КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической и ядерной физики

«Радиологические измерения»

Лекция 1. Источники ионизирующих излучений.

и.о. доцента кафедры
теоретической и ядерной физики
PhD Зарипова Ю.А.

Цель лекции: сформировать у обучающихся представление об источниках ионизирующих излучений, их классификации и происхождении, раскрыть роль естественных и искусственных источников в формировании радиационного фона и облучении человека.

Результаты обучения:

По завершении лекции обучающийся будет способен:

1. Классифицировать источники ионизирующих излучений по происхождению и характеризовать их основные особенности.
2. Описывать основные компоненты естественного радиационного фона, включая земные и космические источники излучения.
3. Объяснять механизмы внешнего и внутреннего облучения человека и роль природных радионуклидов, в том числе радона.
4. Характеризовать вклад различных источников излучения в формирование годовой дозы облучения человека.

Радиоактивность в природе

- **Примордиальные – существует с момента создания Земли**
- **Космогенные - образуются в результате взаимодействия космических лучей**
- **Произведено человеком - усиленно или сформировано в результате действий человека**

Примордиальные Нуклиды

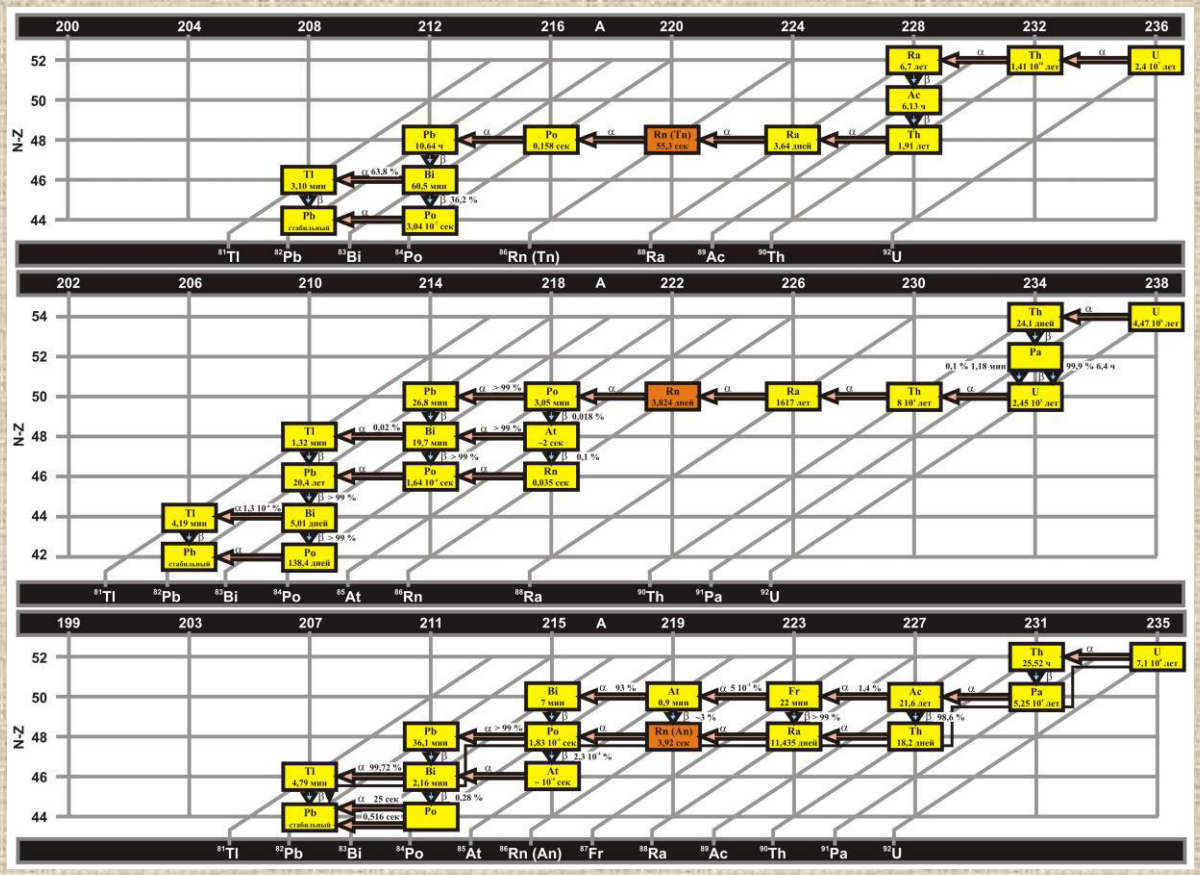
Нуклид	Период полураспада	Естественная радиоактивность
^{235}U	7.04×10^{8} лет	0,711% всего природного урана
^{238}U	4.47×10^{9} лет	99,275% всего природного урана U; от 0,5 до 4,7 частей на миллион общего U в обычных породах
^{232}Th	1.41×10^{10} лет	от 1,6 до 20 частей на миллион в обычных породах

Примордиальные Нуклиды

Нуклид	Период полураспада	Естественная радиоактивность
^{226}Ra	1,600 лет	16 Бк / кг в известняке и 48 Бк / кг в вулканической породе
^{222}Rn	3.82 дней	Благородный газ; среднегодовые концентрации в воздухе в США от 0,6 до 28 Бк/м^3
^{40}K	1.28 x 10^9 лет	От 0,037 до 1,1 Бк/г в почве

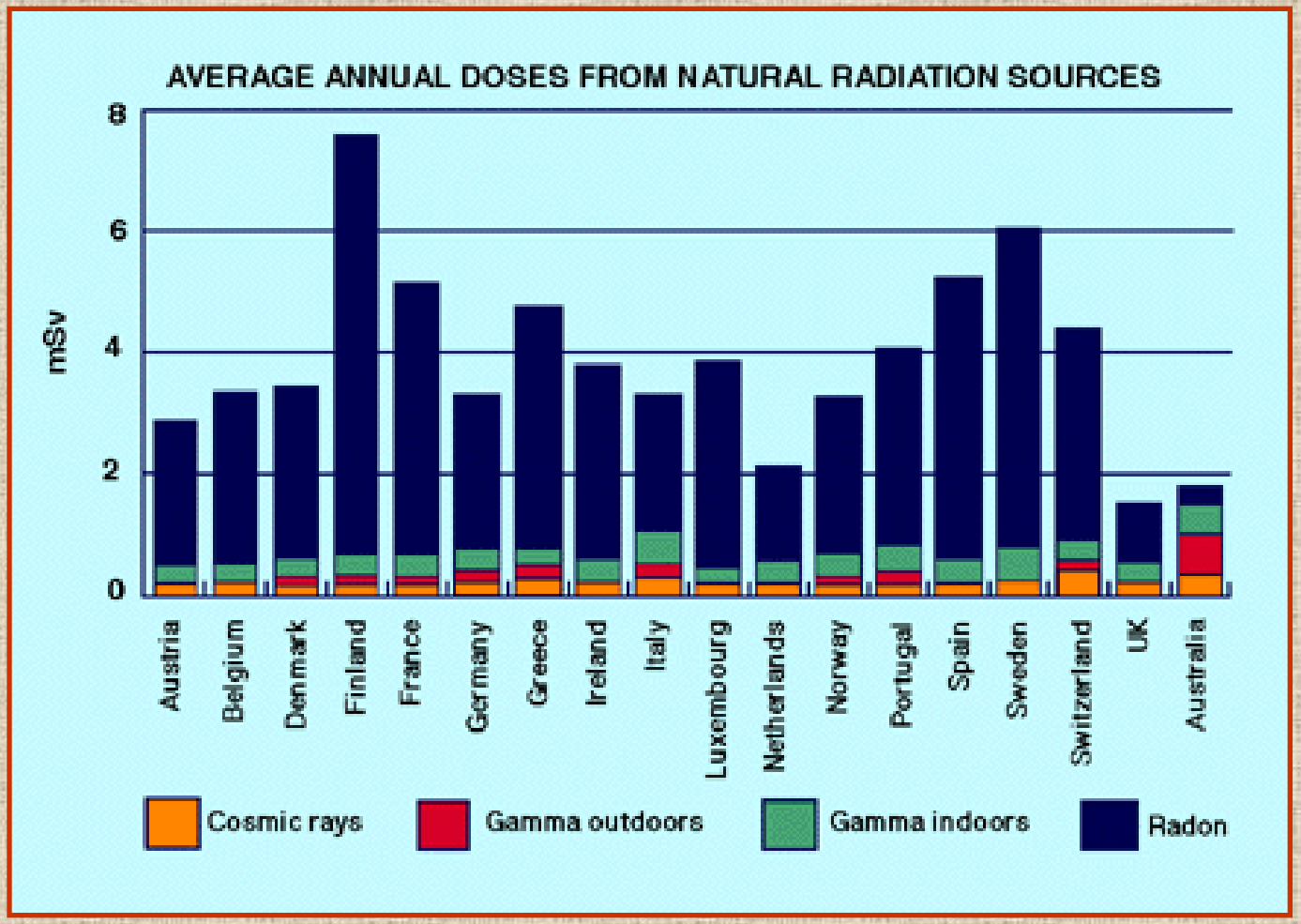
Радиационный фон

- В природе существуют три «цепочки» радиоактивного распада :
  - урановый ряд, начиная с ^{238}U
  - серия тория, происходящая из ^{232}Th
  - актиниевый ряд, происходящий от ^{235}U

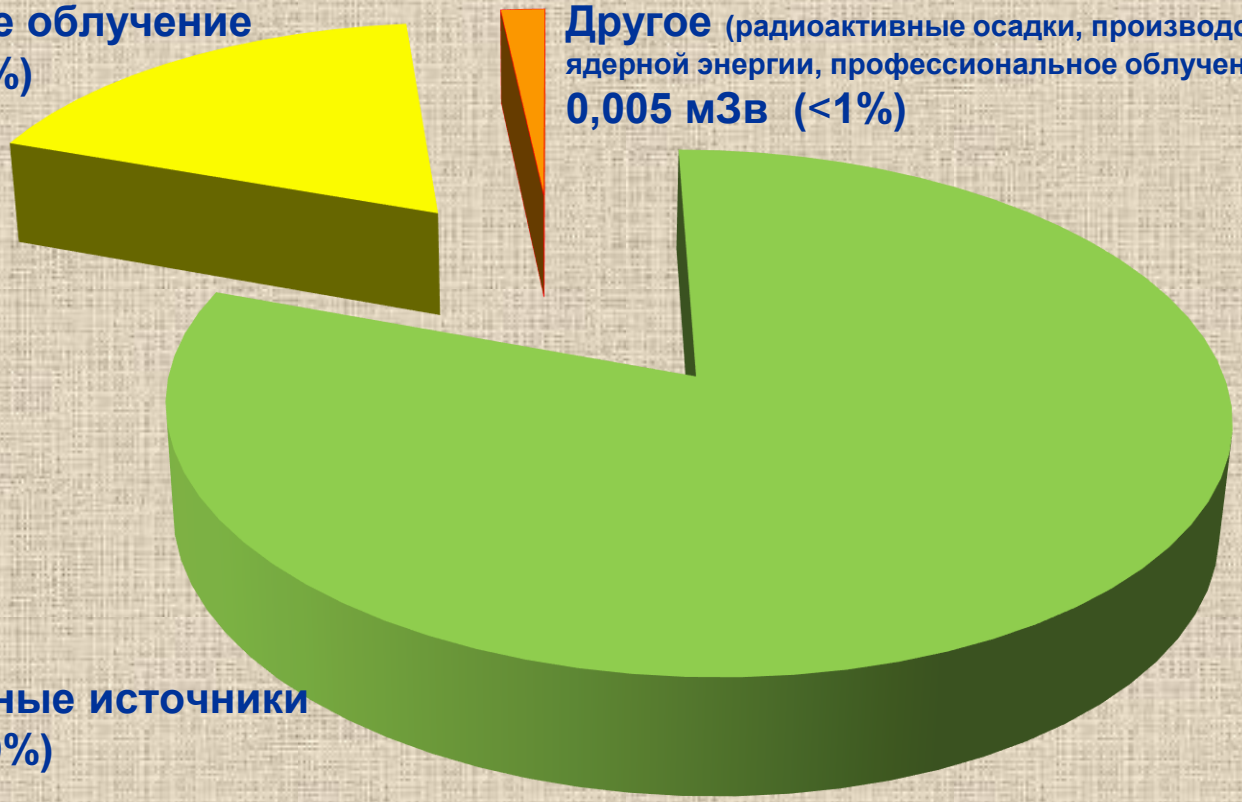


- Когда-то давно существовала также серия нептуния, которая возникла из ^{241}Pu, период полураспада которой составлял всего 14 лет. Единственным оставшимся членом этого ряда является ^{209}Bi с периодом полураспада 2E18 лет.

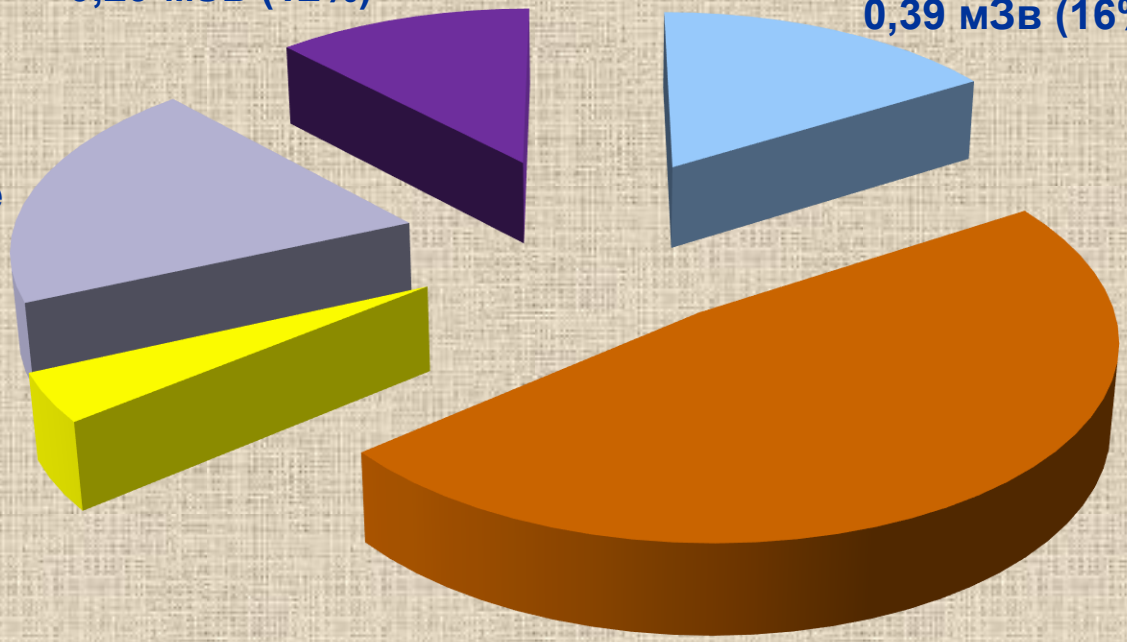
Статистика естественного радиационного фона по странам



Средняя годовая доза облучения населения



Средняя годовая доза облучения от природных источников



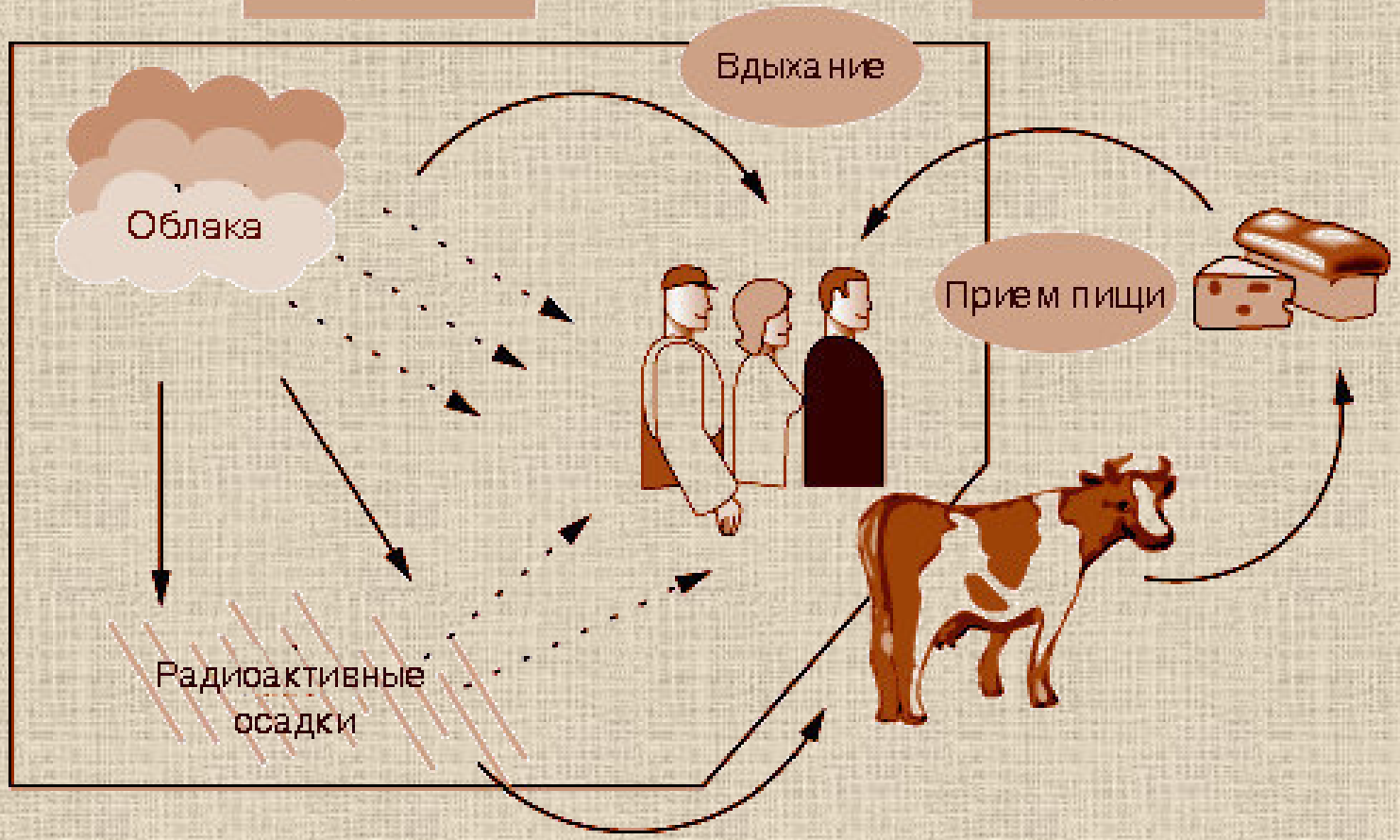
Человек подвергается облучению двумя способами:

Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи -

Внешнее облучение

Радиоактивные вещества могут оказаться в воздухе, которым дышит человек, в пище или в воде и попасть внутрь организма -

Внутренне облучение



Облучению от естественных источников радиации подвергается любой житель Земли, однако одни из них получают большие дозы, чем другие.

Радиационный фон в пределах:

0,1 – 0,2 мкЗв/ч (10 – 20 мкР/ч) считается *нормальным;*

0,2 – 0,6 мкЗв/ч (20 – 60 мкР/ч) считается *допустимым;*

0,6 – 1,2 мкЗв/ч (60 – 120 мкР/ч) считается *повышенным.*

Высота над уровнем моря	Радиационный фон
- уровень моря (нулевая отметка)	3 - 6 мкР/ч
- Республика Беларусь (2 000 м)	10 - 20 мкР/ч
- Кавказ (4 000 м)	30 - 40 мкР/ч
- Гималаи (6 000 м)	до 100 мкР/ч
- Самолет (12 000 м)	500 мкР/ч

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ

Естественный (природный) радиационный фон
2,42 мЗв/год

Природный радиационный фон

Космические излучения
0,39 мЗв/год

Технологически измененный естественный радиационный фон

- **Тепловая энергетика**
- **Индустрия строительных материалов и т.д.**

Излучения земного происхождения
2,03 мЗв/год
0,48 мЗв/год – внешнее облучение;
1,55 мЗв/год - внутреннее облучение



Космические излучения – 0,39 мЗв/год

Солнечные излучения

Галактические излучения

поток частиц, падающих в земную атмосферу и идущих из глубины космоса со скоростью света.

рождаются на Солнце во время солнечных вспышек



Первичное излучения

состоит из протонов 92 %, альфа-частиц 6 %, ядра легких элементов (Li, Be, B, C, N, O, F), электроны, нейтроны и фотоны - 2 %.

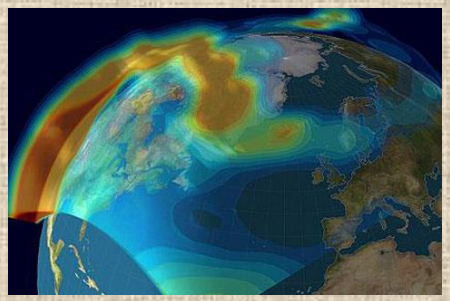
Вторичное излучения - 0,38 мЗв/год (внешнее облучение)

образуется в результате ядерных взаимодействий между первичным излучением с ядрами атомов, входящих в состав земной атмосферы.

У поверхности Земли состоит в основном из фотонов, электронов, позитронов, других ядерных частиц, а также небольшой доли нейтронов.

Космогенные радионуклиды - 0,01 мЗв/год (внутреннее облучение)

образуются в результате взаимодействия первичного и вторичного излучений с ядрами элементов атмосферы.



$^{3}_{1}H$ $^{10}_{4}Be$ $^{14}_{6}C$ $^{22}_{11}Na$ $^{24}_{11}Na$ $^{35}_{16}S$ $^{36}_{17}Cl$ $^{39}_{17}Cl$

и другие.

Излучения земного происхождения
2,03 мЗв/год
0,48 мЗв/год – внешнее облучение;
1,55 мЗв/год - внутреннее облучение

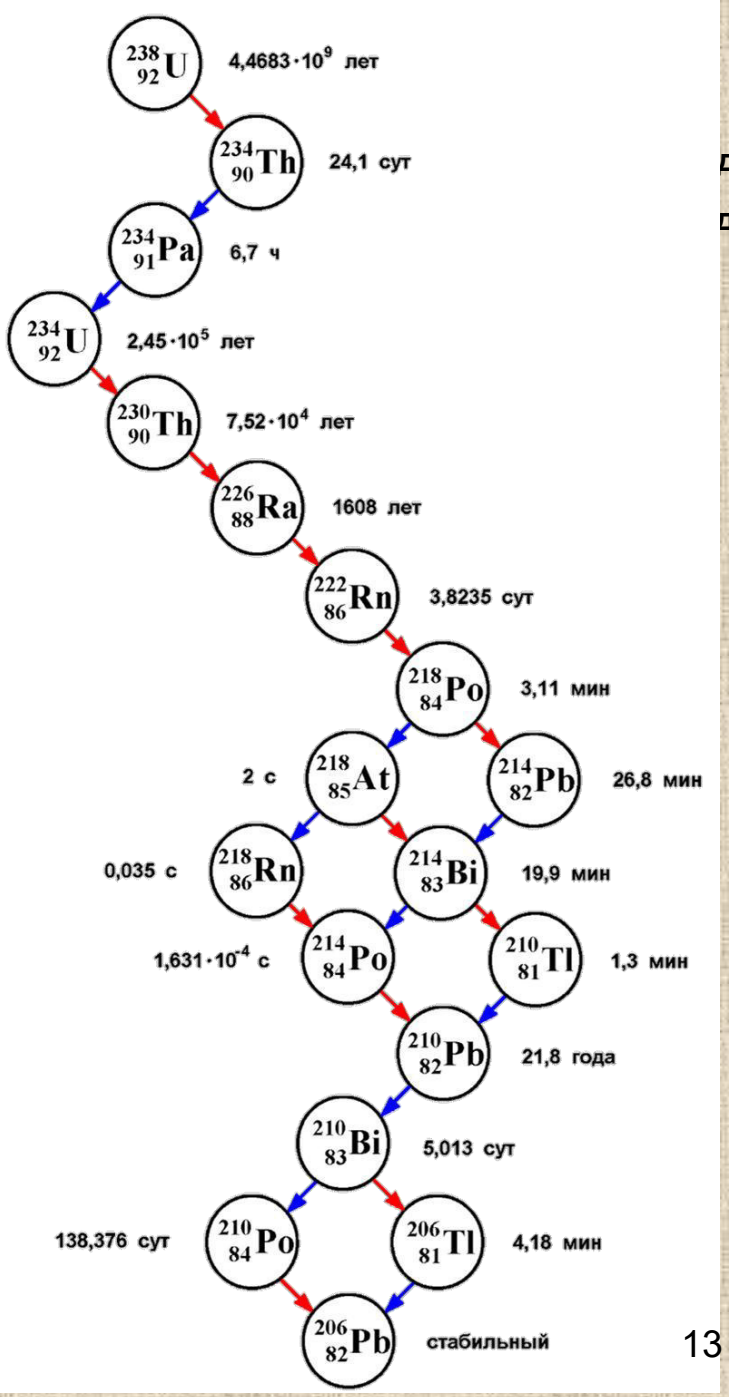
Первая группа естественных радионуклидов:

радионуклиды уранорадиевого и ториевого семейств, которые берут свое начало от урана-238 и тория-232

(всего 82 радионуклида)

1,58 мЗв/год

Вклад радона-222 и торона-220
1,25 мЗв/год



Вторая группа естественных радионуклидов:
это 11 долгоживущих радионуклидов, находящихся вне этих семейств
(калий-40, кальций-48, рубидий-87, цирконий-96, индий-115, лантан-138, церий-142, неодим-144, самарий-147, лютеций-178, рений-187)

0,45 мЗв/год

$^{40}_{19}K$ $^{48}_{20}Ca$ $^{87}_{37}Rb$ $^{96}_{40}Zr$

$^{115}_{49}In$ $^{138}_{57}La$ $^{142}_{58}Ce$

$^{144}_{60}Nd$ $^{147}_{62}Sm$ $^{178}_{71}Lu$ $^{187}_{75}Re$

Калий-40 - период полураспада равен $1,4 \cdot 10^9$ лет.
Внешнее / Внутреннее облучение
0,12 / 0,18 (мЗв/год)

Rn – (радон) находится в восьмой группе периодической таблицы химических элементов и представляет собой инертный одноатомный газ не имеющий вкуса и запаха, в 7,5 раза тяжелее воздуха.

Имеется три изотопа (α- излучатели):

^{219}Rn (актинон) – производное ^{235}U;

^{220}Rn (торон) – производное ^{232}Th;

^{222}Rn (радон) – производное ^{238}U.

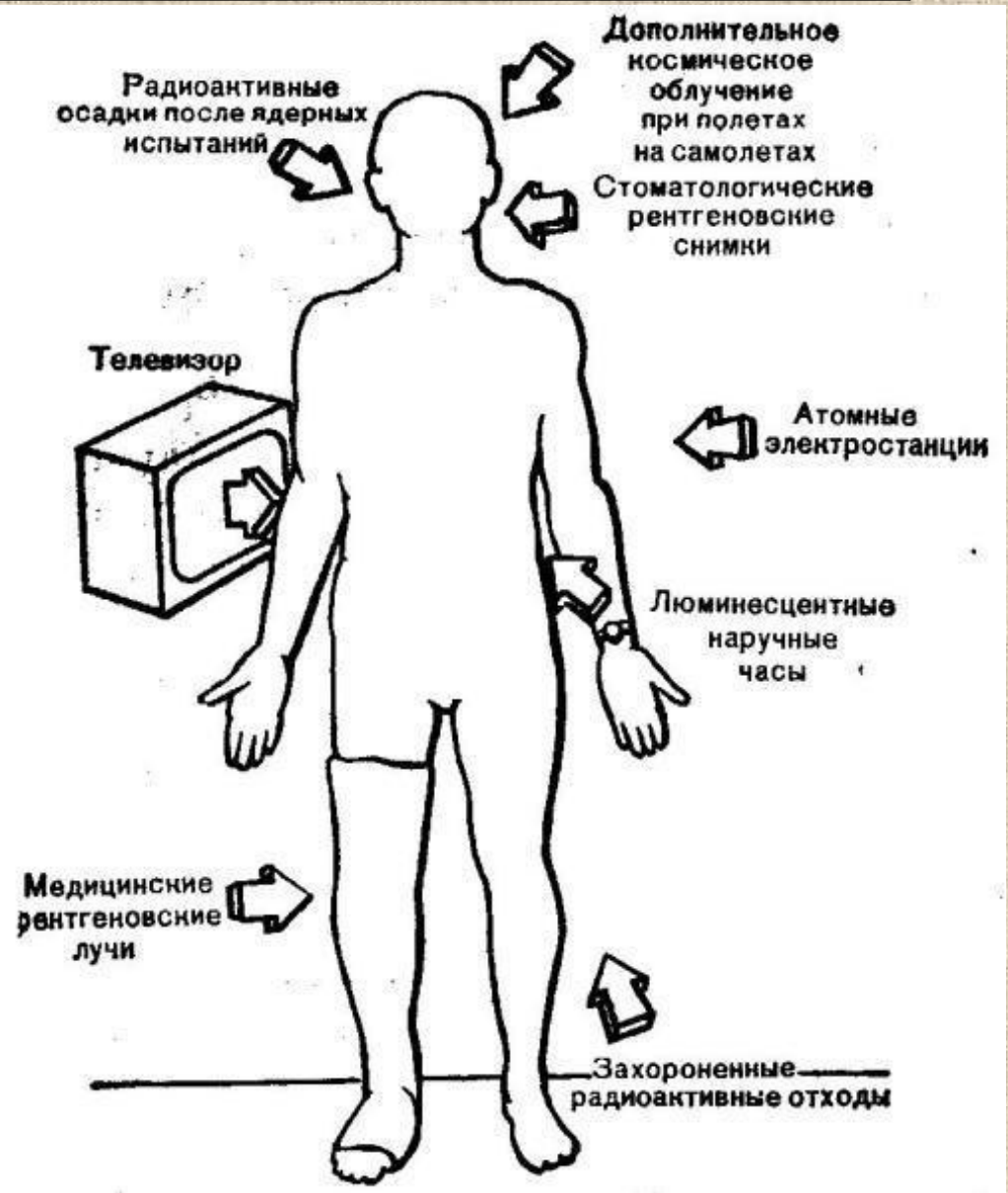
Наибольшую значимость имеют изотопы ^{220}Rn и ^{222}Rn. Образование их зависит от концентрации в материалах ^{228}Ra и ^{226}Ra. Их много в горных породах, особенно в гранитах.

Механизм перемещения – молекулярная диффузия, активный перенос в горизонтальном направлении воздуха.

2. Искусственные источники ионизирующих излучений.

Искусственный радиационный фон - 0,421 мЗв/год

- **Медицинские процедуры - 0,4 мЗв/год**
- **Радиоактивные осадки (испытания ядерного оружия) - 0,02 мЗв/год**
- **Атомная энергетика - 0,001 мЗв/год**





Строительные материалы

- Традиционные строительные материалы – дерево, кирпич, бетон имеют низкую актив-ность, содержат уран и торий. Доза при проживании в деревянном доме - 0,5 в кирпичном -1,0 и в бетонном -1,7мЗв/год.
- Допустимые уровни удельной активности:- при Ам менее 370 Бк/кг стройматериалы используют без ограничений; при 370-740 Бк/кг в дорожном строительстве на территории населенных пунктов.

Дозы, получаемые от различных источников излучения

Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза
Полет в течении одного часа на сверхзвуковом самолете (высота полета 18–20 км)	10-30 мкЗв
Полет в течении 1 сут на орбитальном космическом корабле (без вспышек на солнце)	0,18-0,35 мЗв
Прием радоновой ванны	0,01-1 мЗв
Флюорография	0,1-0,5 мЗв
Рентгеноскопия грудной клетки	0,1-1 мЗв
Рентгенография зубов	0,03-3 мЗв
Рентгеновская номография	5-100 мЗв
Рентгеноскопия желудка, кишечника	0,1-0,25 мЗв
Лучевая гамма-терапия после операции	0,2-0,25 Зв

Область применения и вид используемых закрытых источников ионизирующего излучения в различных областях

Область применения	Вид источника излучения
Медицина и биология	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские и гамма-аппараты, гамма и бета-источники
Сельское хозяйство	Мощные гамма-установки, химические удобрения
Пищевая промышленность	Мощные гамма-установки, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Химическая и легкая промышленность	Мощные гамма-установки, радиоизотопные приборы (уровнемеры, толщиномеры, прибо-ры для снятия статических зарядов)
Металлургия	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, аппараты для гамма-дефектоскопии, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Строительная индустрия	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, аппараты для гамма-дефектоскопии
Геология	Нейтронные и гамма-источники, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Научные исследования	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, мощные гамма-установки, нейтронные и бета-установки
Ядерная энергетика	Нейтронные источники

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ

Радиационный фон (суммарная доза – 2,841 мЗв/год)

Естественный (природный) радиационный фон
- 2,42 мЗв/год

Искусственный радиационный фон
- 0,421 мЗв/год

Природный радиационный фон

Технологически измененный естественный радиационный фон

Медицинские процедуры
- 0,4 мЗв/год

Космические излучения
– 0,39 мЗв/год

Излучения земного происхождения
– 2,03 мЗв/год
(0,48 мЗв/год – внешнее облучение;
1,55 мЗв/год - внутреннее облучение)

Радиоактивные осадки (испытания ядерного оружия)
- 0,02 мЗв/год

Солнечные излучения

Галактические излучения

Первая группа радионуклидов
(32 радионуклида уранорадиевого и ториевого семейств)
- 1,58 мЗв/год
Вклад
Радона Rn-222 и Торона Rn-220 – 1,25 мЗв/год

Атомная энергетика
- 0,001 мЗв/год

Первичное излучения

Вторичное излучения
- 0,38 мЗв/год
(внешнее облучение)

Вторая группа радионуклидов
(11 долгоживущих радионуклида, не входящих в семейства)
- 0,45 мЗв/год
Вклад Калий-40 – 0,3 мЗв/год

Космогенные радионуклиды
- 0,01 мЗв/год
(внутреннее облучение)



Выводы:

1. Источники ионизирующих излучений подразделяются на естественные и искусственные, различающиеся происхождением и характером радиационного воздействия.
2. Естественный радиационный фон формируется преимущественно земными радионуклидами и космическим излучением.
3. Радон и продукты его распада вносят значительный вклад во внутреннее облучение человека, особенно в закрытых помещениях.
4. Интенсивность космического излучения зависит от высоты над уровнем моря, географической широты и солнечной активности.
5. Искусственные источники ионизирующих излучений широко применяются в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Вопросы для самопроверки:

1) Какие источники ионизирующего излучения считаются естественными, а какие искусственными? Приведите примеры.
2) Какой природный радионуклид вносит наибольший вклад во внутреннее облучение человека и почему?
3) Назовите состав космического излучения.
4) Дайте краткую характеристику космогенных радионуклидов.
5) Калий-40, степень его опасности для здоровья человека.
6) Примеры использования радиоизотопов в медицине.
7) Какова средняя годовая суммарная доза облучения человека от естественных источников и какие компоненты в неё входят?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

