенный.

**Искусственные источники ИИ** – это совокупность ИИ и РВ, образующихся в результате ядерных взрывов, деятельности атомных электростанций, извлечения полезных ископаемых из недр Земли, применения ИИ и РВ в медицине, науке, в других отраслях хозяйственной деятельности человека. Совокупность этих источников составляет **искусственный радиационный фон – ИРФ**, который в настоящее время в целом по земному шару добавляет к ЕРФ лишь 1-3 %.



# Схема воздействия на человека ионизирующей радиации (ИИ)

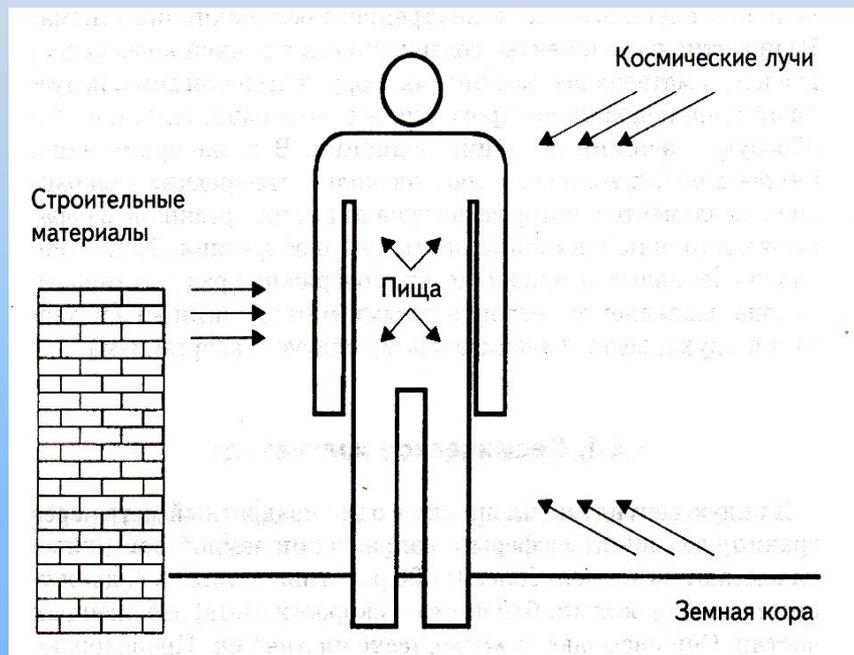


Рис. 7. Иллюстрация действия основных компонентов естественного радиационного фона: а) космических лучей; б) радиоактивности земной коры; в) радиоактивности, исходящей из строительных материалов; г) радиоактивности, содержащейся в пище.

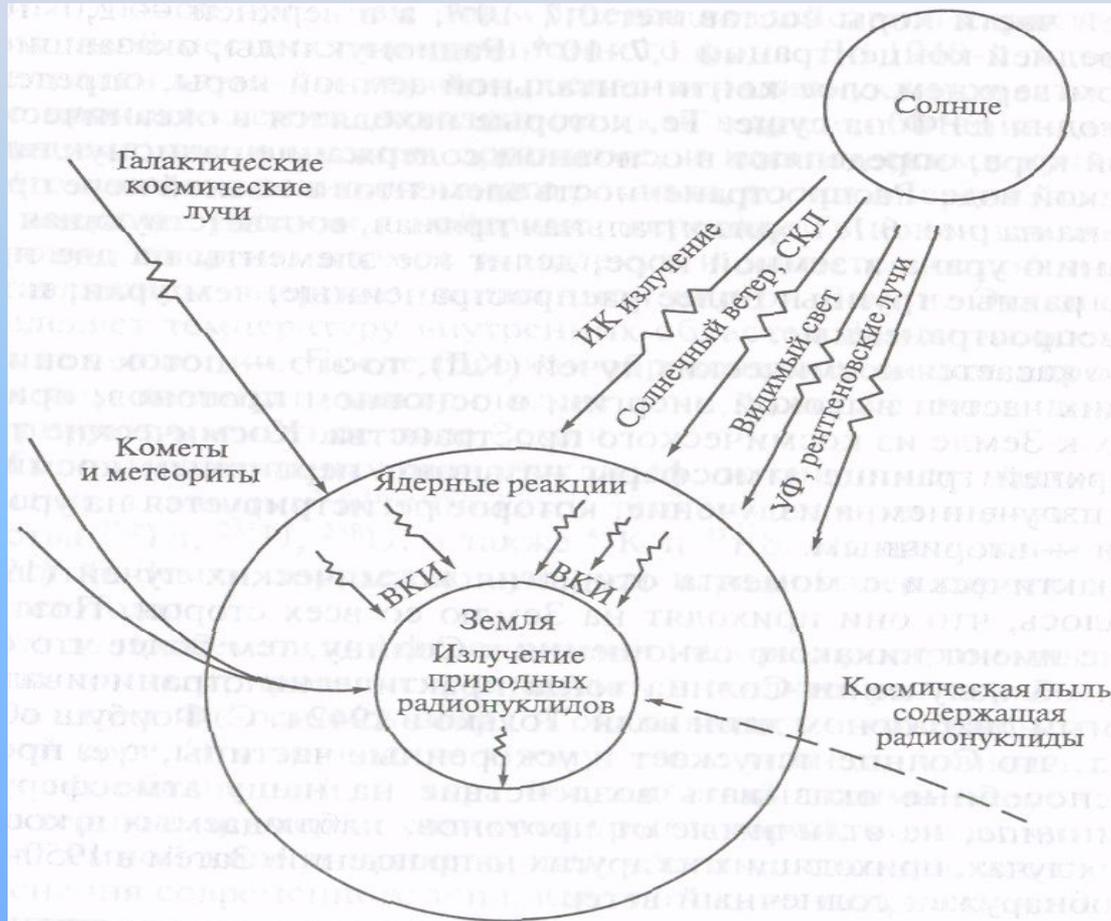


Рис. 11. Искусственные источники радиации, воздействующие на человека.

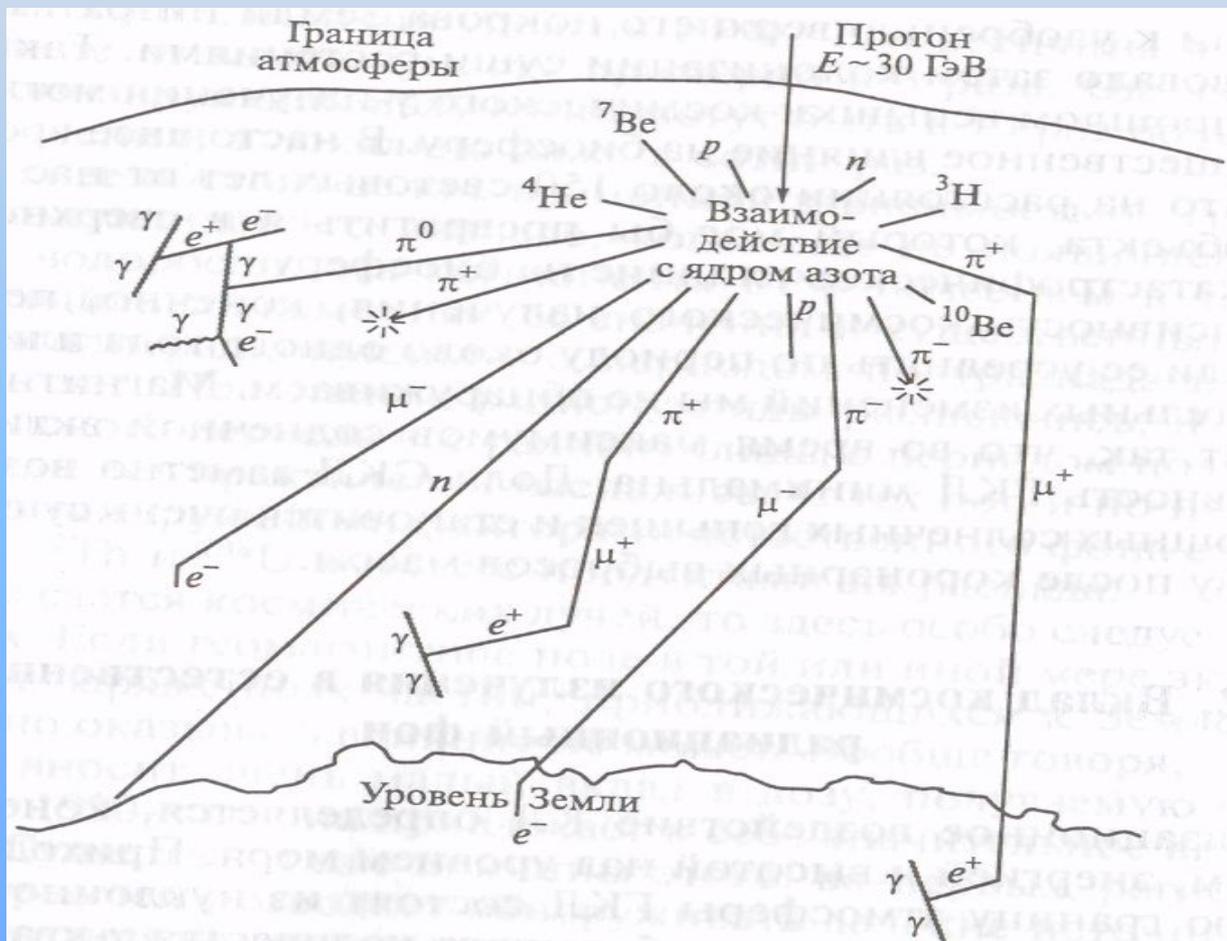
# 1. Космическое излучение:

- ▣ **первичное космическое излучение** - это ИИ, непрерывно падающее на поверхность Земли из космического пространства; состоит из: протонов – 92 %, альфа-частиц – 7 %, ядер атомов лития, бериллия, углерода, азота и кислорода и др.
- ▣ **вторичное космическое излучение** - ИИ образующееся в земной атмосфере в результате взаимодействия первичного космического излучения с атомами воздуха (N; O; C и др.) состоит из электронов, нейтронов, мезонов и фотонов; максимум его интенсивности находится на высоте 20-30 км, на уровне моря интенсивность излучения составляет около 0,05 % от первоначального.

# Источники естественного радиационного фона (ЕРФ)



Схематическое представление взаимодействия протона (первичное космическое излучение) с ядром атома азота воздуха (вторичное космическое излучение):  $p$  – протон,  $n$  – нейтрон,  $e^-$  – электрон,  $e^+$  – позитрон,  $\lambda$  – фотон,  $\pi$  – пион,  $\mu$  – мюон.



## Глубина проникновения различных видов излучения в организмы млекопитающих



## 2. Природные радиоактивные вещества -

рассеяны в атмосфере, гидросфере, почве и в биологических организмах.

*Они представлены 3 группами радиоактивных веществ:*

□ естественные радионуклиды -  $^{40}\text{K}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ , лантаноиды и др.,

□ радионуклиды  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ , образующимися под действием космических лучей из атмосферного воздуха.

□ естественные радиоактивные семейства  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  и их дочерние продукты распада;

Наиболее распространенными радиоактивными изотопами земной коры являются  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{40}\text{K}$ , уран, торий, радий и их дочерние продукты распада, особенно радиоактивные газы: радон-220, радон-222, актинон-219.

## Концентрация некоторых радионуклидов и мощности поглощенных доз в почвах различных типов

Типы почв	Концентрация, пКи/г			Мощность поглощенной дозы, мкрад/ч
	$^{40}\text{K}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	
Серозем	18	0,85	1,3	7,4
Серо-коричневая	19	0,75	1,1	6,9
Каштановая	15	0,72	1,0	6,0
Чернозем	11	0,58	0,97	5,1
Серая лесная	10	0,48	0,72	4,1
Дерново-подзолистая	8,1	0,41	0,60	3,4
Подзолистая	4,0	0,24	0,33	1,8
Торфянистая	2,4	0,17	0,17	1,1
Среднее	10	0,7	0,7	4,6
Пределы колебаний	3-20	0,3-1,4	0,2-1,3	1,4-9

Наибольшее биологическое значение имеет радионуклид  $^{87}\text{Rb}$ , на втором месте по количеству занимает радиоизотоп  $^{40}\text{K}$ , но радиоактивность  $^{40}\text{K}$  в земной коре превышает радиоактивность суммы всех других естественных радиоактивных элементов за счет того, что распад  $^{40}\text{K}$  сопровождается жестким бета- и гамма-излучением, а  $^{87}\text{Rb}$  характеризуется мягким бета-излучением и имеет длительный период полураспада. Содержание радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  на порядок меньше, чем  $^{87}\text{Rb}$  и  $^{40}\text{K}$ .

Радионуклид  $^{40}\text{K}$  широко рассеян в почве и прочно удерживается глинами, содержится в растениях, особенно много его в бобовых культурах (зерно и вегетативная часть) – горохе, бобах, фасоли, сое, люцерне, клевере и др. Концентрация радионуклидов урана и тория в десятки и сотни, а радия в миллионы раз меньше по сравнению с содержанием радиоактивного калия.

Радиоизотоп калий-40 накапливается в пищевых продуктах растительного и животного происхождения в разной степени.

# Содержание $^{40}\text{K}$ в пищевых продуктах

Продукт	мкг/кг	Продукт	мкг/кг
Хлеб ржаной	2420	Мясо говяжье	3380
Макароны	1300	Сало свиное	1690
Крупа гречневая	130	Рыба	2620
Рис	700	Фрукты сушеные	3000
Горох	9070	Картофель	4490
Мука пшеничная	860	Капуста	3300
Молоко парное	1430	Свекла	3530
Масло сливочное	140	Морковь	2870
Творог	3720	Лук	1510
Сыр	890	Шоколад	5630
		Какао	11110

## Естественные радиоактивные изотопы, не входящие в радиоактивные семейства

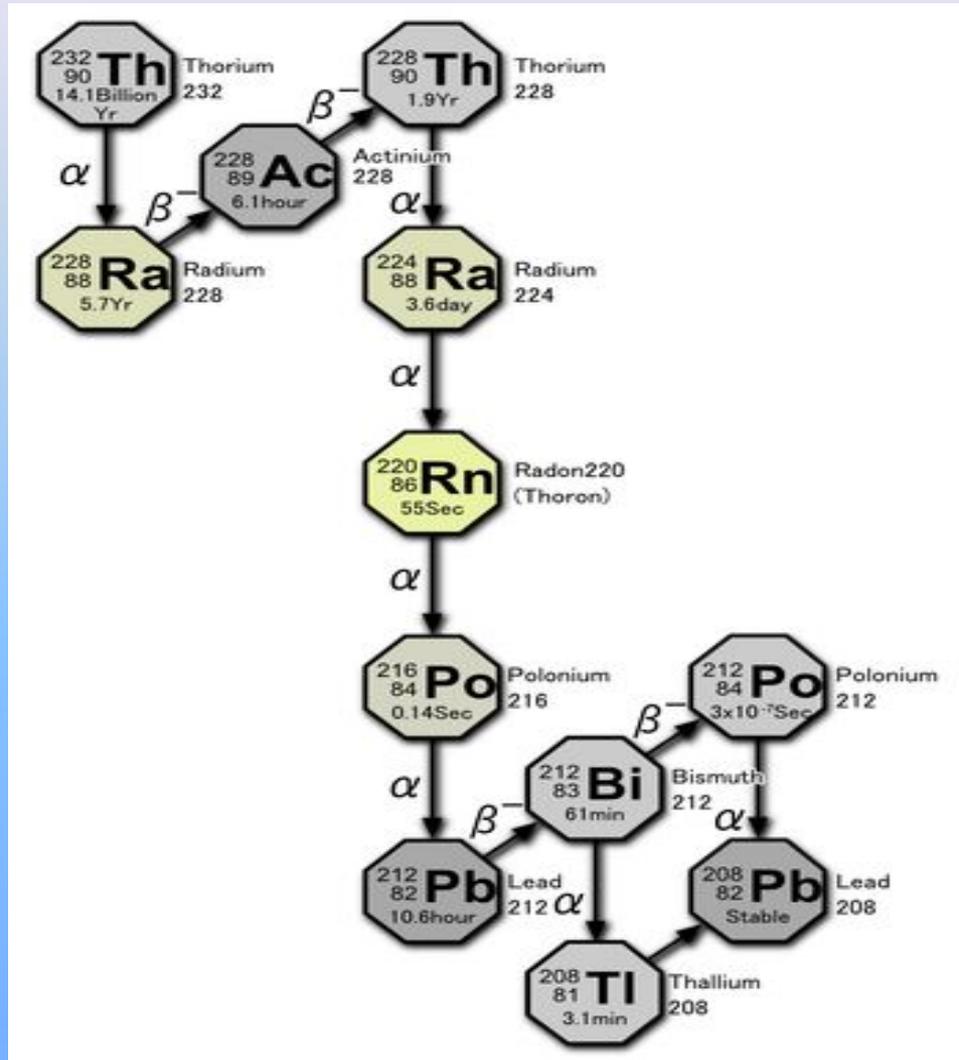
Изотопы	Символ	Атомный номер	Массовое число	Период полураспада, год	Тип распада
Калий-40	K	19	40	$1,3 \times 10^9$	бета
Углерод-14	C	6	14	5730	бета
Рубидий-87	Rb	37	87	$5,8 \times 10^{10}$	бета
Самарий-147	Sm	62	147	$6,7 \times 10^{11}$	альфа
Лютеций-176	Lu	71	176	$2,4 \times 10^{10}$	бета
Рений-187	Re	75	187	$4 \times 10^{12}$	бета

**Три основных естественных радиоактивных семейства (ряда), наблюдающихся в природе, называются:**

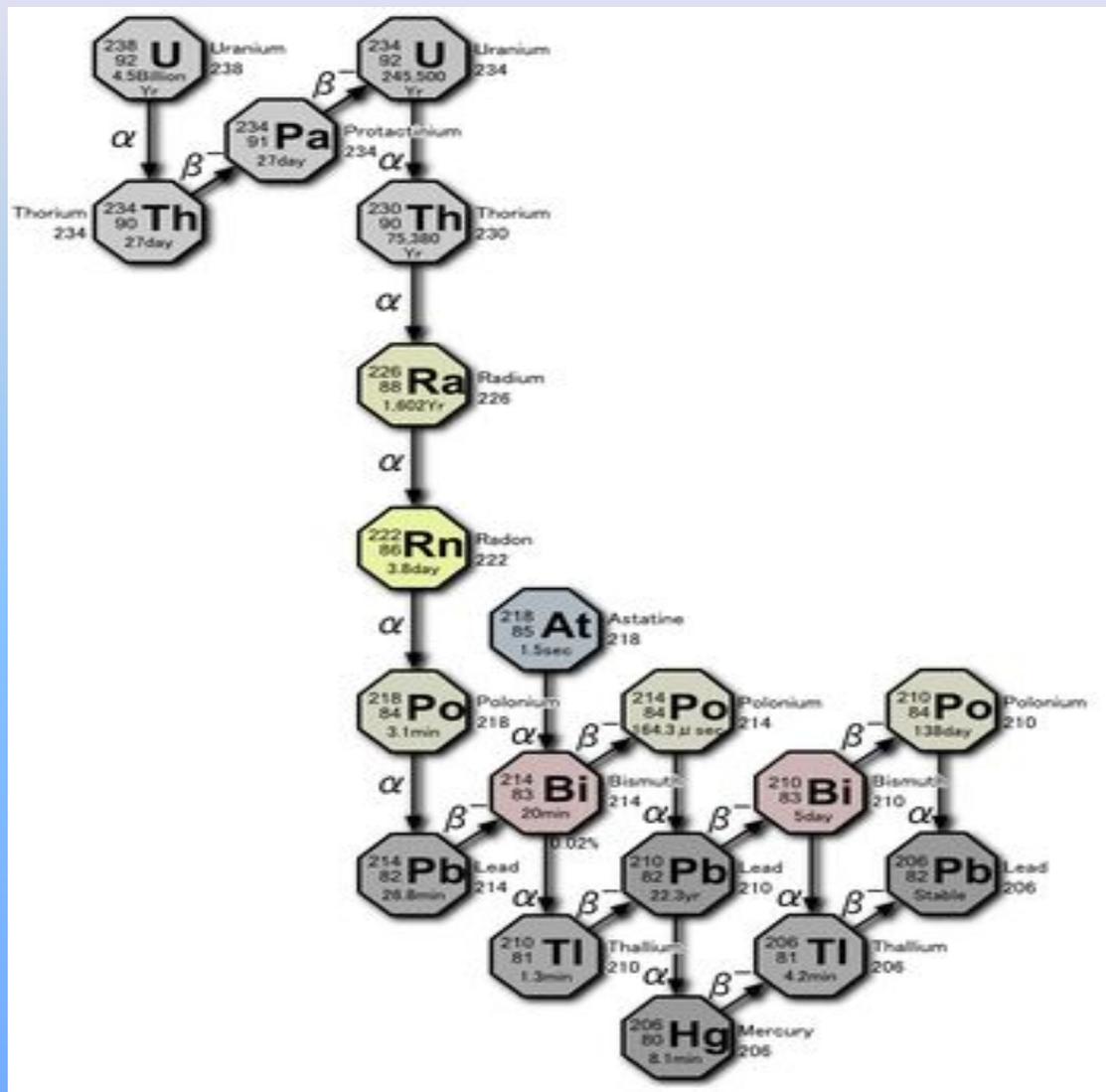
- семейством (рядом) тория ( $^{232}_{90}\text{Th}$ );
- семейством (рядом) урана - радия ( $^{238}_{92}\text{U}$  и  $^{226}_{88}\text{Ra}$ );
- семейством (рядом) актиноурана ( $^{235}_{92}\text{U}$ );
- семейством (рядом) нептуния  $^{237}_{93}\text{Np}$ .

Каждый из этих рядов заканчивается образованием различных стабильных изотопов свинца.

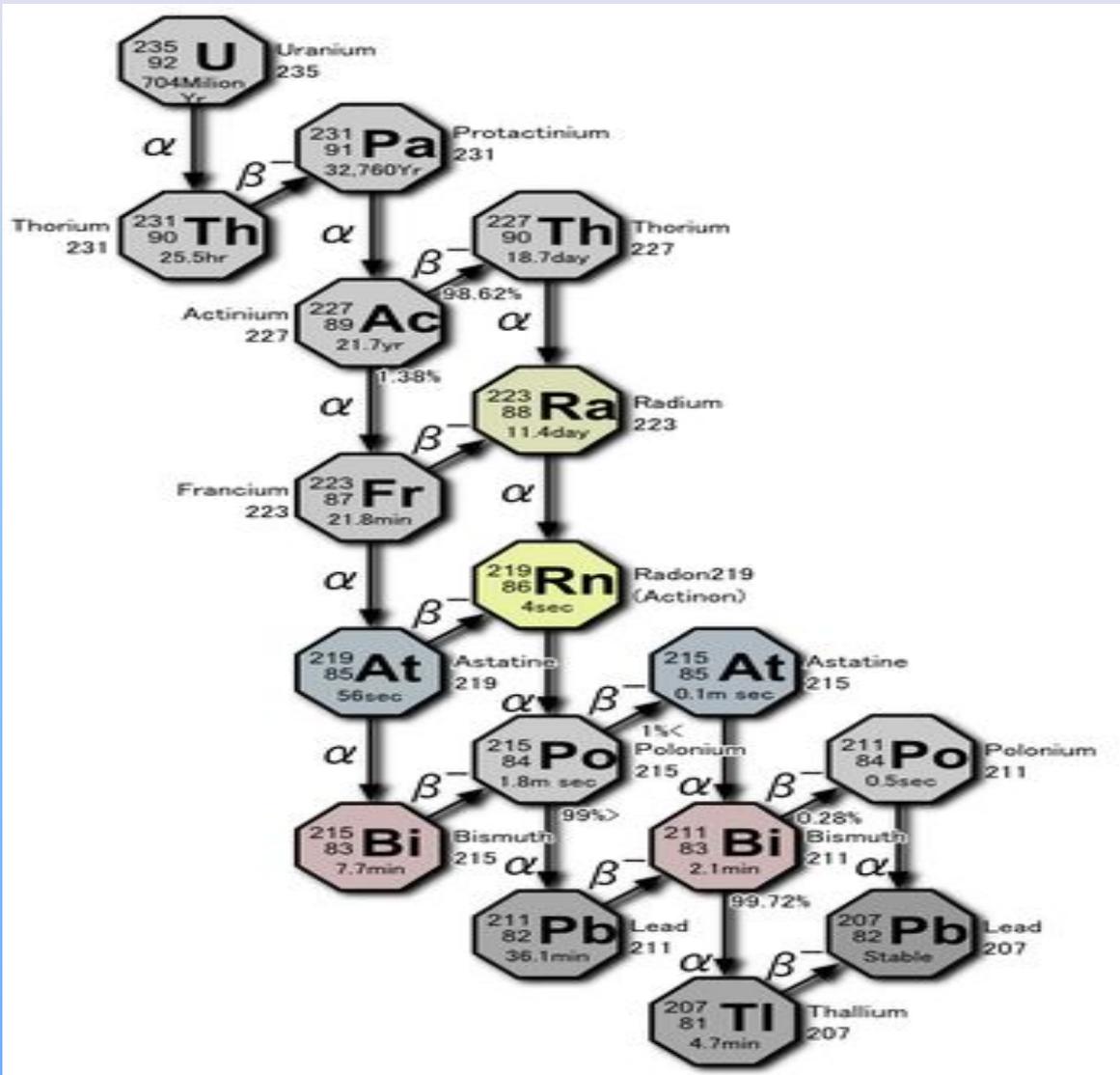
# Схема распада РН ряда тория - $^{232}_{90}\text{Th}$



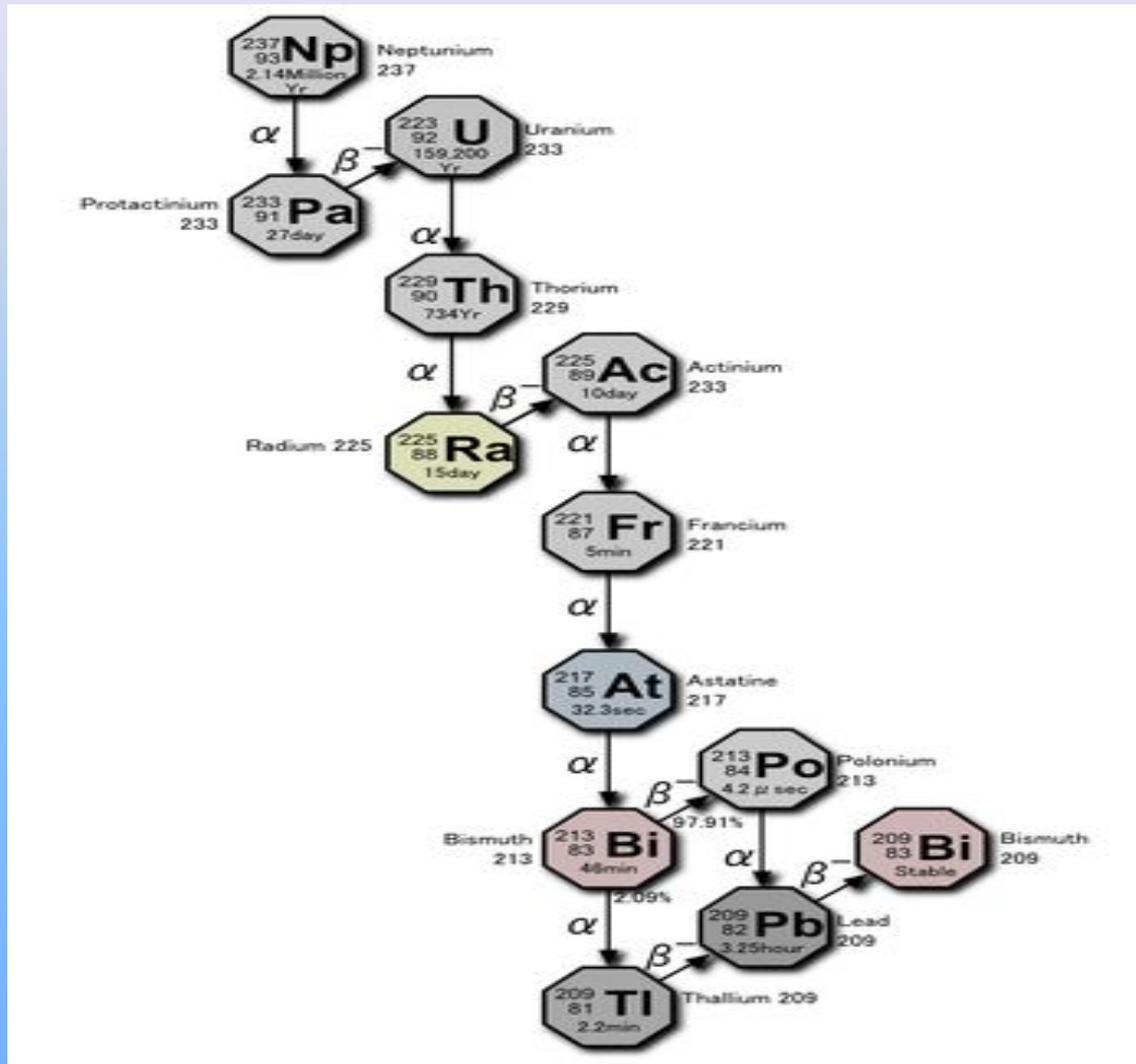
# Схема распада РН ряда урана-радия $^{238}_{92}\text{U}$ и $^{226}_{88}\text{Ra}$ )



# Схема распада РН ряда актиния (актиноурана $^{235}_{92}\text{U}$ )



# Схема распада РН ряда нептуния $^{237}_{93}\text{Np}$



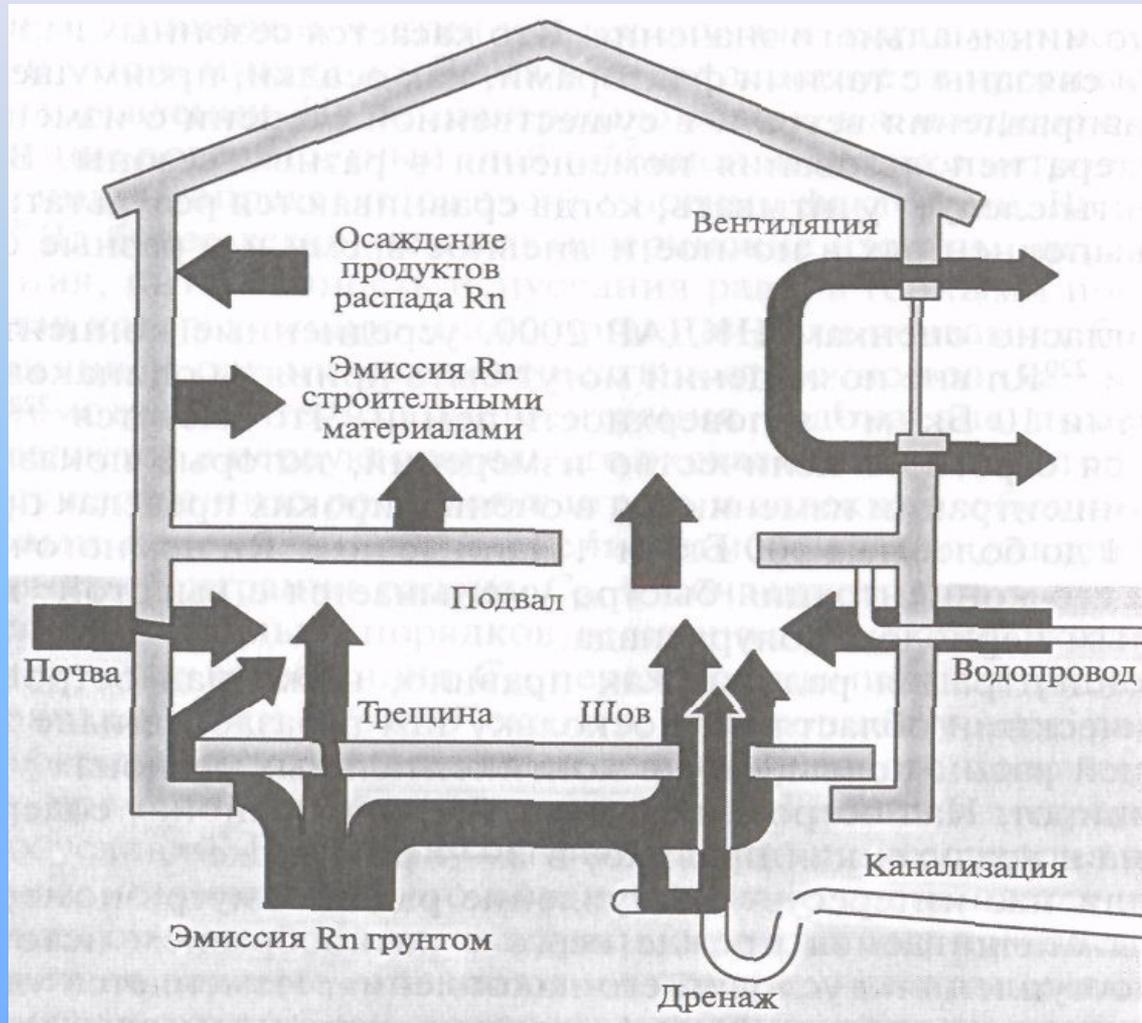
Продукты распада радиоактивных изотопов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  - это газообразные радон  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{220}\text{Rn}$  и др. Они ответственны за 75 % годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы, получаемой населением от земных источников радиации и за 50 % дозы от всех естественных источников радиации.

Радон выделяется из земной коры повсеместно, но уровень ИИ в закрытом, непроветриваемом помещении выше в 8 раз, чем в наружном воздухе.

# Источники поступления радона

- поступление из почвы, фундамента, перекрытия; высвобождение из строительных материалов жилых помещений составляет 60 кБк/сут.,
- из наружного воздуха проникает 10 кБк/сут.,
- высвобождается из воды, используемой в бытовых целях – 4 кБк/сут.,
- выделяется из природного газа при его сгорании – 3 кБк/сут.

## Источники и пути поступления радона в одноэтажном доме



## Средняя удельная радиоактивность строительных материалов

Вид строительного материала	Удельная радиоактивность, Бк/кг
Дерево	1,1
Природный гипс	29
Песок и гравий	34
Портланд – цемент	45
Кирпич	126-840
Гранит	170
Зольная пыль	341
Глинозем	496-1367
Фосфогипс	574
Кальций-силикатный шлак	2140
Отходы урановых обогатительных предприятий	4625
Шлак из доменной печи	330
Известь	20-30
Бетон из обычных материалов	180-200
Бетон, содержащий глинистые сланцы (Швеция)	480

Примечание. В таблице представлены материалы НКДАР ООН, 1982 г.

# Нормативы равновесной концентрации радоны в воздухе жилых помещений (Бк/м<sup>3</sup>)

Страна	Существующие здания	Проектируемые здания
Швеция	100	100
Финляндия	400	100
США	80	-
Канада	400	-
Германия	200	-
Великобритания	200	-
Россия	200	100
МКДАР (рекомендации)	200	100

В качестве других источников земной радиации следует назвать каменный уголь, фосфаты и фосфорные удобрения, природный газ, водоемы и др.

В целом естественные источники ИИ ответственны примерно за 90 % годовой эффективной эквивалентной дозы облучения, из которой на долю земных источников приходится  $\frac{5}{6}$  частей (в основном за счет внутреннего облучения), на долю космических источников –  $\frac{1}{6}$  часть (в основном путем внешнего облучения).

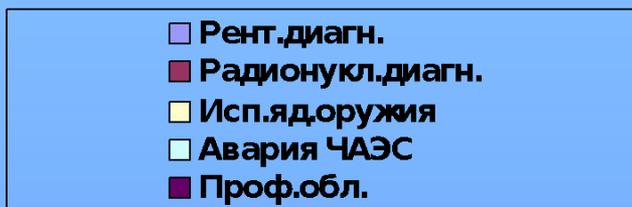
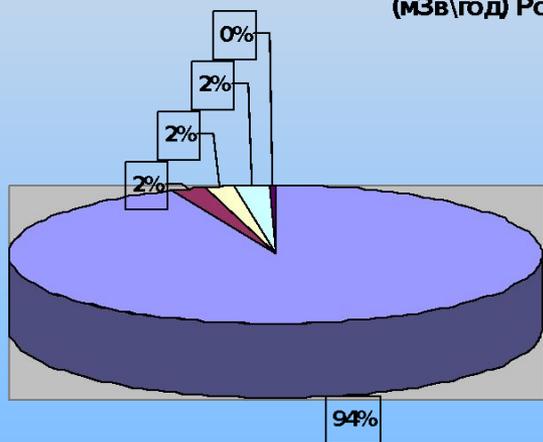
# Эффективные эквивалентные дозы человека

## от природных (естественных) источников ИИ

Источники радиации	Среднемировые данные		Россия	
	мЗв\год	%	мЗв\год Д	%
Космические лучи	0,355	14,8	0,320	10,9
Гамма-излучение Земли	0,410	17,1	0,410	14,0
Внутреннее облучение	0,355	14,8	0,362	12,3
Излучение стройматериалов (радон)	1,280	53,3	1,850	62,8
<b>ИТОГО</b>	<b>2,400</b>	<b>100</b>	<b>2,942</b>	<b>100</b>

# Доля разных источников излучения в облучении человека

Эффект.экв.дозы человека от искусст.источников (мЗв\год) Россия



Эфф.экв.дозы человека от природных источников, мЗв\год (Россия)

