

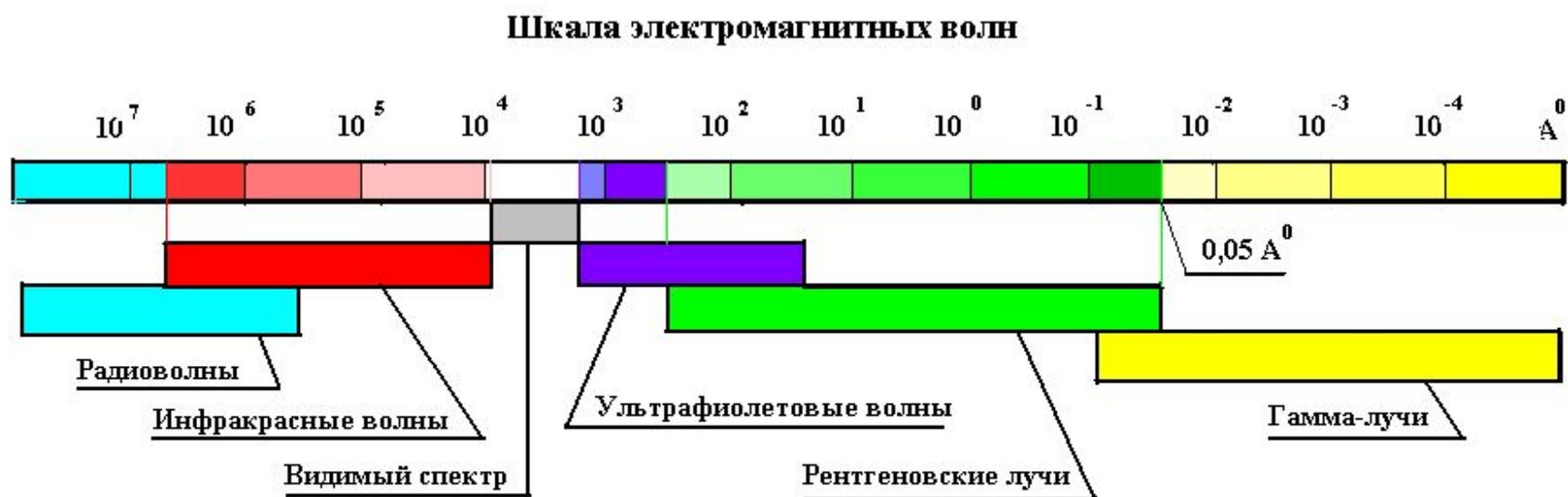
Радиация - основа жизни

Термин «**радиация**» происходит от латинского слова *radius* и означает луч. В самом широком смысле слова радиация охватывает все существующие в природе виды излучений:

- радиоволны,*
- инфракрасное излучение,*
- видимый свет,*
- ультрафиолет и*
- ионизирующее излучение.**

Все эти виды излучения, имея электромагнитную природу, различаются **длиной волны, частотой и энергией.**

Шкала электромагнитных волн



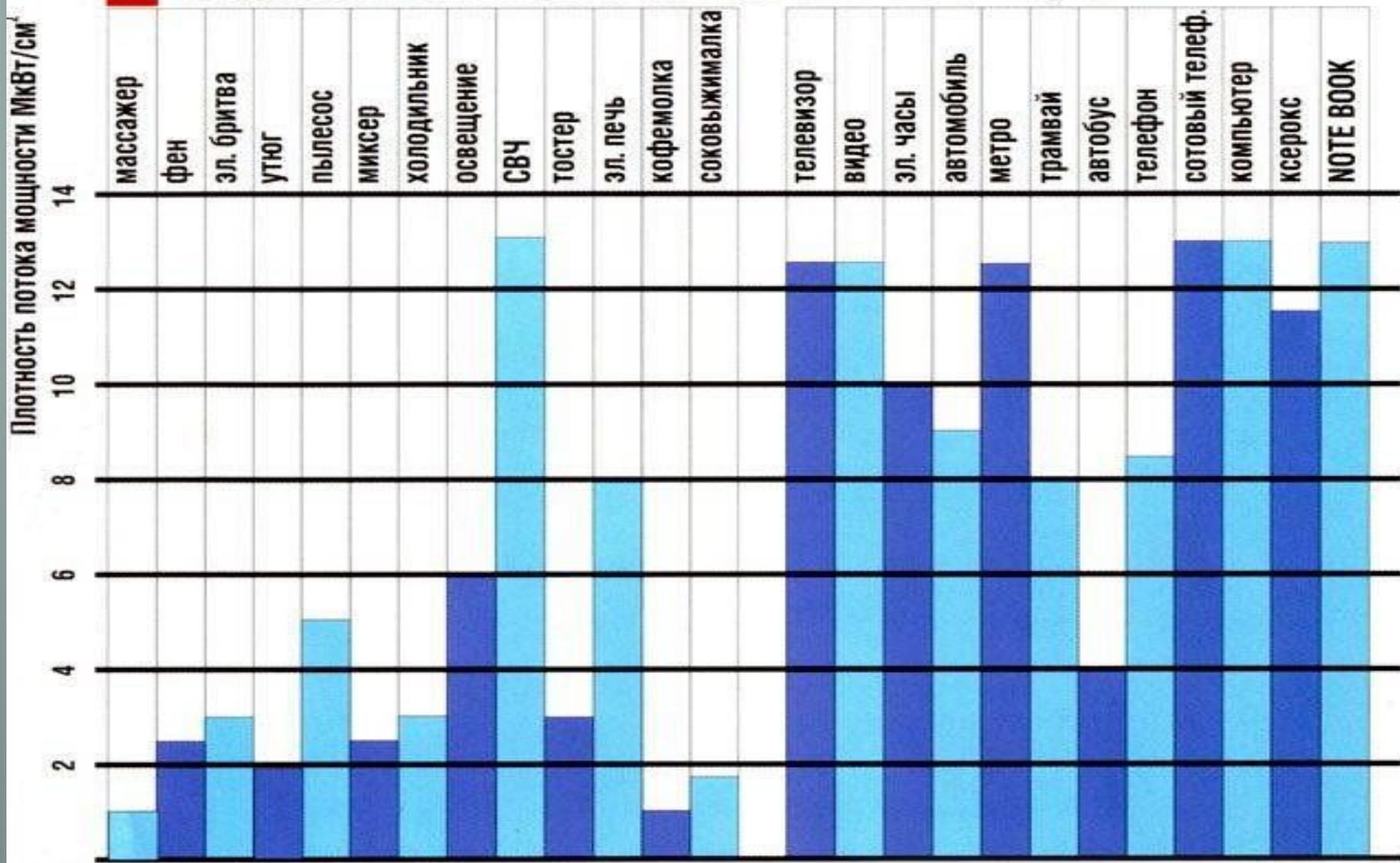
Диапазон длин волн рентгеновского излучения лежит в пределах $500 \text{ \AA}^0 - 0,05 \text{ \AA}^0$

Источник излучения - атомные процессы при взаимодействии ускоренных заряженных частиц

Диапазоны электромагнитного излучения

Название диапазона		Длины волн, λ	Частоты, ν	Источники
<u>Радиоволны</u>	<u>Сверхдлинные</u>	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные и <u>магнитосферные</u> явления. Радиосвязь.
	<u>Длинные</u>	10 км — 1 км	30 кГц — 300 кГц	
	<u>Средние</u>	1 км — 100 м	300 кГц — 3 МГц	
	<u>Короткие</u>	100 м — 10 м	3 МГц — 30 МГц	
	<u>Ультракороткие</u>	10 м — 1 мм	30 МГц — 300 ГГц ^[4]	
<u>Инфракрасное излучение</u>		1 мм — 780 нм	300 ГГц — 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
<u>Видимое (оптическое) излучение</u>		780 — 380 нм	429 ТГц — 750 ТГц	
<u>Ультрафиолетовое</u>		380 — 10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ Гц — 3×10^{16} Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
<u>Рентгеновские</u>		10 нм — 5 пм	3×10^{16} — 6×10^{19} Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
<u>Гамма</u>		менее 5 пм	более 6×10^{19} Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.

Воздействие на человека электромагнитного излучения



Ионизирующее излучение (ИИ)



Что такое радиация?

Слово радиация, в переводе с английского "radiation" означает излучение и применяется не только в отношении радиоактивности, но целого ряда других физических явлений, например: солнечная радиация, тепловая радиация и др.

Поэтому в отношении радиоактивности следует применять принятое МКРЗ (Международной комиссией по радиационной защите) и Нормами радиационной безопасности понятие "ионизирующее излучение".

Что такое радиоактивность?

История развития идей радиоактивности тесно связана с обнаружением сложного строения атома и развитием Периодической системы элементов Д.И Менделеева.

Явление радиоактивности соли урана – $UO_2SO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2H_2O$ (А. Беккерель, 1896). Руды, содержащие уран, обладают радиоактивностью, большей, чем чистый уран.

Открытие электрона и определение его массы (Дж.Томсон, 1897).

Открытие радиоактивности тория (Г.Шмидт, 1898).

Выделение полония и радия из урановой руды (М.Склодовская-Кюри, П.Кюри, Ж.Демон, 1898). Радон-222 (Э.Резерфорд, август 1899 – Торон, т.е. Радон-220; основной изотоп радона, Радон-222, Дорн, 1900; Атинон, А. Дебьерн, 1910), Актиний (октябрь, 1899).

Состав радиоактивных лучей – альфа- и бета-лучи (Э.Резерфорд, М. и П.Кюри, П. Виллар (1898-1900). Обнаружение способности излучения от солей радия преобразовывать кислород в озон, вызывать потемнение стекла а также цвет кристаллов платиносинеродистого и хлористого бария (П. и М.Кюри, 1899). Открытие гамма-лучей (П. Виллар, 1900).

Введение понятия радиоактивности (М.Кюри, 1901).

Что такое радиоактивность?



Радиоактивность – самопроизвольное превращение **атомных ядер** в ядра других элементов.

Сопровождается ионизирующим излучением.

Известно четыре типа радиоактивности:

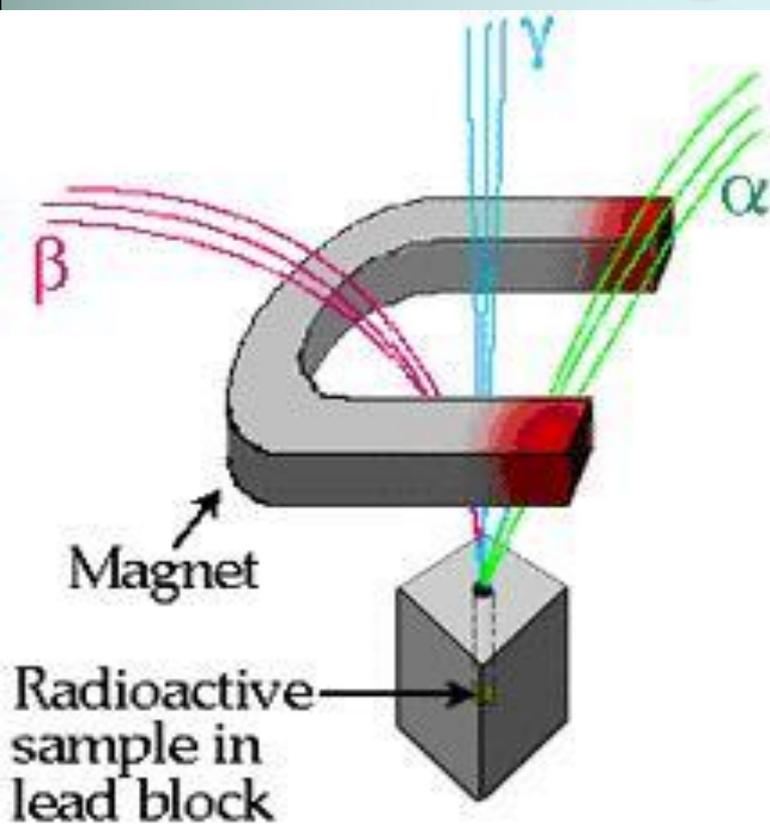
альфа-распад – радиоактивное превращение атомного ядра при котором испускается альфа-частица;

бета-распад - радиоактивное превращение атомного ядра при котором испускается бета-частицы, т.е электроны или позитроны;

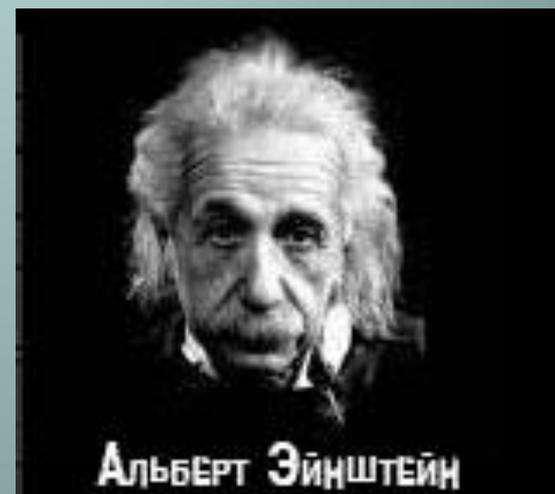
спонтанное деление атомных ядер - самопроизвольное деление тяжелых атомных ядер (тория, урана, нептуния, плутония и других изотопов трансурановых элементов).

протонная радиоактивность - радиоактивное превращение атомного ядра при котором испускаются нуклоны (протоны и нейтроны).

Явление радиоактивности



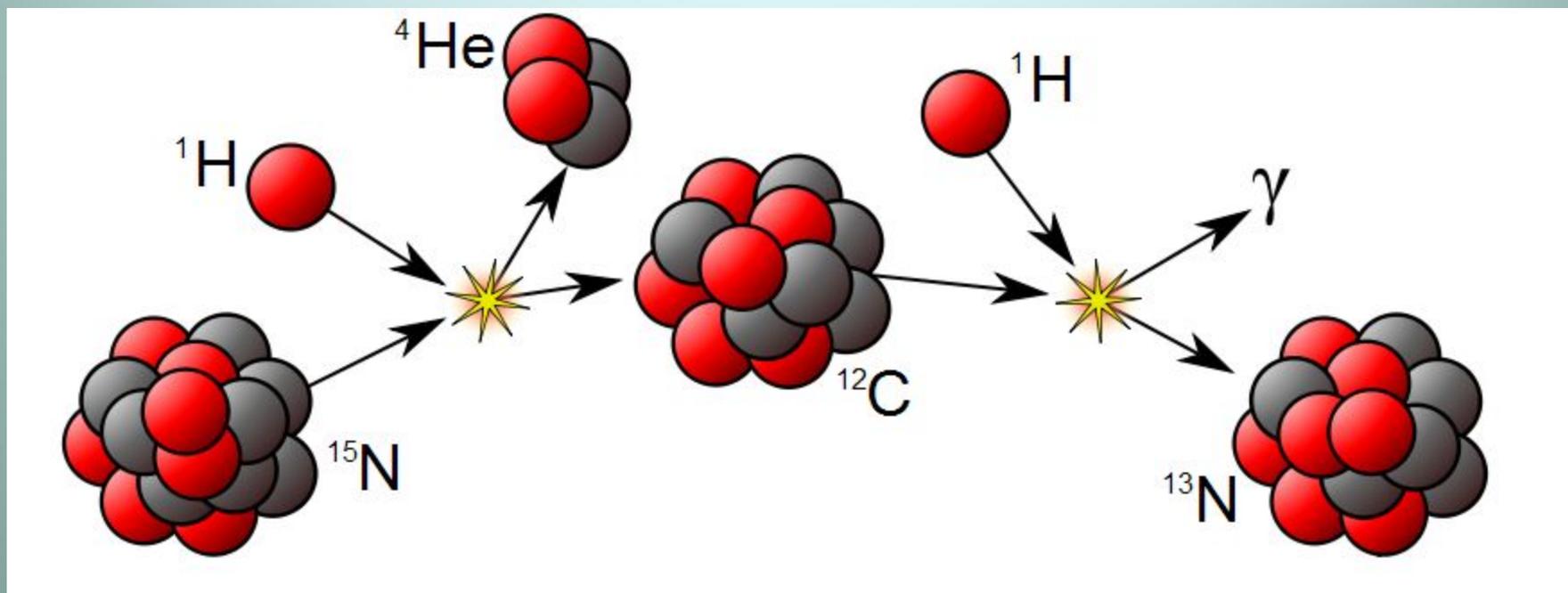
Радиоактивность – это физическое явление самопроизвольного распада ядер атомов химических элементов с испусканием частиц (корпускул), квантов электромагнитной энергии и выделением **ядерной энергии**



Гамма-излучение оказалось потоком электромагнитных квантов очень высокой энергии с проникающей способностью выше чем у рентгеновских лучей.

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Ядерные превращения



Обозначения отдельного ядра (нуклида) в ядерной физике

Число нуклонов

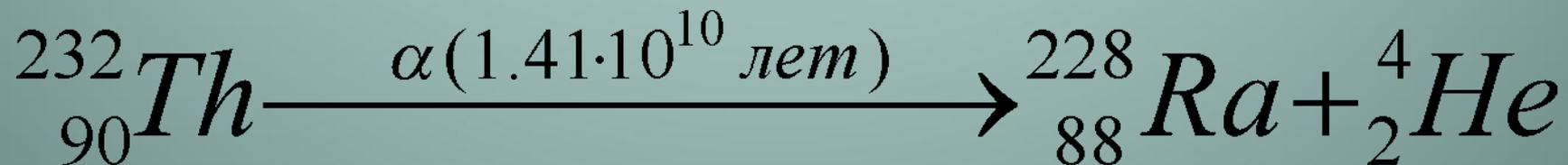
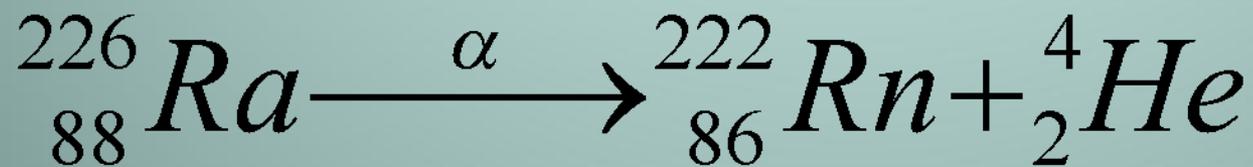
Число протонов



Число нейтронов

Символ элемента

Ядерные превращения



Методы исследований

Радиогеоэкология использует методы широкого круга естественно-научных дисциплин: геологии, аналитической и физической химии, ядерной физики, кристаллохимии, термодинамики, биологии со всеми их многообразными разветвлениями.

Изучение взаимосвязей

**Радиогеоэкология это наука о
закономерных связях естественных и
искусственных радионуклидов
химических элементов с
геологическими образованиями,
биокосными системами Земли и
живыми организмами.**

Задачи радиогеоэкологии

Глобальный характер процессов радиационного воздействия способствовал выделению радиогеоэкологии в самостоятельную дисциплину, которая решает следующие задачи:



Задачи радиогеоэкологии

- 1. Изучение вида и характера сочетаний ионизирующих факторов среды, влияющих на жизненные процессы $(\alpha, \beta, \gamma, n)$.**
- 2. Изучение процессов миграции и концентрации радионуклидов в среде обитания и выяснение роли биоценозов в круговороте радионуклидов.**
- 3. Определение возможности использования радиационного фактора в техносфере и локализации его действия на живые организмы в случаях, когда ожидаемые последствия могут приобрести нежелательный характер.**



Задачи радиогеоэкологии и дозиметрии

- 4. Выявление радиационных дозовых нагрузок, формируемых средой, на экосферу.**
- 5. Исследование обстоятельств, влияющих на формирование дозовых нагрузок, испытываемых отдельными организмами и определение роли радиационного фактора в жизнедеятельности.**

Ионизирующие факторы среды

α -излучение

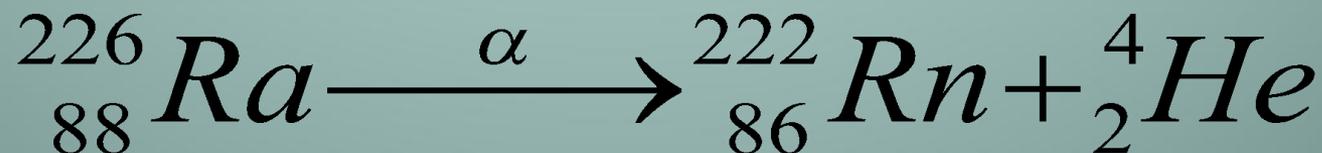
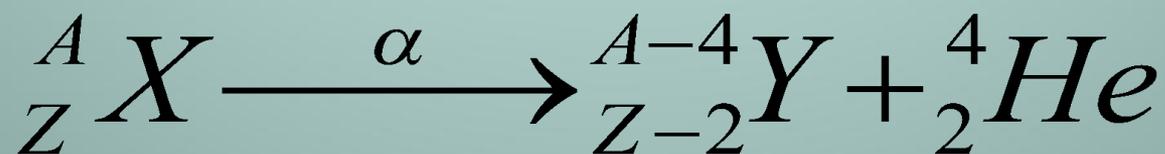
Альфа-излучение — это тяжелые положительно заряженные частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов, крепко связанных между собой. В природе альфа-частицы возникают в результате распада атомов тяжелых элементов, таких как уран, радий и торий.

В воздухе альфа-излучение проходит не более пяти сантиметров и, как правило, полностью задерживается листом бумаги или внешним омертвевшим слоем кожи.

Однако если вещество, испускающее альфа-частицы, попадает внутрь организма с пищей или вдыхаемым воздухом, оно облучает внутренние органы и становится потенциально опасным.

Альфа-распад атомного ядра

Альфа-распадом называется самопроизвольное превращение атомного ядра с числом протонов Z и нейтронов N в другое (дочернее) ядро, содержащее число протонов $Z - 2$ и нейтронов $N - 2$, при этом испускается α -частица – ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$.

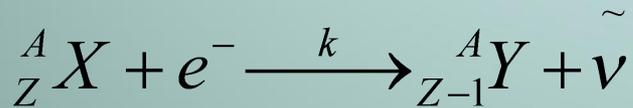
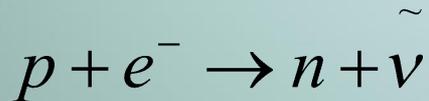


K-захват в атомном ядре

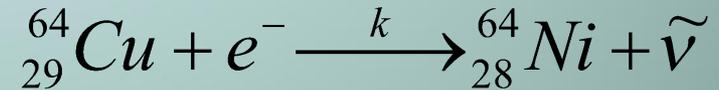
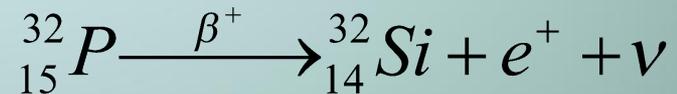
K-захват - поглощения электрона атомным ядром с испусканием нейтрино (e-захват).

При этом процессе ядро захватывает электрон с K-оболочки и происходит превращение ядра по схеме:

Электронный β -распад



Позитронный β -распад и K-захват



Бета - излучение - корпускулярное излучение с непрерывным энергетическим спектром, состоящее из отрицательно или положительно заряженных электронов или позитронов (β - или β + частиц) и возникающее при радиоактивном β - распаде ядер или нестабильных частиц. Характеризуется граничной энергией спектра E_{β} .

Ионизирующие факторы среды

β -излучение

Бета-излучение — это электроны, которые значительно меньше альфа-частиц и могут проникать вглубь тела на несколько сантиметров.

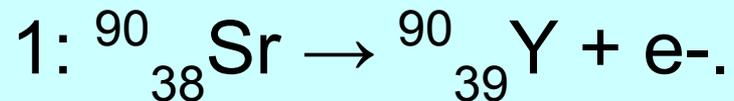
От него можно защититься тонким листом металла, оконным стеклом и даже обычной одеждой. Попадая на незащищенные участки тела, бета-излучение оказывает воздействие, как правило, на верхние слои кожи.

Во время аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году пожарные получили ожоги кожи в результате очень сильного облучения бета-частицами. Если вещество, испускающее бета-частицы, попадет в организм, оно будет облучать внутренние ткани.

Бета-радиоактивный распад

Радиоактивный распад может сопровождаться испусканием электронов e^- (β^- -частиц) или позитронов e^+ (β^+ - частиц).

Испускание из ядра *электрона* связано с превращением в нем одного из нейтронов в протон p и электрон e^- . При этом массовое число сохраняется, а заряд ядра возрастает на 1:



Когда из ядра вылетает позитрон e^+ , протон в ядре превращается в нейтрон n , и заряд ядра уменьшается на 1:



Ионизирующие факторы среды

Гамма - излучение

Гамма-излучение — это фотоны, т.е. электромагнитная волна, несущая энергию.

В воздухе оно может проходить большие расстояния, постепенно теряя энергию в результате столкновений с атомами среды.

Интенсивное гамма-излучение, если от него не защититься, может повредить не только кожу, но и внутренние ткани.

Плотные и тяжелые материалы, такие как железо и свинец, являются отличными барьерами на пути гамма-излучения.

Ионизирующие факторы среды

Нейтронное излучение образуется в процессе деления атомного ядра и обладает высокой проникающей способностью. Нейтроны можно остановить толстым бетонным, водяным или парафиновым барьером.

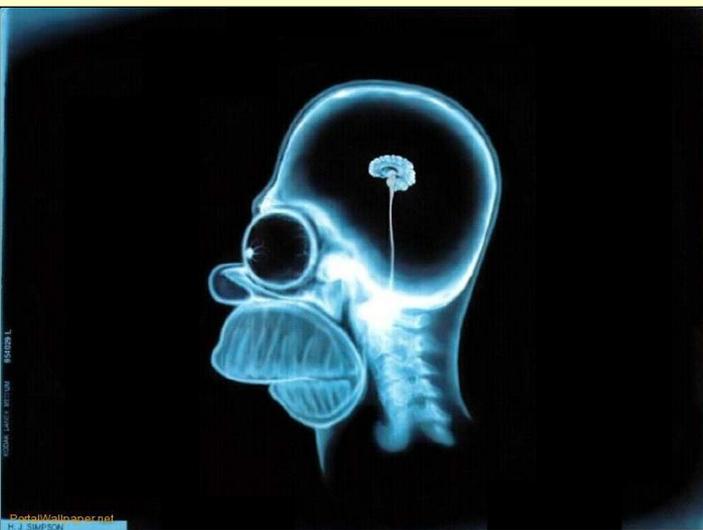
В мирной жизни нигде, кроме как непосредственно вблизи ядерных реакторов, нейтронное излучение практически не существует.



Ионизирующие факторы среды

Рентгеновское излучение аналогично гамма-излучению, испускаемому ядрами, но оно получается искусственно в рентгеновской трубке, которая сама по себе не радиоактивна.

Поскольку рентгеновская трубка питается электричеством, то испускание рентгеновских лучей может быть включено или выключено с помощью выключателя.



РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, химические элементы, все изотопы которых радиоактивны. К их принадлежат *технеций* (атом. № 43), *прометий* (атом. № 61), *полоний* (атом. № 84) и все последующие элементы в периодической системе Менделеева.

К 2011 известно 24 радиоактивных элемента. Те из них, которые расположены в периодической системе за ураном, называются ***трансурановыми элементами.***

Классификация химических элементов Д.И. Менделеева

Античный мир (используется 18 элементов)

		ЭЛЕМЕНТОВ															
период	группа	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
1	I	H 1 1,008															He 2 4,003
2	I	Li 3 6,941	Be 4 9,012	B 5 10,811	C 6 12,011	N 7 14,007	O 8 15,999	F 9 18,998									Ne 10 20,179
3	I	Na 11 22,990	Mg 12 24,305	Al 13 26,982	Si 14 28,086	P 15 30,974	S 16 32,065	Cl 17 35,453									Ar 18 39,948
4	I	K 19 39,098	Ca 20 40,078	Sc 21 44,956	Ti 22 47,88	V 23 50,942	Cr 24 52,004	Mn 25 54,938	Fe 26 55,845	Co 27 58,933	Ni 28 58,693						
5	I	Rb 37 85,468	Sr 38 87,62	Y 39 88,906	Zr 40 91,224	Nb 41 92,906	Mo 42 95,94	Tc 43 98,906	Ru 44 101,07	Rh 45 102,905	Pd 46 106,42						
6	I	Cs 55 132,905	Ba 56 137,327	La 57 138,905	Hf 72 178,49	Ta 73 180,948	W 74 183,84	Re 75 186,207	Os 76 190,23	Ir 77 192,222	Pt 78 195,084						
7	I	Fr 87 223,021	Ra 88 226,025	Ac 89 227,03	Rf 104 261,101	Db 105 262,103	Sg 106 263,104	Bh 107 264,105	Hs 108 265,106	Mt 109 266,107	Ds 110 267,108						
8	I	Rg 111 272,109															

* ЛАНТАНОИДЫ

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
58 140,12	59 140,907	60 144,242	61 144,913	62 150,36	63 151,964	64 157,25	65 158,925	66 162,50	67 164,930	68 167,259	69 168,934	70 173,054	71 174,967

** АКТИНОИДЫ

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
90 232,038	91 231,036	92 238,029	93 237,048	94 244,041	95 243,061	96 250,106	97 249,078	98 253,102	99 252,083	100 258,106	101 257,105	102 261,108	103 260,107

XVIII век (используется 30 элементов)

		ЭЛЕМЕНТОВ															
период	группа	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
1	I	H 1 1,008															He 2 4,003
2	I	Li 3 6,941	Be 4 9,012	B 5 10,811	C 6 12,011	N 7 14,007	O 8 15,999	F 9 18,998									Ne 10 20,179
3	I	Na 11 22,990	Mg 12 24,305	Al 13 26,982	Si 14 28,086	P 15 30,974	S 16 32,065	Cl 17 35,453									Ar 18 39,948
4	I	K 19 39,098	Ca 20 40,078	Sc 21 44,956	Ti 22 47,88	V 23 50,942	Cr 24 52,004	Mn 25 54,938	Fe 26 55,845	Co 27 58,933	Ni 28 58,693						
5	I	Rb 37 85,468	Sr 38 87,62	Y 39 88,906	Zr 40 91,224	Nb 41 92,906	Mo 42 95,94	Tc 43 98,906	Ru 44 101,07	Rh 45 102,905	Pd 46 106,42						
6	I	Cs 55 132,905	Ba 56 137,327	La 57 138,905	Hf 72 178,49	Ta 73 180,948	W 74 183,84	Re 75 186,207	Os 76 190,23	Ir 77 192,222	Pt 78 195,084						
7	I	Fr 87 223,021	Ra 88 226,025	Ac 89 227,03	Rf 104 261,101	Db 105 262,103	Sg 106 263,104	Bh 107 264,105	Hs 108 265,106	Mt 109 266,107	Ds 110 267,108						
8	I	Rg 111 272,109															

* ЛАНТАНОИДЫ

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
58 140,12	59 140,907	60 144,242	61 144,913	62 150,36	63 151,964	64 157,25	65 158,925	66 162,50	67 164,930	68 167,259	69 168,934	70 173,054	71 174,967

** АКТИНОИДЫ

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
90 232,038	91 231,036	92 238,029	93 237,048	94 244,041	95 243,061	96 250,106	97 249,078	98 253,102	99 252,083	100 258,106	101 257,105	102 261,108	103 260,107

XIX век (используется 63 элемента)

		ЭЛЕМЕНТОВ															
период	группа	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
1	I	H 1 1,008															He 2 4,003
2	I	Li 3 6,941	Be 4 9,012	B 5 10,811	C 6 12,011	N 7 14,007	O 8 15,999	F 9 18,998									Ne 10 20,179
3	I	Na 11 22,990	Mg 12 24,305	Al 13 26,982	Si 14 28,086	P 15 30,974	S 16 32,065	Cl 17 35,453									Ar 18 39,948
4	I	K 19 39,098	Ca 20 40,078	Sc 21 44,956	Ti 22 47,88	V 23 50,942	Cr 24 52,004	Mn 25 54,938	Fe 26 55,845	Co 27 58,933	Ni 28 58,693						
5	I	Rb 37 85,468	Sr 38 87,62	Y 39 88,906	Zr 40 91,224	Nb 41 92,906	Mo 42 95,94	Tc 43 98,906	Ru 44 101,07	Rh 45 102,905	Pd 46 106,42						
6	I	Cs 55 132,905	Ba 56 137,327	La 57 138,905	Hf 72 178,49	Ta 73 180,948	W 74 183,84	Re 75 186,207	Os 76 190,23	Ir 77 192,222	Pt 78 195,084						
7	I	Fr 87 223,021	Ra 88 226,025	Ac 89 227,03	Rf 104 261,101	Db 105 262,103	Sg 106 263,104	Bh 107 264,105	Hs 108 265,106	Mt 109 266,107	Ds 110 267,108						
8	I	Rg 111 272,109															

* ЛАНТАНОИДЫ

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
58 140,12	59 140,907	60 144,242	61 144,913	62 150,36	63 151,964	64 157,25	65 158,925	66 162,50	67 164,930	68 167,259	69 168,934	70 173,054	71 174,967

** АКТИНОИДЫ

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
90 232,038	91 231,036	92 238,029	93 237,048	94 244,041	95 243,061	96 250,106	97 249,078	98 253,102	99 252,083	100 258,106	101 257,105	102 261,108	103 260,107

XX век (используется 95 элементов)

		ЭЛЕМЕНТОВ															
период	группа	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
1	I	H 1 1,008															He 2 4,003
2	I	Li 3 6,941	Be 4 9,012	B 5 10,811	C 6 12,011	N 7 14,007	O 8 15,999	F 9 18,998									Ne 10 20,179
3	I	Na 11 22,990	Mg 12 24,305	Al 13 26,982	Si 14 28,086	P 15 30,974	S 16 32,065	Cl 17 35,453									Ar 18 39,948
4	I	K 19 39,098	Ca 20 40,078	Sc 21 44,956	Ti 22 47,88	V 23 50,942	Cr 24 52,004	Mn 25 54,938	Fe 26 55,845	Co 27 58,933	Ni 28 58,693						
5	I	Rb 37 85,468	Sr 38 87,62	Y 39 88,906	Zr 40 91,224	Nb 41 92,906	Mo 42 95,94	Tc 43 98,906	Ru 44 101,07	Rh 45 102,905	Pd 46 106,42						
6	I	Cs 55 132,905	Ba 56 137,327	La 57 138,905	Hf 72 178,49	Ta 73 180,948	W 74 183,84	Re 75 186,207	Os 76 190,23	Ir 77 192,222	Pt 78 195,084						
7	I	Fr 87 223,021	Ra 88 226,025	Ac 89 227,03	Rf 104 261,101	Db 105 262,103	Sg 106 263,104	Bh 107 264,105	Hs 108 265,106	Mt 109 266,107	Ds 110 267,108						
8	I	Rg 111 272,109															

* ЛАНТАНОИДЫ

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
58 140,12	59 140,907	60 144,242	61 144,913	62 150,36	63 151,964	64 157,25	65 158,925	66 162,50	67 164,930	68 167,259	69 168,934	70 173,054	71 174,967

** АКТИНОИДЫ

Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
90 232,038	91 231,036	92 238,029	93 237,048	94 244,041	95 243,061	96 250,106	97 249,078	98 253,102	99 252,083	100 258,106	101 257,105	102 261,108	103 260,107

П-ы	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	а VIII б						
1							H ¹ 1,00794 ВОДОРОД	He ² 4,00260 ГЕЛИЙ						
2	Li ³ 6,941 ЛИТИЙ	Be ⁴ 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	B ⁵ 10,811 БОР	C ⁶ 12,011 УГЛЕРОД	N ⁷ 14,0067 АЗОТ	O ⁸ 15,9994 КИСЛОРОД	F ⁹ 18,9984 ФТОР	Ne ¹⁰ 20,179 НЕОН						
3	Na ¹¹ 22,9897 НАТРИЙ	Mg ¹² 24,305 МАГНИЙ	Al ¹³ 26,9815 АЛЮМИНИЙ	Si ¹⁴ 28,0855 КРЕМНИЙ	P ¹⁵ 30,9737 ФОСФОР	S ¹⁶ 32,066 СЕРА	Cl ¹⁷ 35,453 ХЛОР	Ar ¹⁸ 39,948 АРГОН						
4	K ¹⁹ 39,0983 КАЛИЙ	Ca ²⁰ 40,078 КАЛЬЦИЙ	Sc ²¹ 44,9559 СКАНДИЙ	Ti ²² 47,88 ТИТАН	V ²³ 50,9415 ВАНАДИЙ	Cr ²⁴ 51,9961 ХРОМ	Mn ²⁵ 54,9380 МАРГАНЕЦ		Fe ²⁶ 55,847 ЖЕЛЕЗО	Co ²⁷ 58,9332 КОБАЛЬТ	Ni ²⁸ 58,69 НИКЕЛЬ			
	Cu ²⁹ 63,546 МЕДЬ	Zn ³⁰ 65,39 ЦИНК	Ga ³¹ 69,723 ГАЛЛИЙ	Ge ³² 72,59 ГЕРМАНИЙ	As ³³ 74,9216 АРИСТОВ	Se ³⁴ 78,96 СЕЛЕН	Br ³⁵ 79,904 БРОМ	Kr ³⁶ 83,80 КРИПТОН						
5	Rb ³⁷ 85,4678 РУБИДИЙ	Sr ³⁸ 87,62 СТРОНЦИЙ	Y ³⁹ 88,9059 ИТРИЙ	Zr ⁴⁰ 91,224 ЦИРКОНИЙ	Nb ⁴¹ 92,9064 НИОБИЙ	Mo ⁴² 95,94 МОЛИБДЕН	Tc ⁴³ 97,9072 ТЕХНЕЦИЙ		Ru ⁴⁴ 101,07 РУТЕНИЙ	Rh ⁴⁵ 102,905 РОДИЙ	Pd ⁴⁶ 106,42 ПАЛЛАДИЙ			
	Ag ⁴⁷ 107,868 СЕРЕБРО	Cd ⁴⁸ 112,41 КАДМИЙ	In ⁴⁹ 114,82 ИНДИЙ	Sn ⁵⁰ 118,710 ОЛОВО	Sb ⁵¹ 121,75 СУРЬМА	Te ⁵² 127,60 ТЕЛУР	I ⁵³ 126,904 ИОД	Xe ⁵⁴ 131,29 КСЕНОН						
6	Cs ⁵⁵ 132,905 ЦЕЗИЙ	Ba ⁵⁶ 137,33 БАРИЙ	La* ⁵⁷ 138,905 ЛАНТАН	Hf ⁷² 178,49 ГАФНИЙ	Ta ⁷³ 180,947 ТАНТАЛ	W ⁷⁴ 183,85 ВОЛЬФРАМ	Re ⁷⁵ 186,207 РЕНИЙ		Os ⁷⁶ 190,2 ОСМИЙ	Ir ⁷⁷ 192,22 ИРИДИЙ	Pt ⁷⁸ 195,08 ПЛАТИНА			
	Au ⁷⁹ 196,966 ЗОЛОТО	Hg ⁸⁰ 200,59 РТУТЬ	Tl ⁸¹ 204,383 ТАЛЛИЙ	Pb ⁸² 207,2 СВИНЕЦ	Bi ⁸³ 208,980 ВИСМУТ	Po ⁸⁴ 208,982 ПОЛОНИЙ	At ⁸⁵ 209,987 АСТАТ	Rn ⁸⁶ 222,017 РАДОН						
7	Fr ⁸⁷ 223,019 ФРАНЦИЙ	Ra ⁸⁸ 226,025 РАДИЙ	Ac** ⁸⁹ 227,027 АКТИНИЙ	Ku ¹⁰⁴ [261] КУРЧАТОВИЙ	Ns ¹⁰⁵ [262] НИДСЕВЕРИЙ									
	Ce ⁵⁸ 140,12 ЦЕРИЙ	Pr ⁵⁹ 140,90 ПРАЗЕОДИМ	Nd ⁶⁰ 144,24 НЕОДИМ	Pm ⁶¹ 144,9128 ПРОМЕТЕЙ	Sm ⁶² 150,36 САМАРИЙ	Eu ⁶³ 151,96 ЕВРОПИЙ	Gd ⁶⁴ 157,25 ГАДОЛИНИЙ	Tb ⁶⁵ 158,925 ТЕРБИЙ	Dy ⁶⁶ 162,50 ДИСПРОЗИЙ	Ho ⁶⁷ 164,930 ГОЛМАНДИЙ	Er ⁶⁸ 167,26 ЭРБИЙ	Tm ⁶⁹ 168,934 ТУЛИЙ	Yb ⁷⁰ 173,04 ИТТЕРБИЙ	Lu ⁷¹ 174,967 ЛЮТЕЦИЙ
	Th ⁹⁰ 232,038 ТОРИЙ	Pa ⁹¹ 231,0359 ПРОТАКТИНИЙ	U ⁹² 238,028 УРАН	Np ⁹³ 237,0482 НЕПУТЧИЙ	Pu ⁹⁴ 244,0642 ПУТОЧИЙ	Am ⁹⁵ 243,0614 АМЕРИЦИЙ	Cm ⁹⁶ 247,0703 КУРЧИЙ	Bk ⁹⁷ 247,0703 БЕРКЛИЙ	Cf ⁹⁸ 251,0796 КАСЛОВИЙ	Es ⁹⁹ 252,0828 ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm ¹⁰⁰ 257,0951 ФЕРМИЙ	Md ¹⁰¹ 258,0986 МЕНДЕЛЕВИЙ	(No) ¹⁰² 259,1009 (НОБЕЛИЙ)	(Lr) ¹⁰³ 260,1054 (ЛОУРЕНСИЙ)

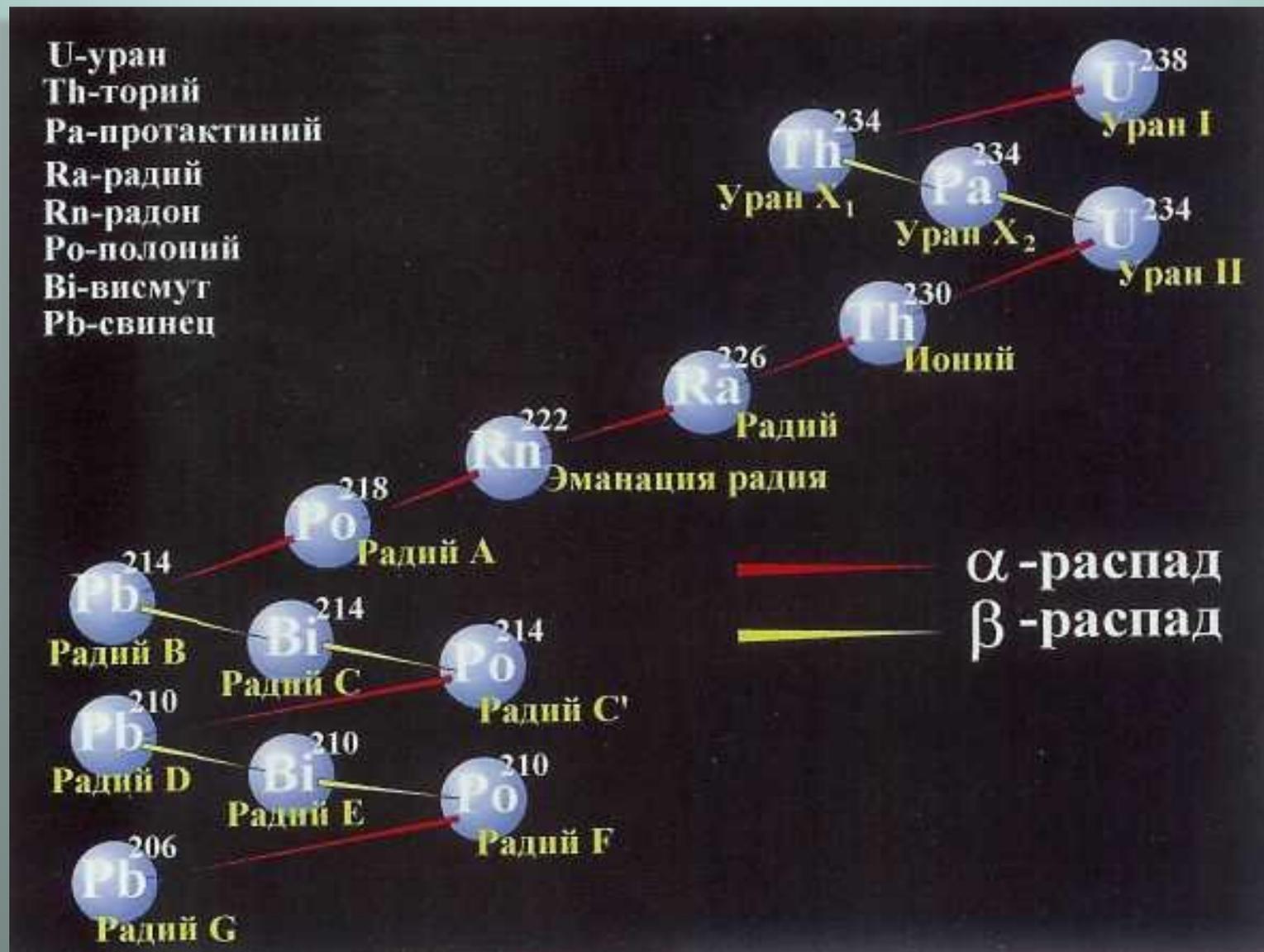
РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Из природных **радиоактивных элементов** только два - *торий* (атомный № 90) и *уран* (атомный № 92) имеют изотопы, периоды полураспада которых ($T_{1/2}$) сравнимы с возрастом Земли.

Это Th-232 ($T_{1/2} = 1,41 \cdot 10^{10}$ лет), U-235 ($T_{1/2} = 7,13 \cdot 10^8$ лет) и U-238 ($T_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9$ лет).

Поэтому торий и уран сохранились на нашей планете со времён её формирования и являются первичными радиоактивными элементами.

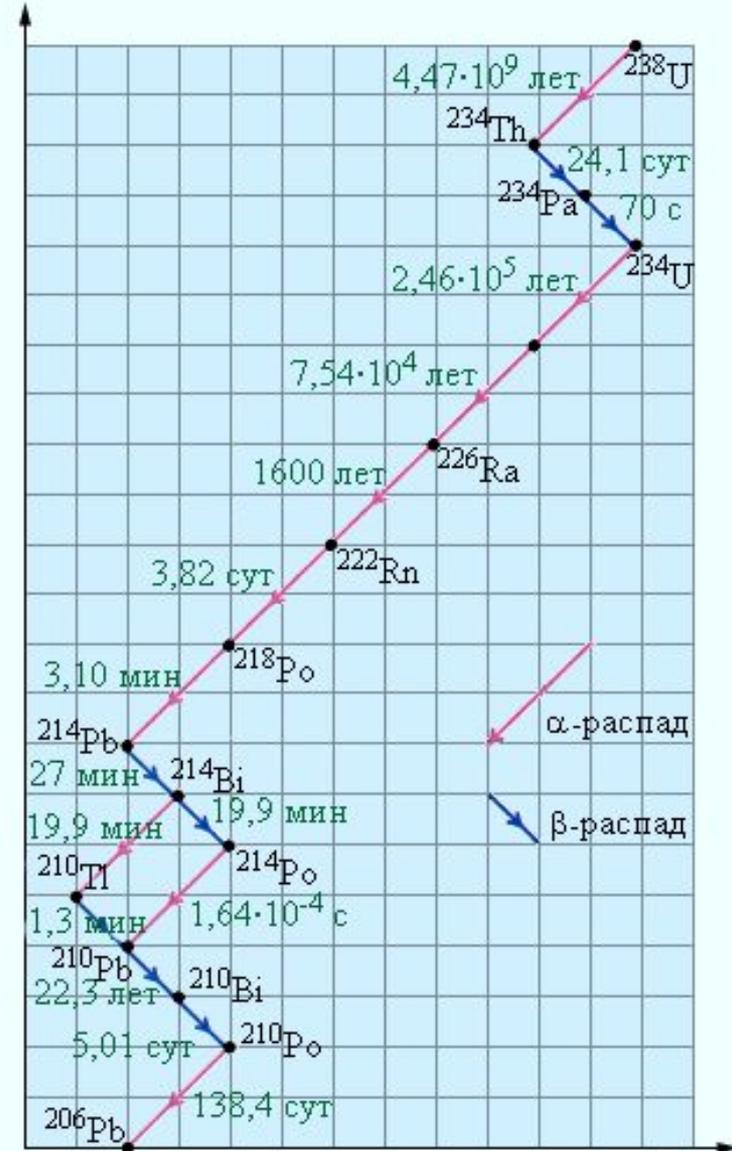
Распад ядер урана



Радиоактивные ряды

Изотопы ^{232}Th , ^{235}U и ^{238}U дают начало естественным радиоактивным рядам, в состав которых входят в качестве промежуточных членов вторичные природные радиоактивные элементы с атомным № 84-89 и № 91.

Периоды полураспадов всех изотопов этих элементов сравнительно невелики, и, если бы их запасы не пополнялись непрерывно за счёт распада долгоживущих изотопов U и Th, они давно бы уже полностью распались.



Природные радиоактивные семейства

Семейство	Радиоактивный материнский изотоп, период полураспада	Стабильный дочерний изотоп
Тория	^{232}Th , $T=1.41 \times 10^{10}$ лет	^{208}Pb
Нептуния	^{237}Np , $T=2.14 \times 10^6$ лет	^{209}Bi
Урана	^{238}U , $T=4.47 \times 10^9$ лет	^{206}Pb
Уран-актиния	^{235}U , $T=7.04 \times 10^8$ лет	^{207}Pb

Природные руды содержат накопленные за миллионы лет радиоактивные элементы, которые извлекаются из недр при добыче угля, нефти, газа и других полезных ископаемых.

В трех радиоактивных семействах: урана (^{238}U), тория (^{232}Th) и актиния (^{235}Ac) в процессах радиоактивного распада постоянно образуется 40 радиоактивных изотопов.

40 радиоактивных изотопов:

Радиоактивного вещества постоянно образуется

Радиоактивные изотопы, изначально присутствующие на Земле

Радионуклид	Весовое содержание в земной коре	Период полураспада, лет:	Тип распада:
Уран-238	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^9$	α -распад, γ -распад
Торий-232	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	γ -распад, α -распад
Калий-40	$3 \cdot 10^{-16}$	$1,3 \cdot 10^9$	β -распад, γ -распад
Ванадий-50	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{14}$	γ -распад
Рубидий-87	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{10}$	β -распад
Индий-115	$1 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{14}$	β -распад
Лантан-138	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	β -распад, γ -распад
Самарий-147	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{11}$	α -распад
Лютеций-176	$3 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{10}$	β -распад, γ -распад

Радиоактивные ядра - радионуклиды



Что такое радионуклиды?

Радиоактивные вещества (уран-238, радий-226, торий-232 и др.) и изотопы стабильных химических элементов, отличающиеся **массовым числом (A)** и неустойчивым состоянием атомов:
(стронций-90, цезий-134 и 137, америций-241) называются радионуклидами.



Радионуклид – радиоактивный нуклид, т.е. вид радиоактивных ядер атомов с определенными значениями заряда ядра (атомного номера) Z и массового числа A .

- *Для обозначения нуклида используют два способа, натрий-22, стронций-90, радон-222, уран-238 или:*



- *Обычно при обозначении как стабильного, так и радиоактивного нуклида значение атомного номера обычно опускают, и для их обозначения используют записи типа: 22Na , 90Sr , 222Rn , 238U .*

Основные физические характеристики ЕРН

Название	Символ	Число протонов (Z)	Число нуклонов (Z + N)	Период полураспада	Вид излучения
Уран	U	92	235	$7 \cdot 10^8$ лет	$\alpha + \gamma$
Протактиний	Pa	91	231	$3,4 \cdot 10^4$ лет	α
Торий	Th	90	232	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет	$\alpha + \gamma$
Актиний	Ac	89	227	22 года	α
Радий	Ra	88	226	1860 лет	$\alpha + \gamma$
Радон	Rn	86	222	3,8 суток	$\alpha + \gamma$
Полоний	Po	84	210	138 суток	α
Свинец	Pb	82	210	22 года	α
Калий	K	19	40	$4,5 \cdot 10^8$ лет	$\beta + \gamma$
Уран	U	92	238	$4,5 \cdot 10^9$ лет	$\alpha + \gamma$

Тема № 2 Единицы измерения радиоактивности

Единицы измерения радиоактивности



Мерой количества радиоактивного вещества является *активность A* - число само произвольных ядерных превращений dN в единицу времени dt :

$$A = dN/dt$$

Единица активности - *Беккерель (Бк)*, равный 1 распаду в секунду.

Исторически первая единица измерения радиоактивности (КЮРИ - Ки) была принята как активность 1 г химически чистого радия и названа в честь супругов Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри.

Поскольку 1 г Ra дает $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в секунду, то между Ки и Бк установлено соотношение:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} \text{ или } 1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$$

Массы, соответствующие единице активности (слайд №3),
обратно пропорциональны скорости распада радионуклида.

Единицы измерения радиоактивности

Активность разных источников существенно различается. Так, например активность *одного грамма* разных радионуклидов в Ки составит:

$$^{87}\text{Rb} = 8,5 \cdot 10^{-8}$$

$$^{232}\text{Th} = 1,1 \cdot 10^{-7}$$

$$^{235}\text{U} = 2,1 \cdot 10^{-6}$$

$$^{40}\text{K} = 6,8 \cdot 10^{-6}$$

$$^{239}\text{Pu} = 6,1 \cdot 10^{-2}$$

$$^{14}\text{C} = 4,6$$

$$^{137}\text{Cs} = 87$$

$$^{90}\text{Sr} = 145$$

$$^{60}\text{Co} = 1,1 \cdot 10^3$$

$$^{131}\text{I} = 1,2 \cdot 10^5$$

Так, масса одного кюри ^{131}I (радийод) равна 0,008 мг, а одного кюри ^{238}U составит около 3000 кг.

Энергия, выделяемая 1 граммом урана, сопоставима со сжиганием 2,5 тонн нефти.

Часто используются кратные значения: 1 мкКи = 10^{-6} Ки; 1 кБк = 10^3 Бк; 1 МКи = 10^6 Ки; 1 пКи = 10^{-12} Ки.

Единицы измерения радиоактивности



В. Рентген

Дозы радиации

Экспозиционная доза определяет ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха.

Дозы радиации

Поглощенная доза показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы любого облучаемого вещества и определяется отношением поглощенной энергии ионизирующего излучения на массу вещества.

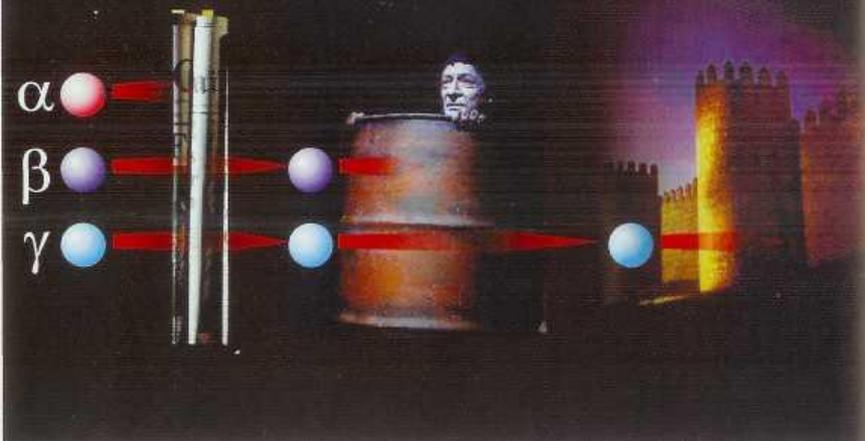
За единицу измерения поглощенной дозы в системе СИ принят *грей* (Гр; Gy)

1 Гр - это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж.

Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад. 1 Гр=100 рад.

Дозы радиации

ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



Эквивалентная доза рассчитывается путем умножения значения поглощенной дозы на специальный коэффициент — коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества.

Единица измерения эквивалентной дозы = 1 **Зиверт. 1,0 Зв (Sv).**

1,0 Зв = 100 бэр

Состав излучения	Ионизирующая способность	Проникающая способность
Ядра He ⁺⁺	Очень высокая	Низкая. Защита: 0,1 мм воды лист бумаги
Электроны --	Средняя	Высокая. Защита: слой алюминия до 0,5 мм
Электромагнитное излучение γ	Низкая	Очень высокая. Защита: слой свинца до n см



Коэффициенты качества ионизирующего излучения

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы, используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов:

Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

Дозы радиации

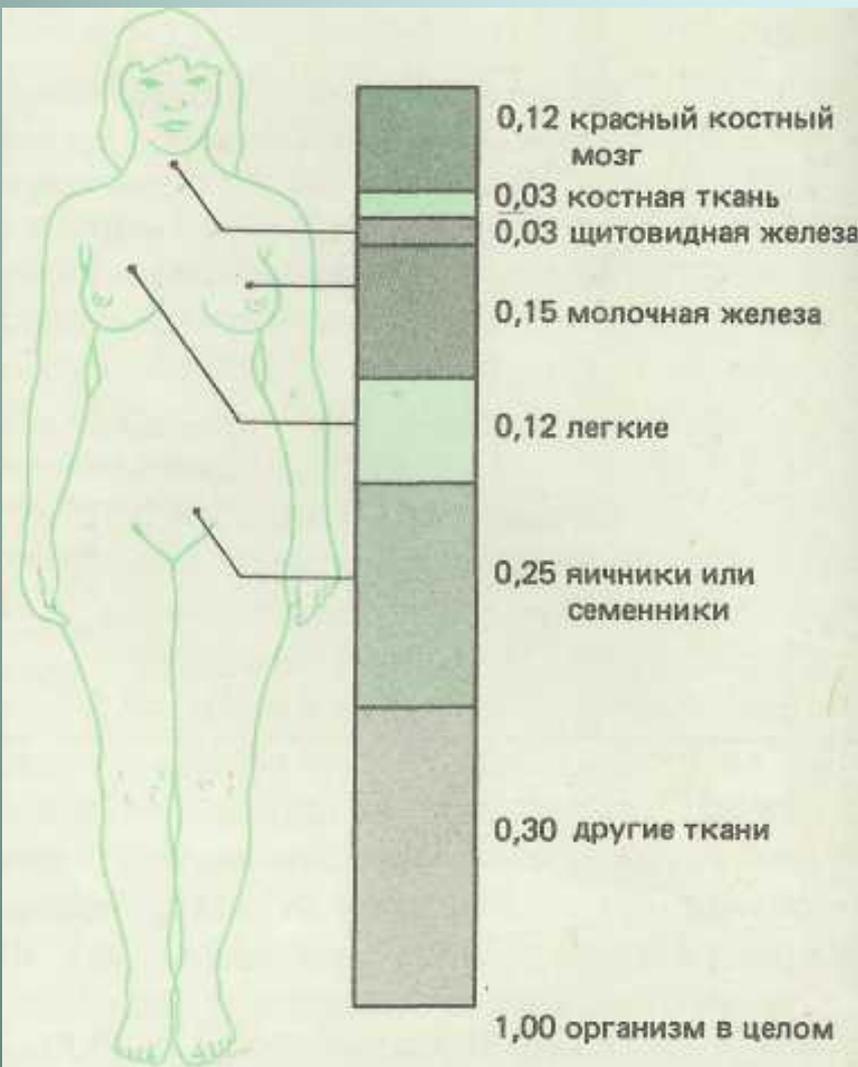
Доза эффективная (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

Единица измерения эффективной дозы

– 1,0 Зиверт

1 Зиверт = 100 бэр

Дозы радиации



Доза эффективная

Представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

Единица измерения эффективной дозы – 1,0 Зиверт (Sv) = 100 бэр

Взаимосвязь единиц измерения радиационной дозиметрии

		Характеристики	Обозначения	Единицы измерения в СИ	Внесистемная ед. измерения	Взаимосвязь
		Активность	A_p	$1 \text{ Бк} = 1 \text{ рас/с}$	1 Ки	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Облучение	воздуха или среды	Экспозиционная доза	$D_{\text{эксп}}$	1 Кл/кг	1 Р	$1 \text{ Ки/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
	неживых объектов	Поглощенная доза	$D_{\text{п}}$	$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$	1 рад	$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$
	живых организмов	Эквивалентная доза	$D_{\text{экв}}$	1 Зв	1 бэр	$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$

Мощность дозы

Мощность экспозиционной дозы X равна производной от экспозиционной дозы по времени:

$$X_{\text{эсп.}} = dX/dt$$

Единица измерения 1Р/час (1 мкР/час)

Мощность эквивалентной дозы в органе или ткани равна производной от эквивалентной дозы по времени:

$$MЭД = H_{\text{экв.}} = dH/dt$$

*Единица измерения 1 Зв/год,
1 мкЗв/час*

Дозиметрические приборы



Дозиметр
АНРИ-01-02
«Сосна»



Радиометр
СРП-88

НОРМЫ

допустимого годового облучения населения и персонала, работающего с радиацией

Облучение	Доза	D (SI)
1	2	3
<i>Допустимое облучение населения в нормальных условиях</i>	100 мбэр, не более 500 мбэр за 5 лет	1 mSv не более 5mSv за 5 лет
<i>Допустимое аварийное (разовое) облучение населения</i>	10 бэр	0,1 Sv
<i>Допустимое облучение персонала в нормальных условиях</i>	5 бэр	50 mSv
<i>Допустимое аварийное (разовое) облучение персонала</i>	25 бэр	0,25 Sv
<i>Облучение, при котором возможно появление раковых заболеваний</i>	50 бэр	0,5 Sv

Дозы радиации, имеющие негативное значение

Виды лучевого заболевания	Критические дозы	
Легкая форма лучевой болезни	100 бэр	1,0 Sv
Средняя стадия (сокращение жизни на 3-9 лет)	250 - 450 бэр	2,5 - 4,5 Sv
Опасное облучение населения и персонала, острая форма лучевой болезни <i>L - 50</i>	450 бэр	4,5 Sv
Смертельная доза для человека (летальный исход через 3-12 дней)	600 бэр	6,0 Sv

Тема № 3

Естественные источники радиации (ионизирующего излучения)

Радиационный фон Земли складывается из трех компонентов :

1. космическое излучение;
2. излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов;
3. излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов.

Облучение по критерию месторасположения источников излучения делится на внешнее и внутреннее.

Внешнее облучение обусловлено источниками, расположенными вне тела человека. Источниками внешнего облучения являются космическое излучение и наземные источники.

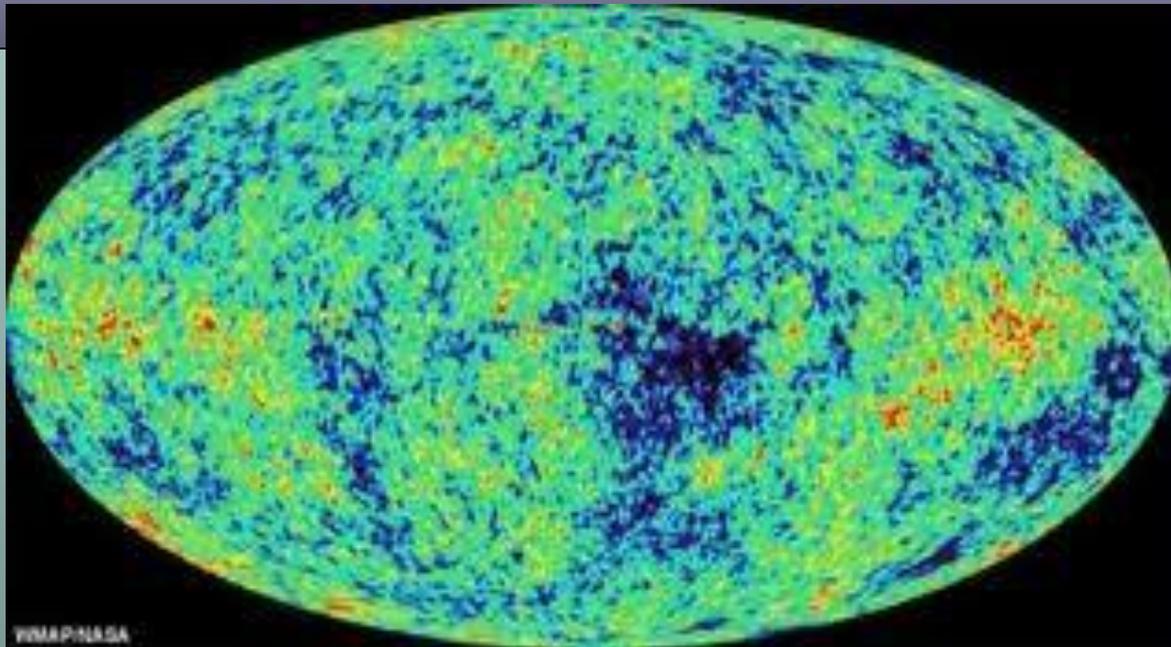
Источником **внутреннего облучения** являются радионуклиды, находящиеся в организме человека.

**Жизнь на Земле возникла и
продолжает развиваться в
условиях постоянного облучения.**

Космическое излучение

Космическое излучение различают двух видов:
первичное и вторичное.

Первичное – это поток частиц высоких энергий, попадающих в атмосферу Земли из космоса. Оно представлено в основном протонами и альфа-частицами





Вторичное *космическое излучение* образуется в результате взаимодействия частиц первичного космического излучения с ядрами элементов, входящих в состав воздуха.

Вторичное излучение представлено практически всеми известными элементарными частицами: протонами, нейтронами, электронами, мюонами, фотонами и т.д.

КОСМИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

На уровне моря 0,2 mSv

Прибавьте на каждые 100 м над уровнем моря 0,03 mSv





Радиационный фон в самолете = 2,14 мЗв

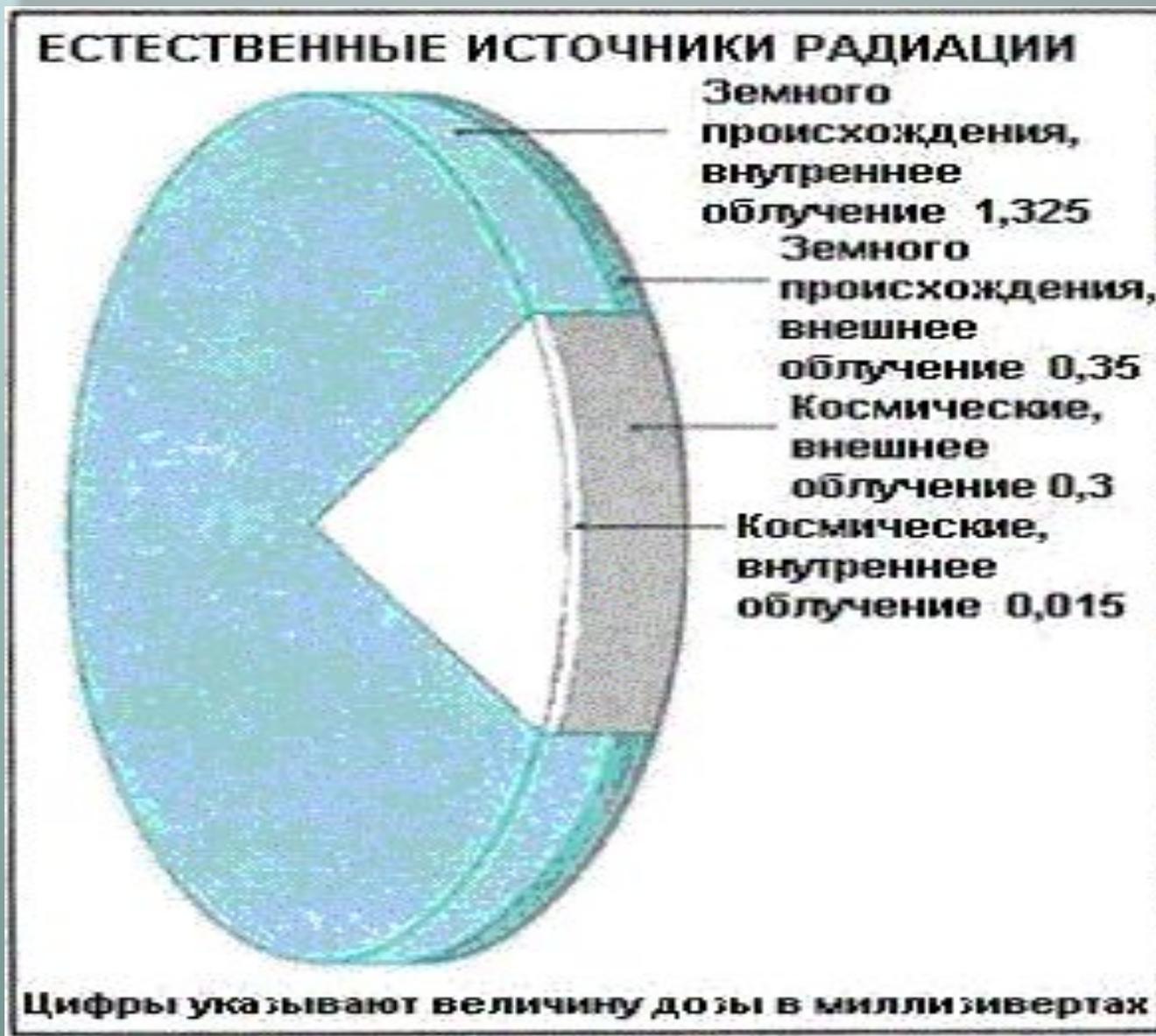
СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ



Источники радиации в быту



Источники радиации



Вклады в радиационной гамма-фон на поверхности Земли радиоактивных семейств урана, тория, актиноурана и не входящего в радиоактивные семейства изотопа ^{40}K составляют:

ряд тория - 40%,

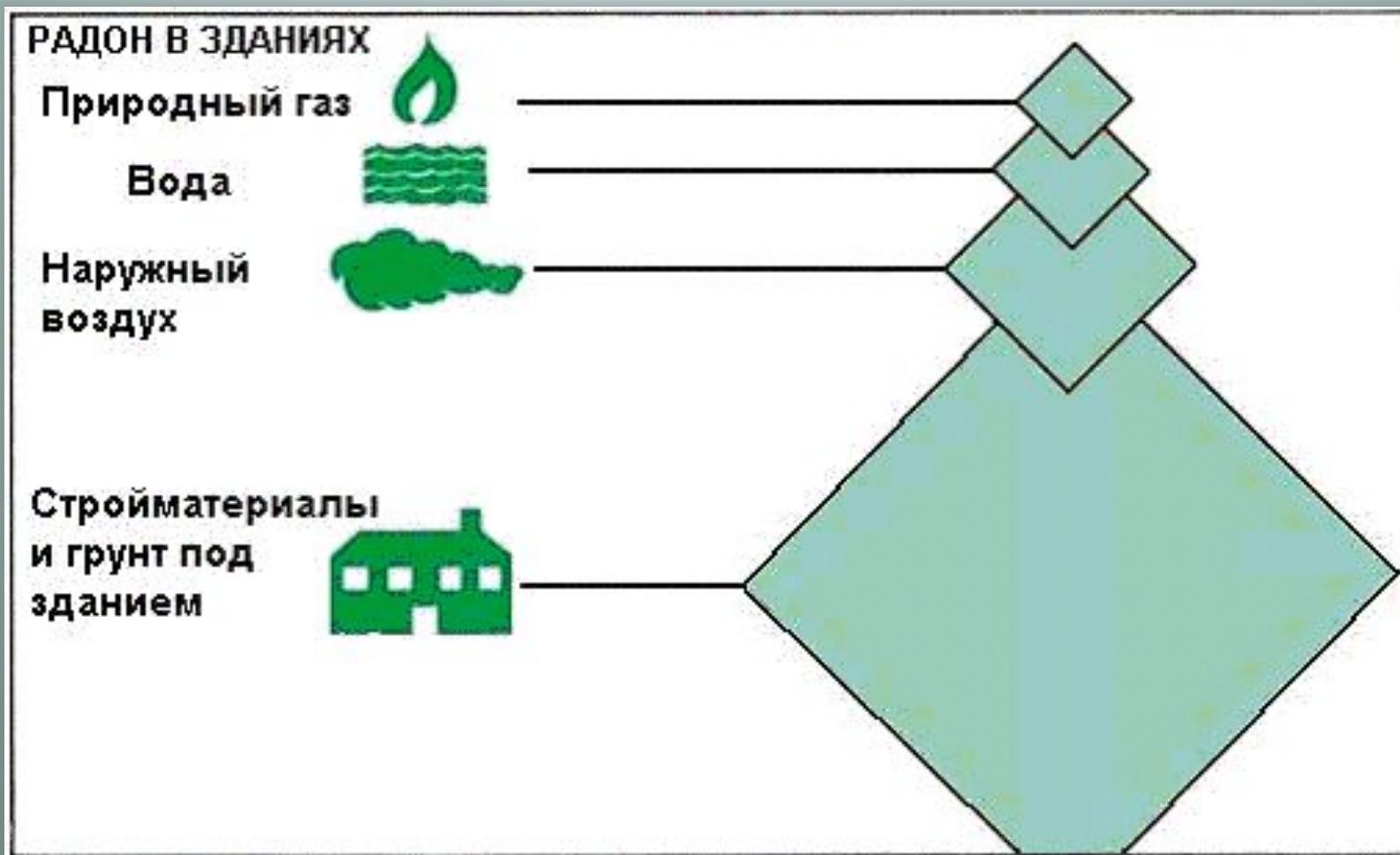
ряд урана - 25%,

^{40}K -35%

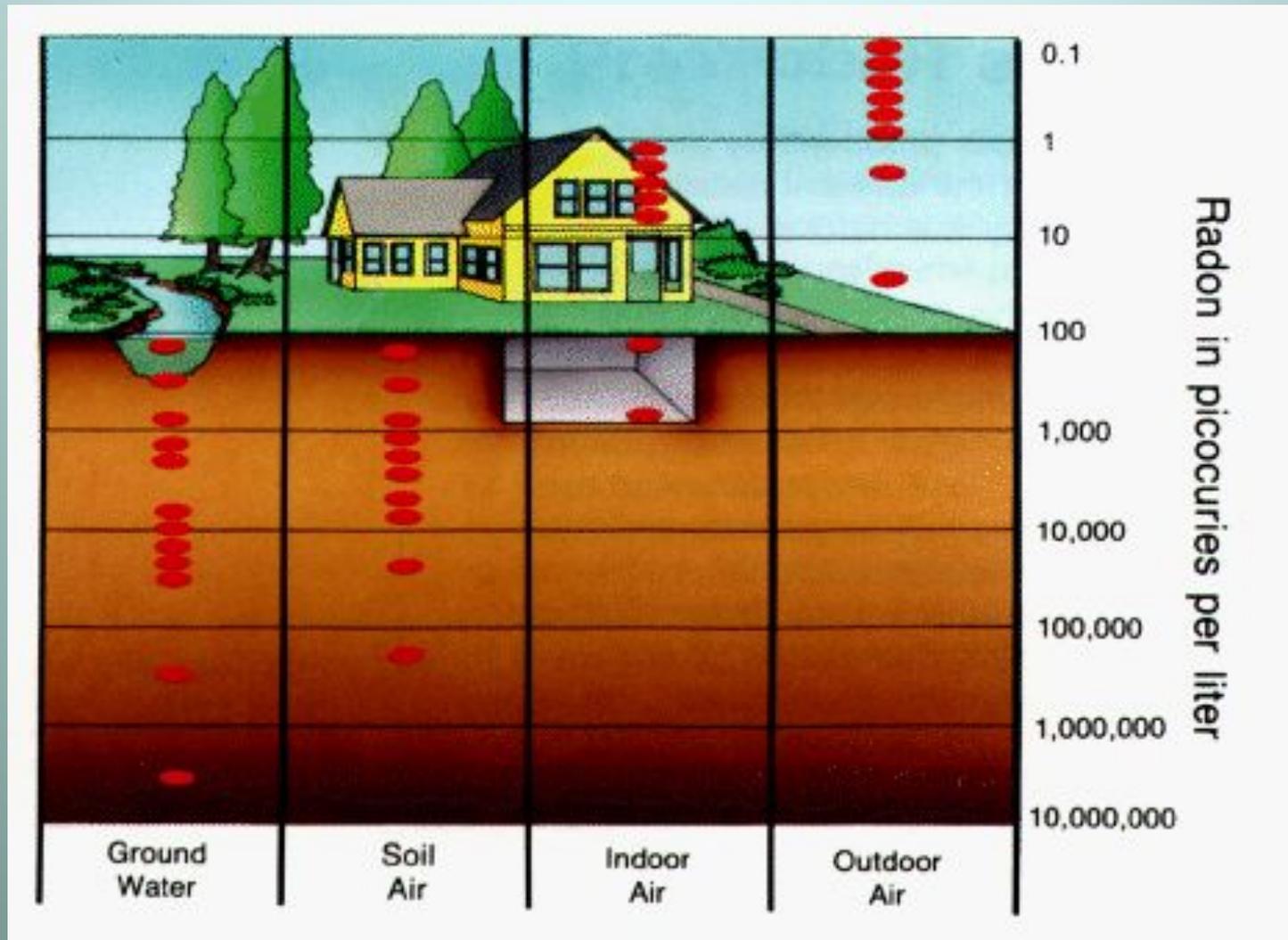
при среднем содержании элементов в почвах $8.5 \times 10^{-4} \%$, $1.5 \times 10^{-4} \%$ и 1.2% соответственно.

Максимальную энергию альфа-излучения (10.5 Мэв) имеет природный радионуклид ториевого семейства ^{212}Po .

Излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов (радон)



РАДОН



Концентрация радона в окружающей среде (пикокюри/литр)

$N.B. \text{Пико} = 10^{-12}$

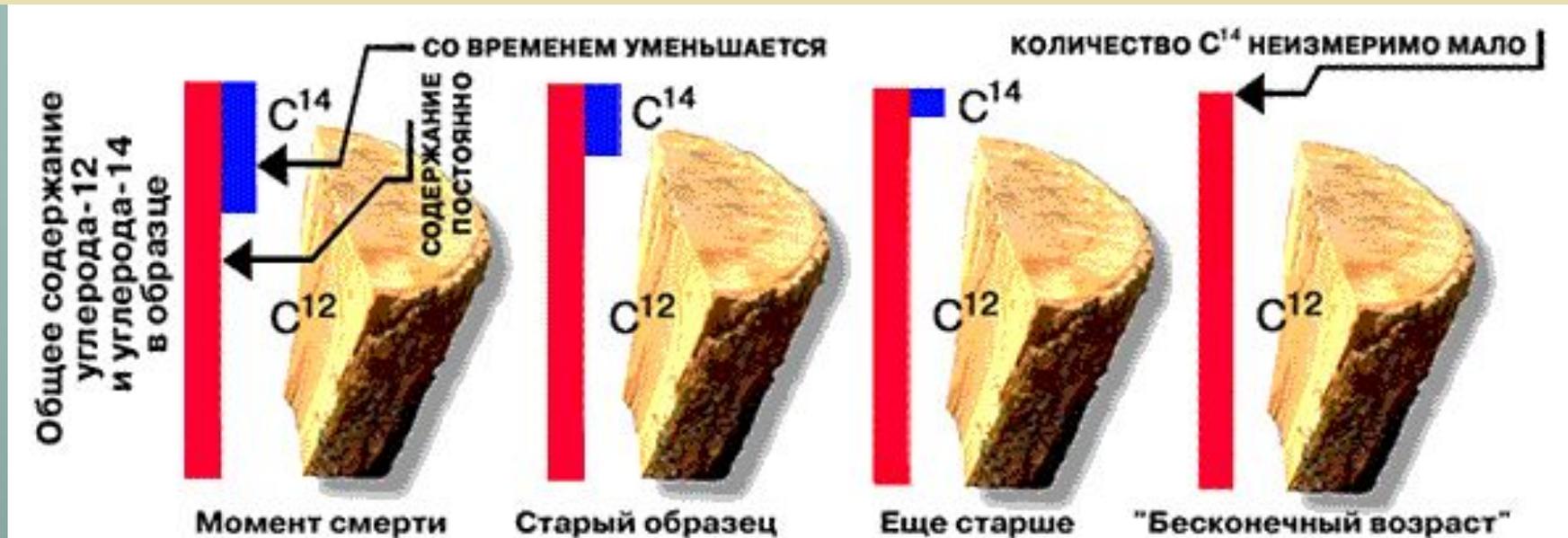
Направления исследований

Проведение радиологического датирования важнейших событий в истории Земли и человечества.

Методы модельной (изотопной) геохронологии.

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

После смерти содержание C^{12} остается постоянным, а содержание C^{14} уменьшается



Скорость распада C^{14} такова, что половина этого вещества превращается обратно в N^{14} в течение 5730 ± 40 лет. Это и есть «период полураспада» радиоактивного углерода.

За два периода полураспада, то есть за 11460 лет, останется только четверть изначального количества.

Таким образом, если соотношение C^{14}/C^{12} в образце составляет четверть от соотношения в *современных живых организмах*, теоретически этот образец имеет возраст 11460 лет

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Наиболее распространенные радиоактивные ряды урана и тория:

1. $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 4\text{He}$ ($T/2 = 4,5$ млрд.лет)
+(^{230}Th (ионий), ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{214}Bi - главный γ -излучатель и др.)

2. $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb} + 4\text{He}$ ($T/2 = 0,7$ млрд.лет)
+(^{231}Pa , ^{227}Ac , ^{223}Ra , ^{219}Rn , ^{211}Po и др.)

3. $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 4\text{He}$ ($T/2 = 10$ млрд.лет)
+(^{228}Ra , Ac , Th ; ^{220}Rn , ^{216}Po и др.)

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

РЯД 40K → 40Ar.

В смеси изотопов *Калия* радиоактивный изотоп 40K составляет 0,012%.

Причем 90% изотопа при β -распаде превращается в 40Ca, а 10% с γ -излучением превращается в 40Ar ($T/2 = 1,4$ млрд.лет).

Теоретические основы метода были разработаны советским ученым Э.Герлингом в 1943 году.

Для определения возраста обычно используют слюды - мусковит и флогопит, поскольку в них хорошо сохраняется радиогенный аргон.

В биотите и калиевом полевом шпате аргон сохраняется хуже.

РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАТИРОВАНИЕ

Для древних пород используются также методы:

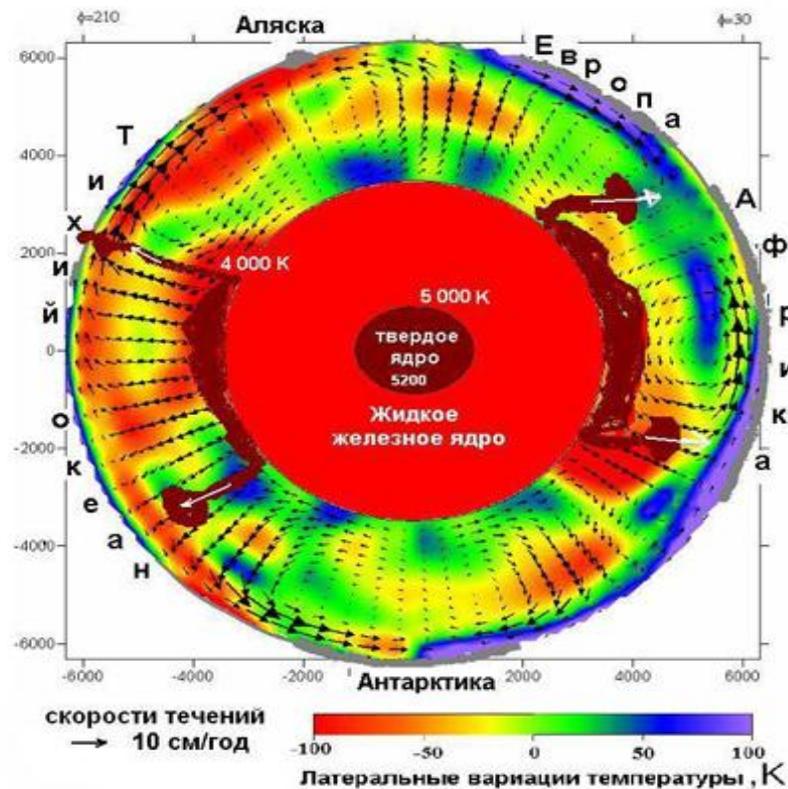
Рубидий-стронциевый: $87\text{Rb} \rightarrow 87\text{Sr}$ ($T/2=50$ млрд. лет). Природный рубидий состоит из двух изотопов – стабильного 85Rb (72,15%) и β -радиоактивного 87Rb (27,85%). Эффективен для калиевых минералов (полевые шпаты и слюды) в породах архея-протерозоя, породах Луны и в каменных метеоритах.

Самарий-неодимиевый: $147\text{Sm} \rightarrow 143\text{Nd}$ ($T/2=106$ млрд.лет). Основан на α -распаде 147Sm . Радиоактивного изотопа 147Sm в природном самарии около 15%. Геохимические свойства самария и неодимия очень близки, что способствует сохранению равновесия в минеральной системе. Эффективен для кальциевых минералов (основные плагиоклазы, пироксены) в метеоритах, в породах архея-протерозоя.

Рений-осмиевый: $187\text{Re} \rightarrow 187\text{Os}$ ($T/2=45$ млрд.лет). Основан на β -распаде 187Re . Содержание рения достигает 2-3% в молибдените. Поэтому метод разработан только для молибденита (MoS_2), где весь осмий - радиогенный. Метод дает уникальную возможность определять возраст сульфидного оруденения.

Разработка общей теории возникновения и развития Земли, учитывающей тепловую энергию в энергетическом балансе Земли.

Сечение Земли
Течения и температура в горячей каменной мантии



На дне мантии коричневым цветом показаны скопления очень горячего тяжелого вещества. С их периферии поднимаются плюмы, образующие крупнейшие вулканы

Значение радиоактивности Земли

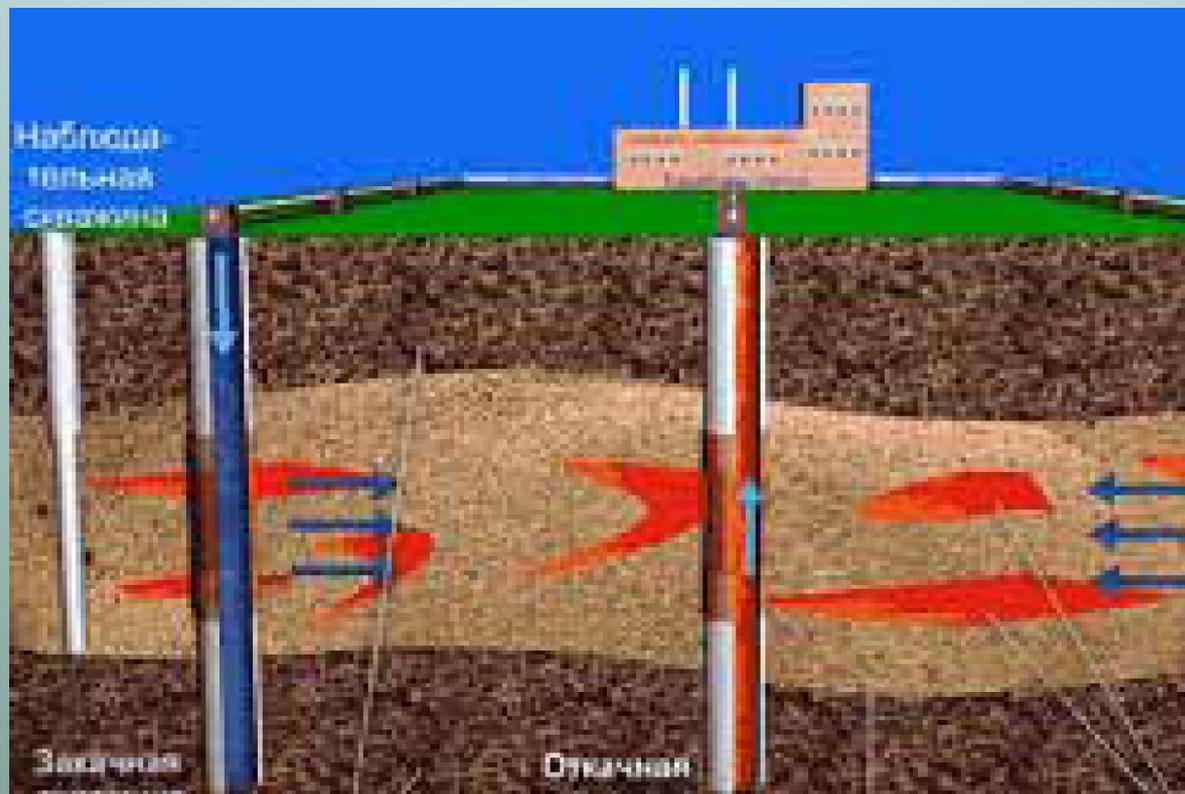
Английский геолог Дж. Джоли впервые (1905) обратил внимание на то, что радиоактивность горных пород имеет важное значение как источник тепловой энергии Земли.

Расчёты показали, что если бы концентрация радиоактивных элементов в объёме всей Земли была такой, как в её поверхностном слое, то суммарное количество тепла, образующегося в результате радиоактивного распада, в несколько десятков раз превышало бы потерю Землёй тепла путём излучения его в мировое пространство.

Следовательно - все радиоактивные элементы сосредоточены только в верхней зоне земной коры.

Такое предположение получило подтверждение в XX веке после измерения концентрации U и Th (10^{-6} %) в образцах пород из мантии, извлечённых со дна океанов.

Исследование условий формирования радиоактивных руд и экологически безопасной геотехнологии разработки месторождений полезных ископаемых.



Направления исследований

Использование радионуклидов в качестве индикаторов природных и техногенных процессов.

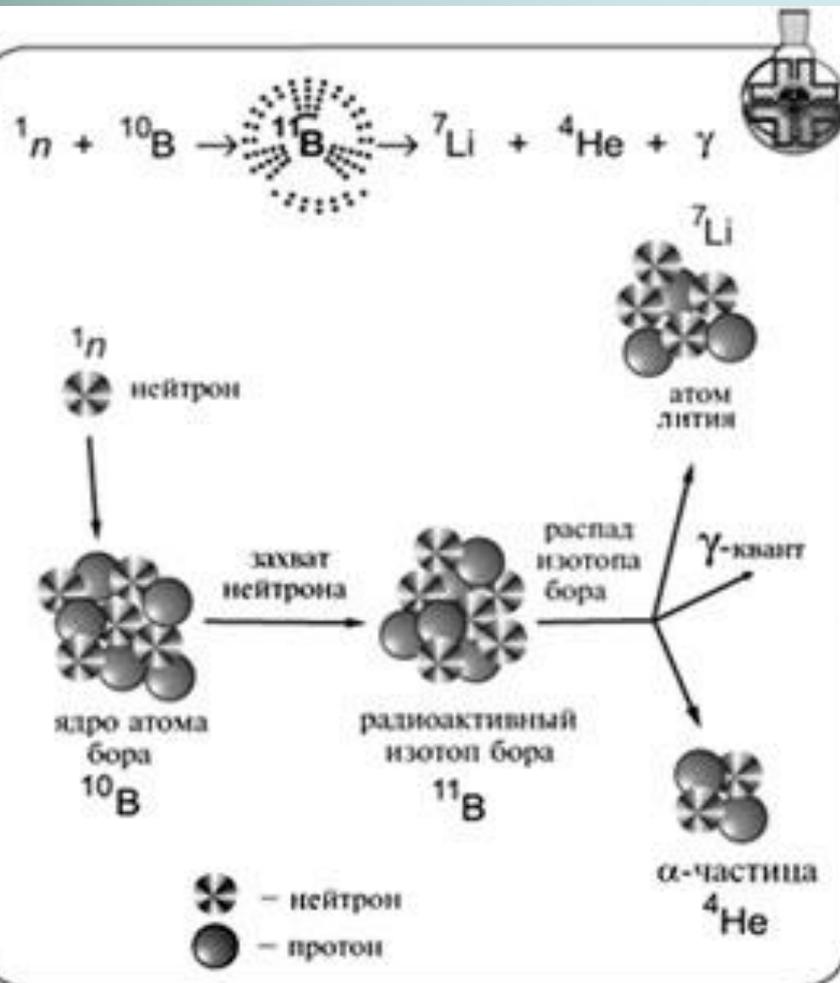
ИРН используются как трассеры в медицине, металлургии, криминалистике и т.п.

Анализ влияния радиоактивности на живые организмы и определение роли органических веществ в эволюции радионуклидов.

Изучение взаимодействия радионуклидов с биокосными системами, определение стимулирующей, ингибирующей и патогенной функций ионизирующего излучения.

Радиационные технологии

Радиационная медицина



Лечение онкологических заболеваний.

В данном случае основной «лечебный инструмент» – именно α – частицы, образующиеся при облучении бора-10 нейтронами. α – частицы обладают тем преимуществом, что имеют крайне низкую длину пробега, соизмеримую с размером клетки.

В результате α -частица, возникшая за счет ядерной реакции в опухолевой клетке, не выйдет за пределы клетки и не затронет здоровые ткани.

Радиационные технологии

Радиационная медицина



В 2010 г. сложился дефицит изотопа молибдена-99, который применяется в изготовлении радиофармопрепаратов для лечения онкологических заболеваний и проведения соответствующей диагностики. Нехватка изотопа Мо-99 составляет около 25% в связи с закрытием его производства в Канаде.

Это может отразиться на 7 млн. пациентов больниц.

Пробная партия Мо-99 сформирована в Димитровградском НИИ атомных реакторов в конце 2010 г.

Радиационные технологии

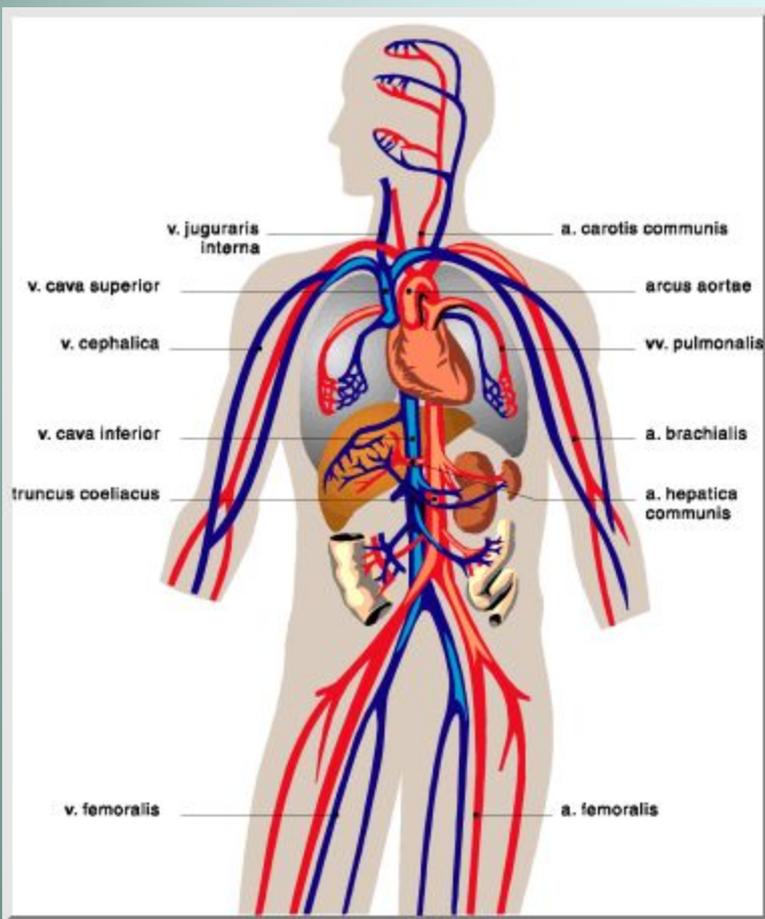


Схема диагностики организма с применением изотопа иода-125 (^{125}I)

Новый безоперационный способ лечения рака называется **брахитерапия**.

В США ежегодно проводятся 50 тыс. операций с перманентной имплантацией ИИИ.

Традиционно в брахитерапии используются изотопы кобальта, иода, цезия, иридия и палладия.

Перспективным препаратом является **иттербий-168** с периодом полураспада около месяца. На расстоянии 1 см от облучаемой мишени иттербий совершенно безопасен.

С октября 2010 г. в РФ «Атоммед» начал производство капсул $D=0,8\text{mm}$ для лечения заболеваний

Радиационные технологии

Повышение продукции сельского хозяйства



Ионизирующее облучение способствует увеличению срока сохранности семян **ЭЛИТНЫХ** сельскохозяйственных культур

Стерилизация радиоактивными изотопами семян посевных сельскохозяйственных культур дает повышение урожайности на 20 – 25% в год



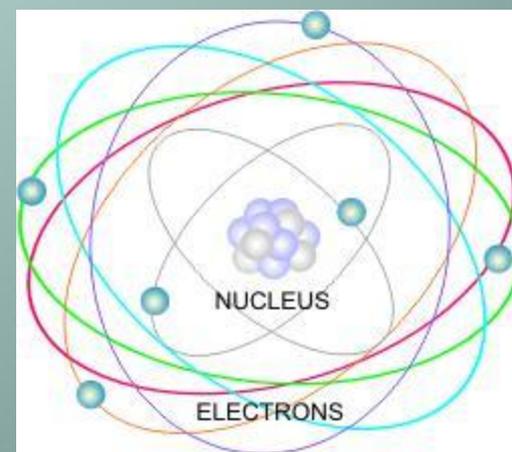
Радиационные технологии

1. Неразрушающий контроль материалов
2. Материаловедение – упрочнение металлов и сплавов



Аппаратура для неразрушающего контроля изделий и материалов

Радиоактивный изотоп ^{75}Se используется в качестве мощного источника гамма-излучения для дефектоскопии



Радиационные технологии

Аппаратура ЯРМ - аэро-гамма спектрометры



Аэро-гаммаспектрометрическая съемка является дистанционным геохимическим видом поисков, поскольку позволяет быстро и с высокой степенью точности определять в поверхностном слое коренных пород энергию гамма-излучения, связанного с распадом калия, тория и урана. Соотношения этих элементов позволяют экспрессно выявлять месторождения литофильных (U, TR, Nb, Zr, Sn) и халькофильных (Au, Ag, Mo, Cu, Bi) элементов.

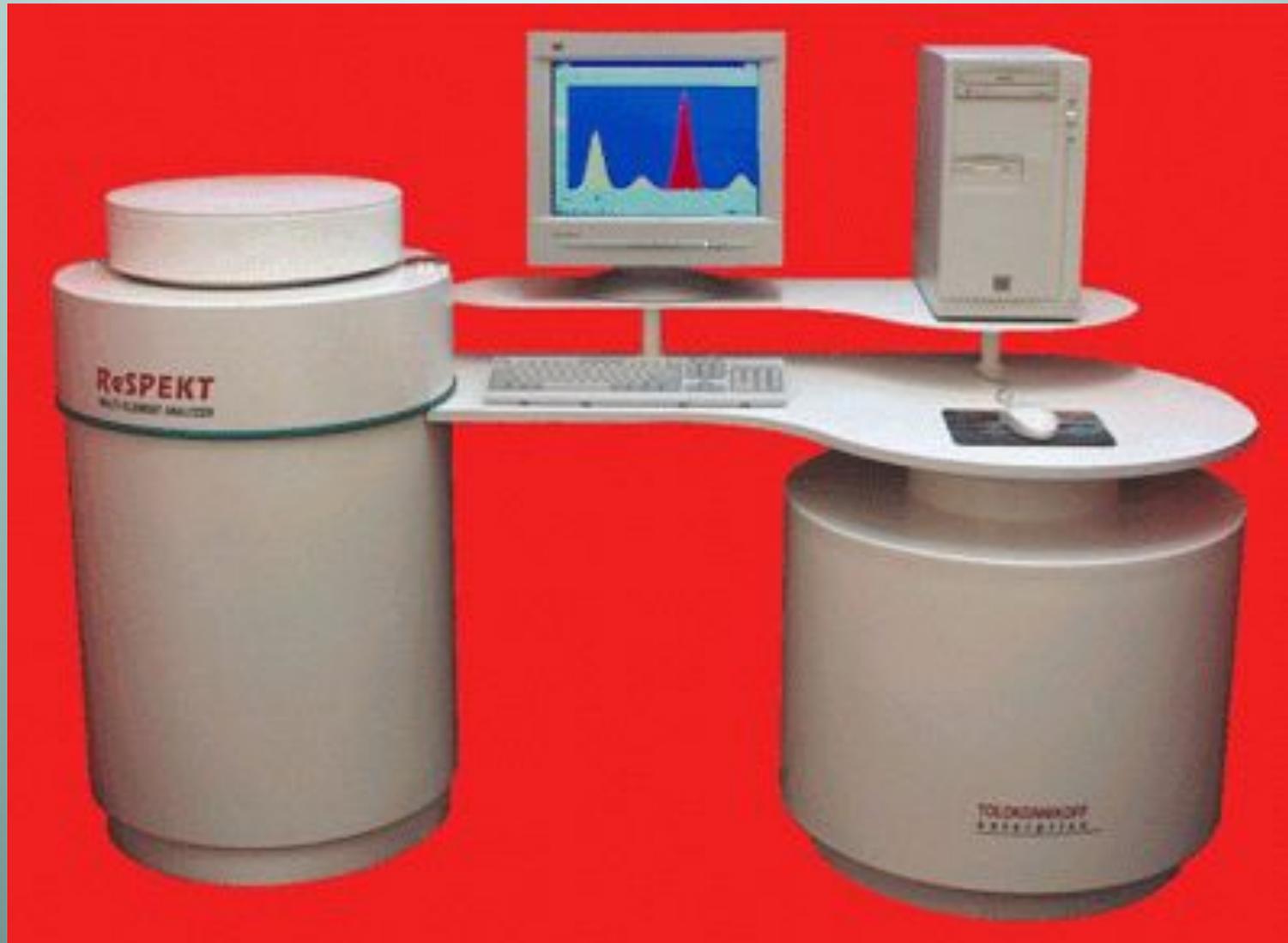
Радиационные технологии



Количественный анализ химического состава горных пород, руд, продуктов их переработки, синтетических материалов и объектов окружающей среды на предмет главных и элементов-примесей. Производительность данного вида работ - до одной тысячи проб в неделю - в зависимости от количества определяемых элементов ($n=64$) и уровня их содержания.

Обзорный полуколичественный анализ, идентификация веществ и материалов.

Радиационные технологии

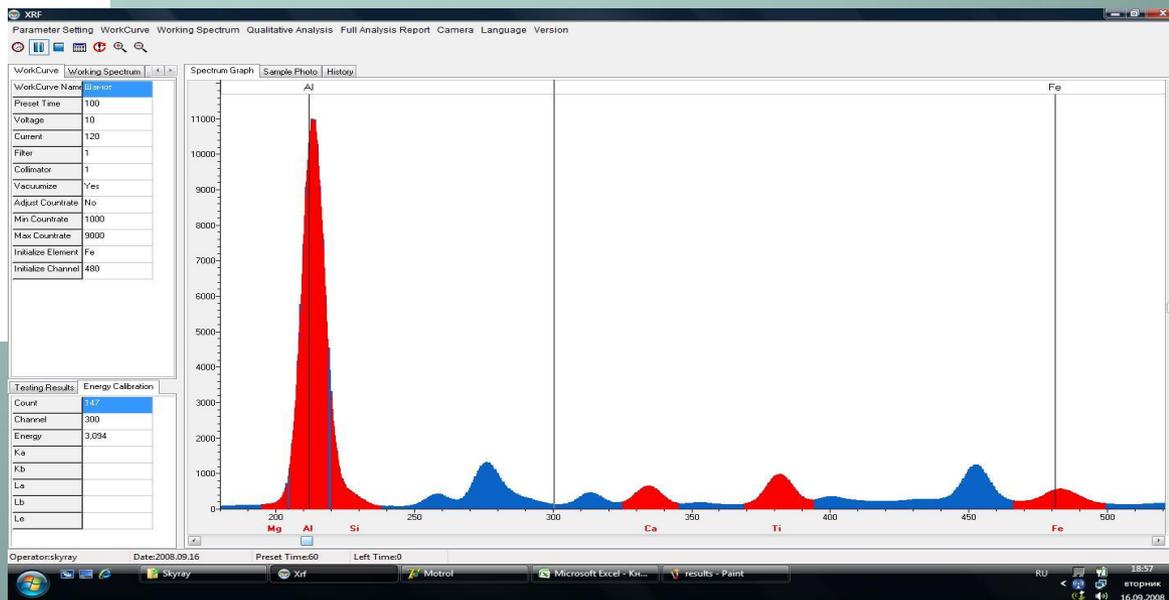


Радиационные технологии



Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) — один из современных спектроскопических методов исследования руд и горных пород с целью получения элементного состава.

С помощью него могут анализироваться различные элементы от бериллия (Be) до урана (U). Метод РФА основан на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением.

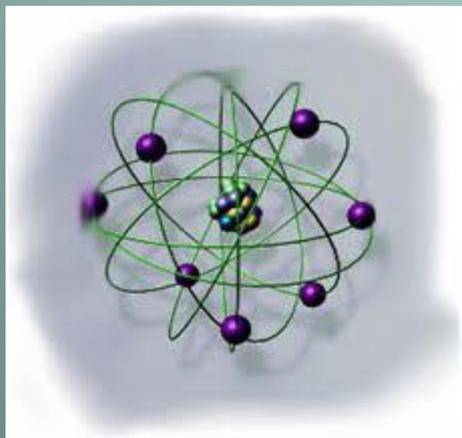


Радиационные технологии

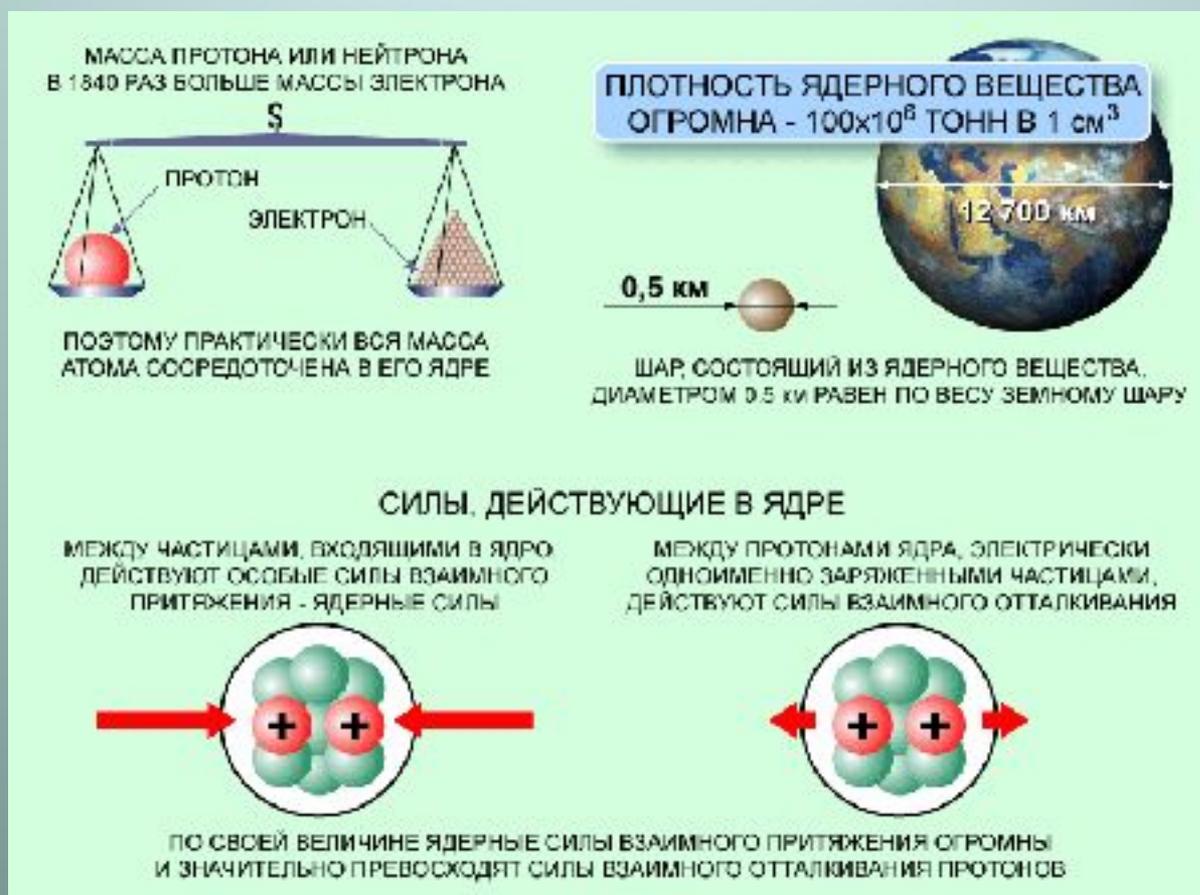
**Совокупный
рынок
радиационных
технологий
в 2012 г.
составил более
110 млрд \$ US**



Установка для обеззараживания сточных вод

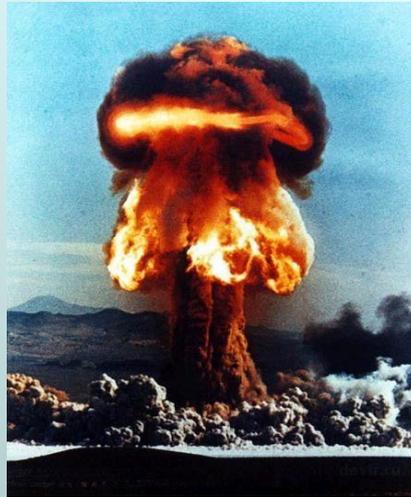


При делении 1 грамма изотопов урана или плутония выделяется 22.5 тысяч кВт·ч энергии, что соответствует сжиганию почти 3 тонн условного топлива.

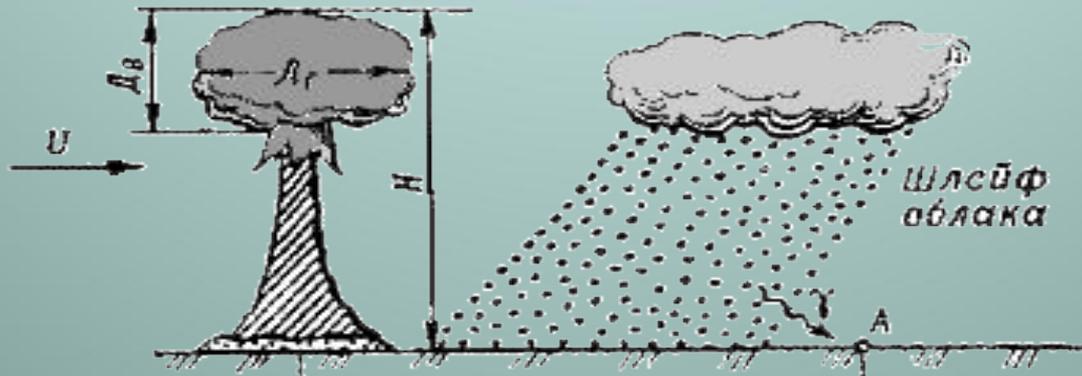


Оценка радиационной обстановки

Ядерные взрывы

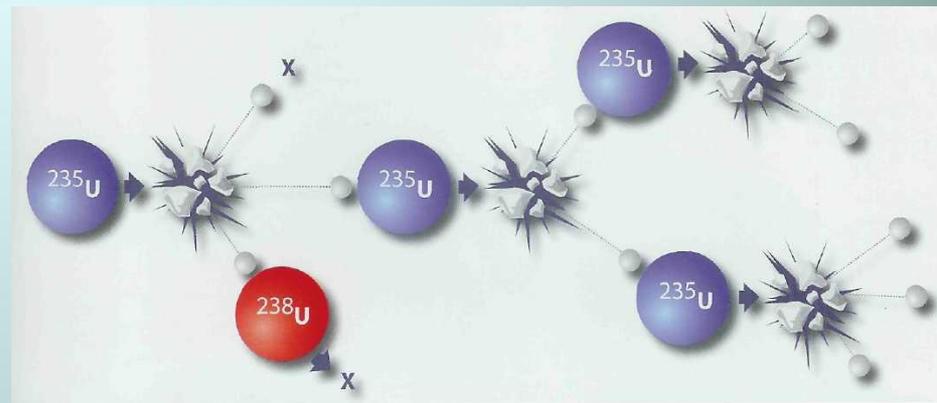
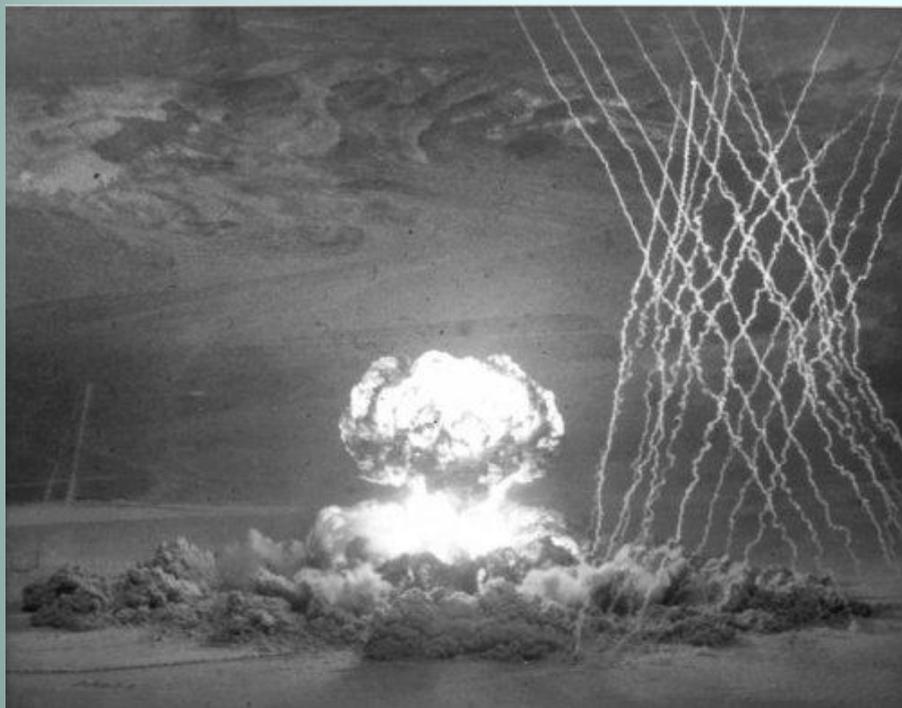


«Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение?»
В. Вернадский



В каждой точке следа с удалением от центра взрыва, выпадают радиоактивные частицы разного размера, средний размер частиц уменьшается по мере удаления от места взрыва. Шлейф облака может распространяться на значительные расстояния.





Ядро урана под воздействием нейтрона делится на два осколочных ядра.

При этом выделяются новые нейтроны.

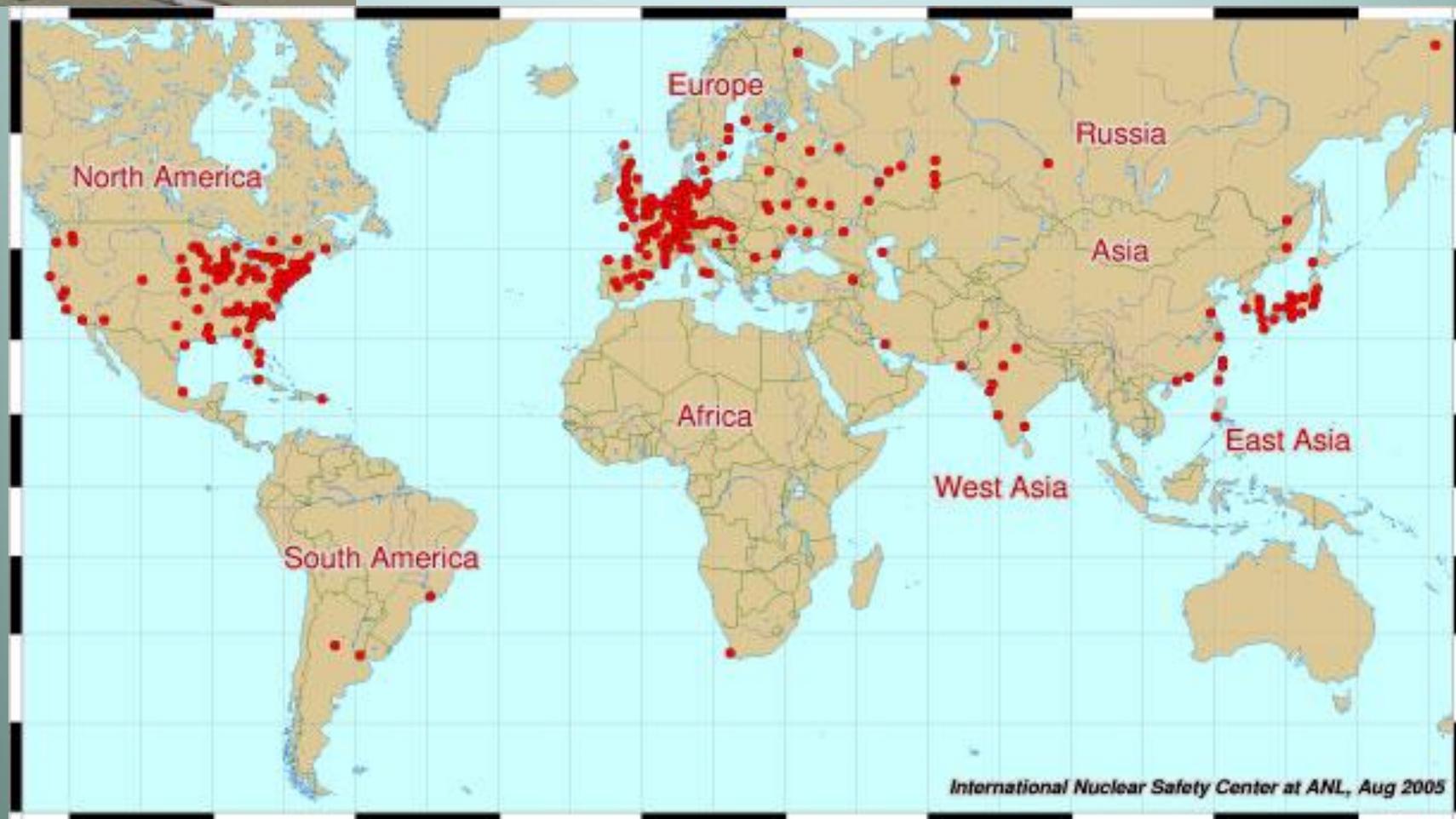
Они в свою очередь вызывают деление других ядер урана.

Испытания ядерного оружия 1945 – 1990 гг.

Характеристика	СССР	США
Общее число ядерных испытаний	715	1056*
Общее число групповых ядерных испытаний	146	63
Общее число взорванных ядерных зарядов и устройств в испытаниях и мирных взрывах	969	1151
Общее число ядерных испытаний в военных целях	559	1029
Общее число взорванных ядерных зарядов в военных целях	796	1116
Общее число взрывов в мирных целях	124	27
Общее число ядерных устройств, взорванных в мирных целях	135	35
* Включая два ядерных взрыва 1945 года в Японии и 24 ядерных испытания, проведённых на Невадском полигоне совместно с Великобританией.		



Излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов.



Карта расположения атомных электростанций

Ядерная энергетика Японии

В Японии работают 55 ядерных реакторов АЭС, которые вырабатывают 29,3% электричества в стране.

По информации Японского атомного промышленного форума, общая выработка на атомных станциях в 2014 году составила 292,3 миллиарда кВт/ч электроэнергии.



(В РФ 31 энергоблок
вырабатывает 23,2 ГВт)



AP

АЭС Фукусима до взрыва

Почему случаются землетрясения

Механизм образования землетрясений



Другие виды землетрясений

-  техногенные
-  вулканические
-  обвальные
-  землетрясения искусственного характера (вызваны ядерными взрывами)

Предупреждение сильных землетрясений

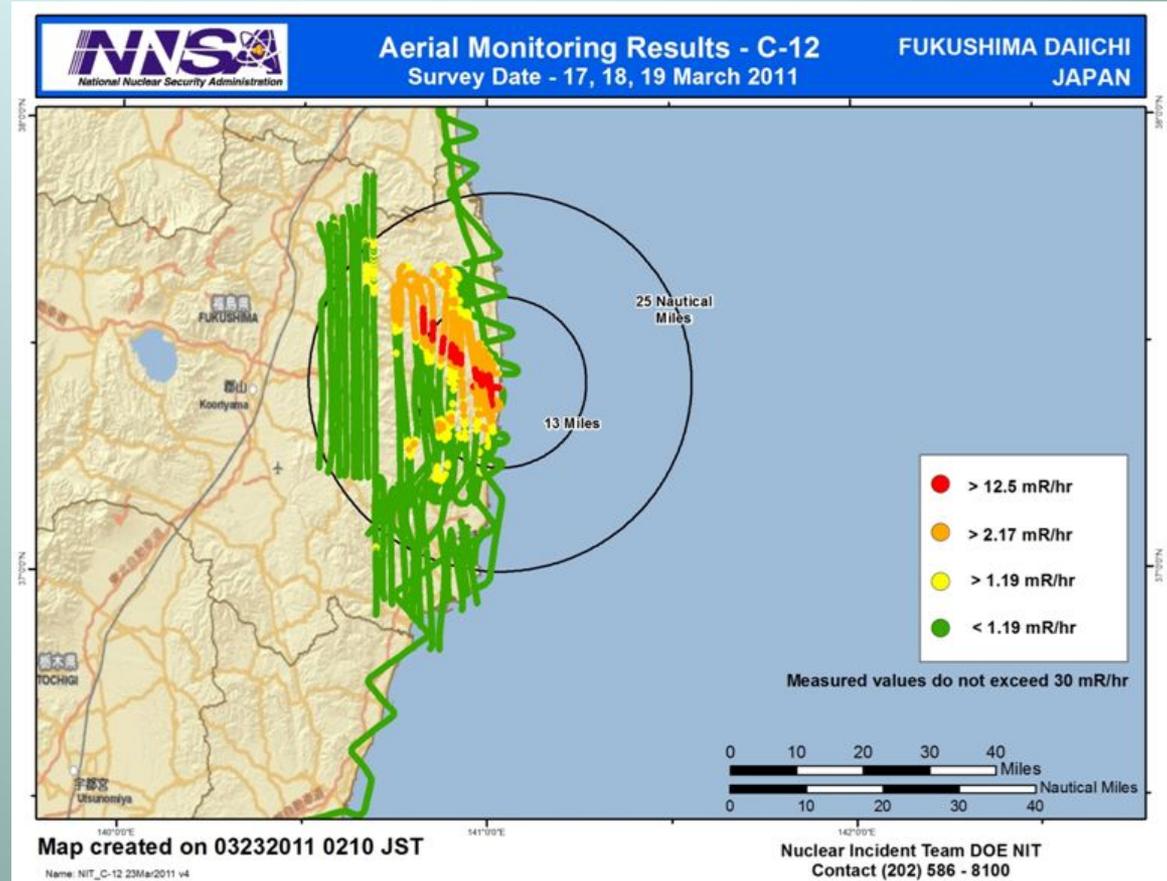
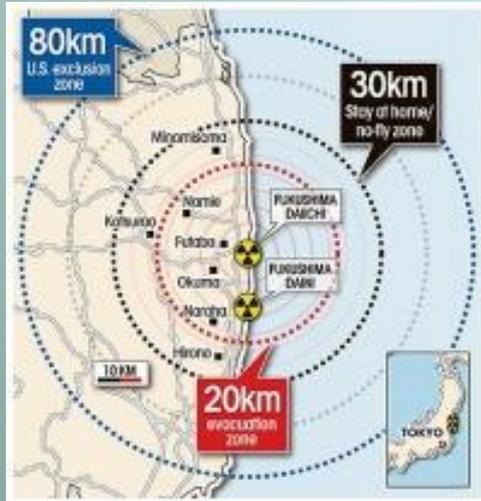
-  провокация мелких толчков в зоне разлома для снятия напряжения
-  закачка воды в скважины вдоль линии разлома (вода как смазка трещин)

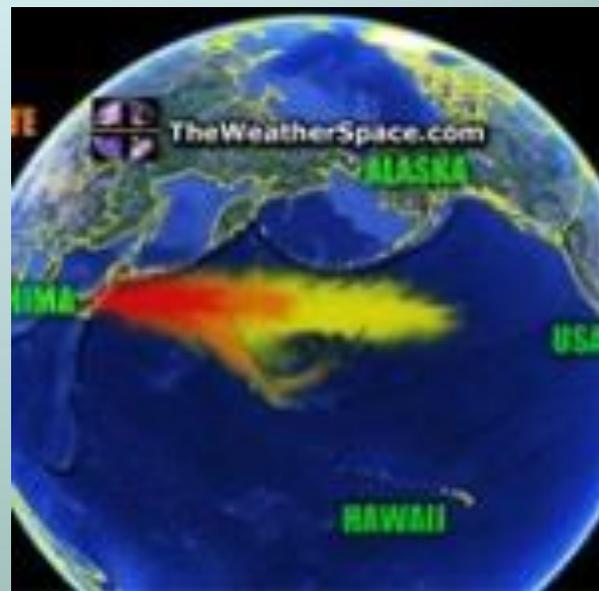
Прогнозирование землетрясений

-  измерение упругой деформации поверхности Земли с помощью теодолита или лазерного луча
-  исследование искривления поверхности земли наклономерами
-  постоянный мониторинг сейсмоопасных зон
-  исследование уровня воды в грунте

Магнитуду землетрясения измеряют по шкале Рихтера: возрастанию магнитуды на единицу соответствует 30-кратное увеличение освобожденной сейсмической энергии

Радиационная обстановка в районе Фукусима 17-19 марта 2011 года





Радиационный шлейф
11-15 марта 2011 г.

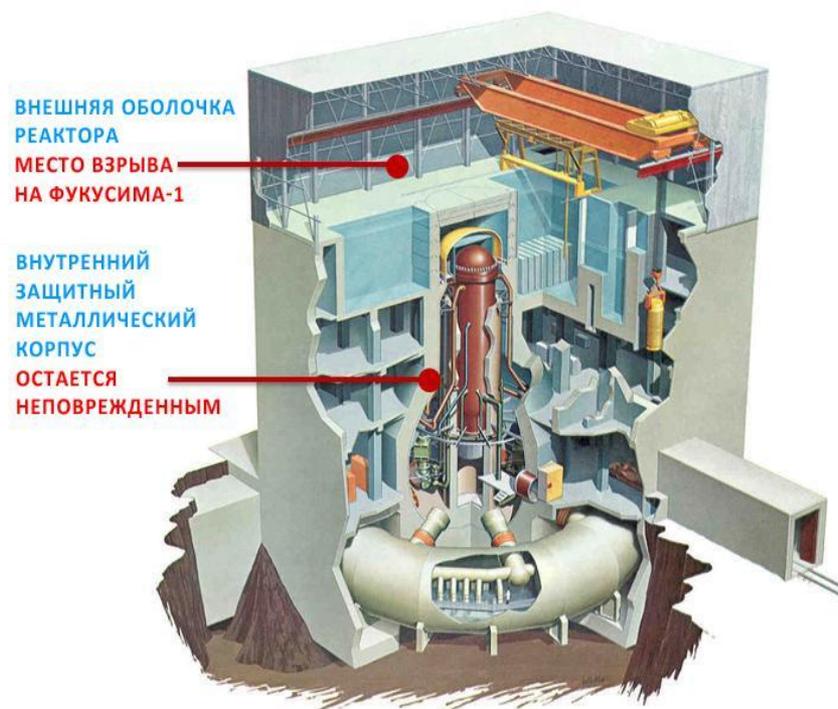


СХЕМА КИПЯЩЕГО ЛЕГКОВОДНОГО РЕАКТОРА НА
АЭС ФУКУСИМА-1, ЯПОНИЯ

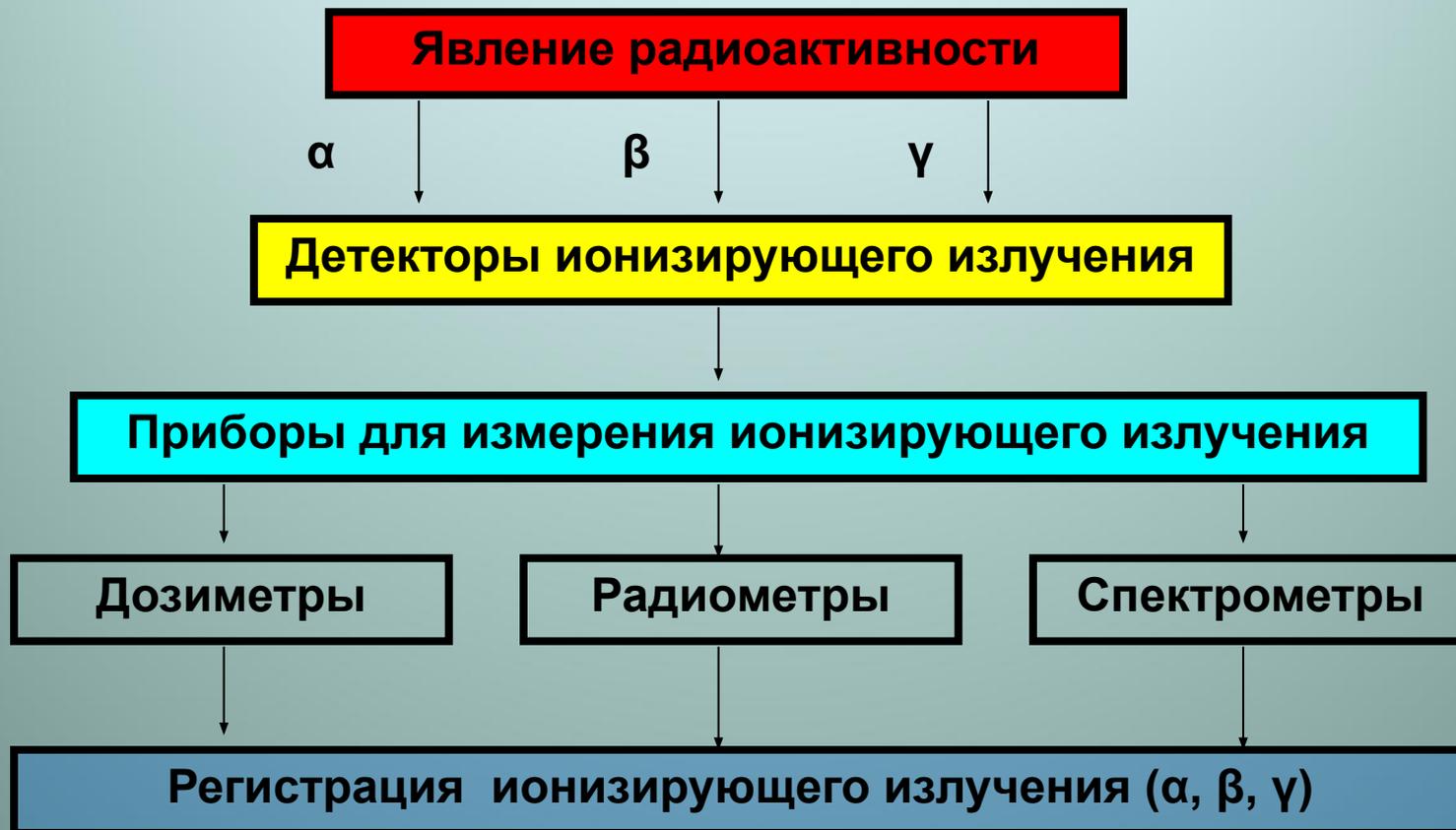


По оценкам INES, максимальный, седьмой, уровень характеризуется выходом в окружающую среду радиоактивных материалов, превышающих десятки тысяч терабеккерелей (ТБк) йода-131 в час.
(NB. Тера=10¹²)

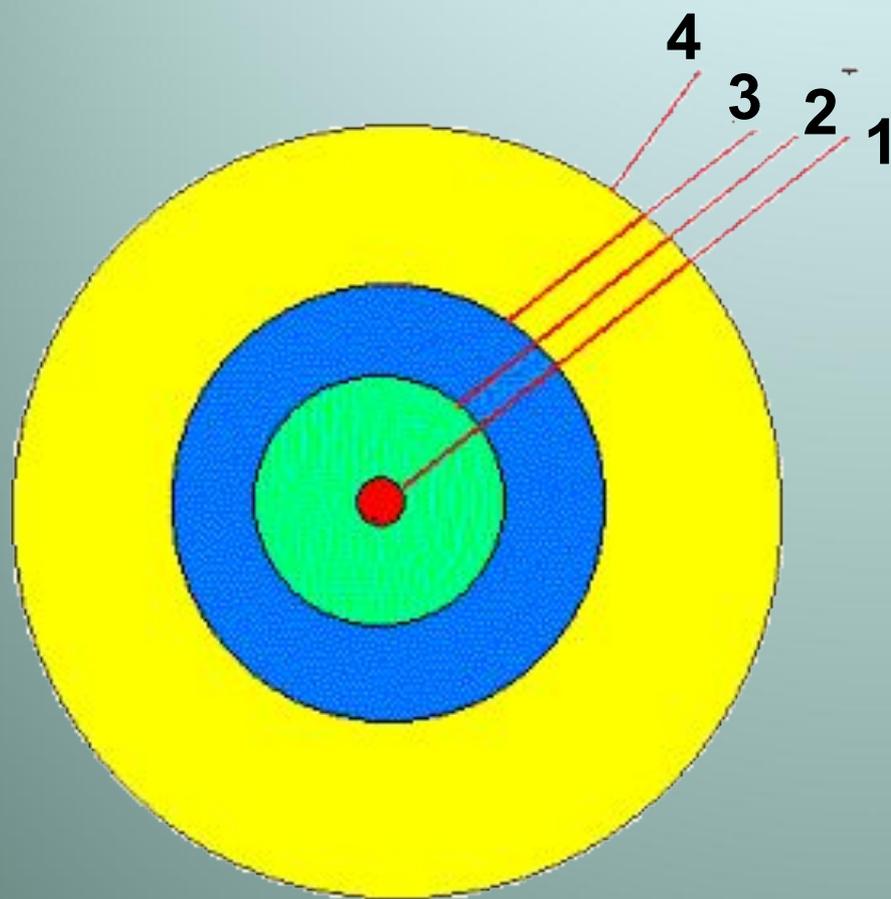
Шкала радиационных аварий INES

Уровень аварии	Население и окружающая среда	Радиологические барьеры и контроль
Уровень 7. Крупная авария	Сильный выброс (радиологический эквивалент более нескольких десятков тысяч ТераБк иода-131): тяжёлые последствия для здоровья населения и для окружающей среды	
Уровень 6. Серьёзная авария	Значительный выброс (радиологический эквивалент более нескольких тысяч ТераБк иода - 131): требуется полномасштабное осуществление плановых мероприятий по восстановлению	
Уровень 5. Авария с риском для окружающей среды	Ограниченный выброс: требуется частичное осуществление плановых мероприятий по восстановлению	Тяжёлое повреждение активной зоны и физических барьеров
Уровень 4. Авария без значительного риска для окружающей среды	Минимальный выброс: облучение населения в пределах допустимого	Серьёзное повреждение активной зоны и физических барьеров; облучение персонала с летальным исходом
Уровень 3. Серьёзный инцидент	Пренебрежительно малый выброс: облучение населения ниже допустимого предела	Серьёзное распространение радиоактивности; облучение персонала с серьёзными последствиями
Уровень 2. Инцидент		Значительное распространение радиоактивности; облучение персонала за пределами допустимого
Уровень 1. Аномальная ситуация		

Система радиационной безопасности



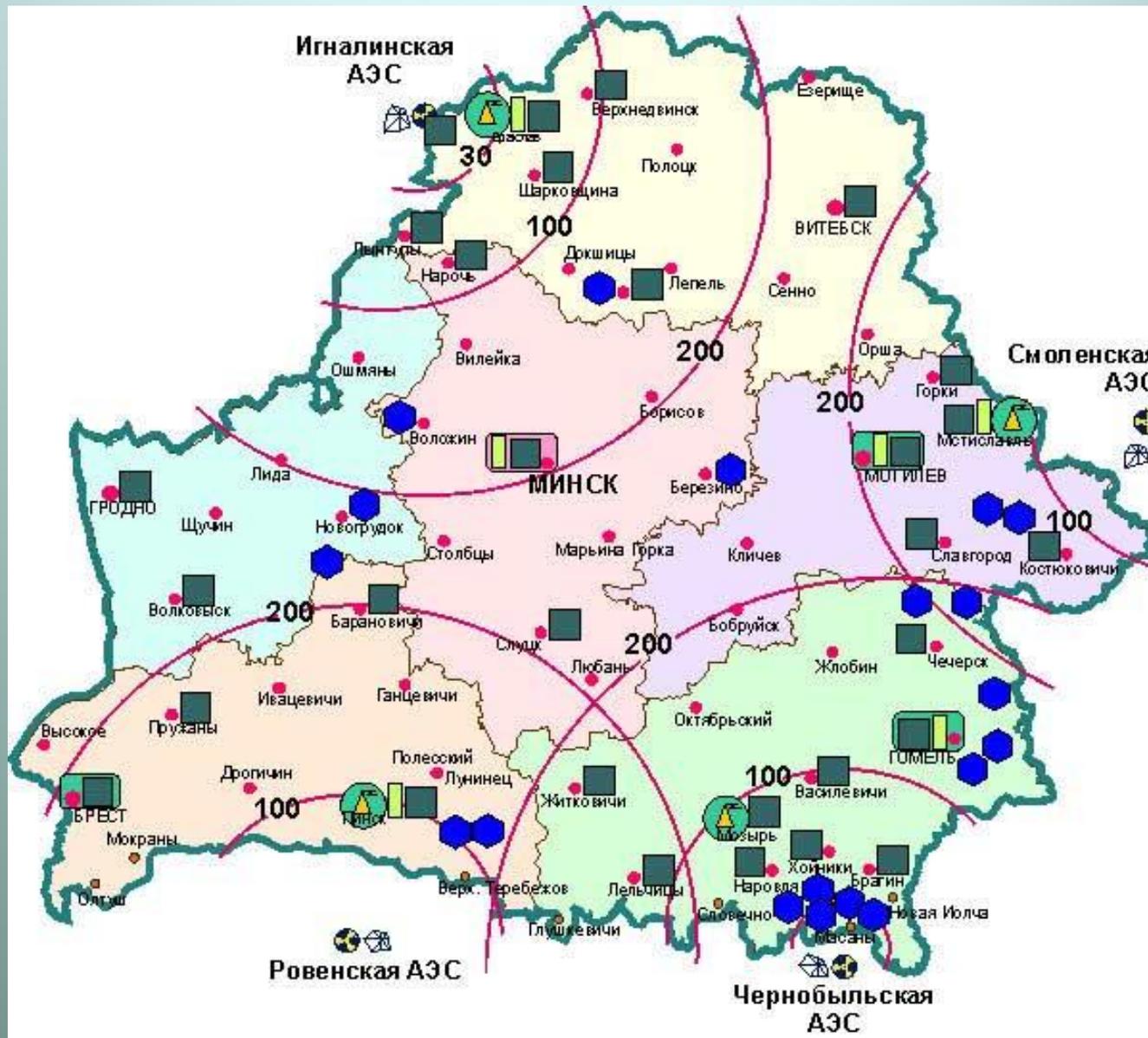
Оценка радиационной обстановки



По регламенту радиационной безопасности вокруг АЭС установлены следующие зоны:

1. Санитарно - защитная (радиус 3 км)
2. Возможного опасного загрязнения (30 км)
3. Наблюдения (50 км)
4. Проведения защитных мероприятий (100 км)

Оценка радиационной обстановки





Хвостохранилище в Майлусуу

Радиоактивные отходы и их хранение

Радиоактивные элементы играют роль меченых атомов при изучении природных процессов и позволяют выработать общие принципы утилизации продуктов жизнедеятельности цивилизации.

Попытки решить вопросы захоронения радиоактивных отходов способами, **не** основанными на естественнонаучных **законах**, дают только временные, промежуточные решения, но не приведут к эффективным долговременным результатам.

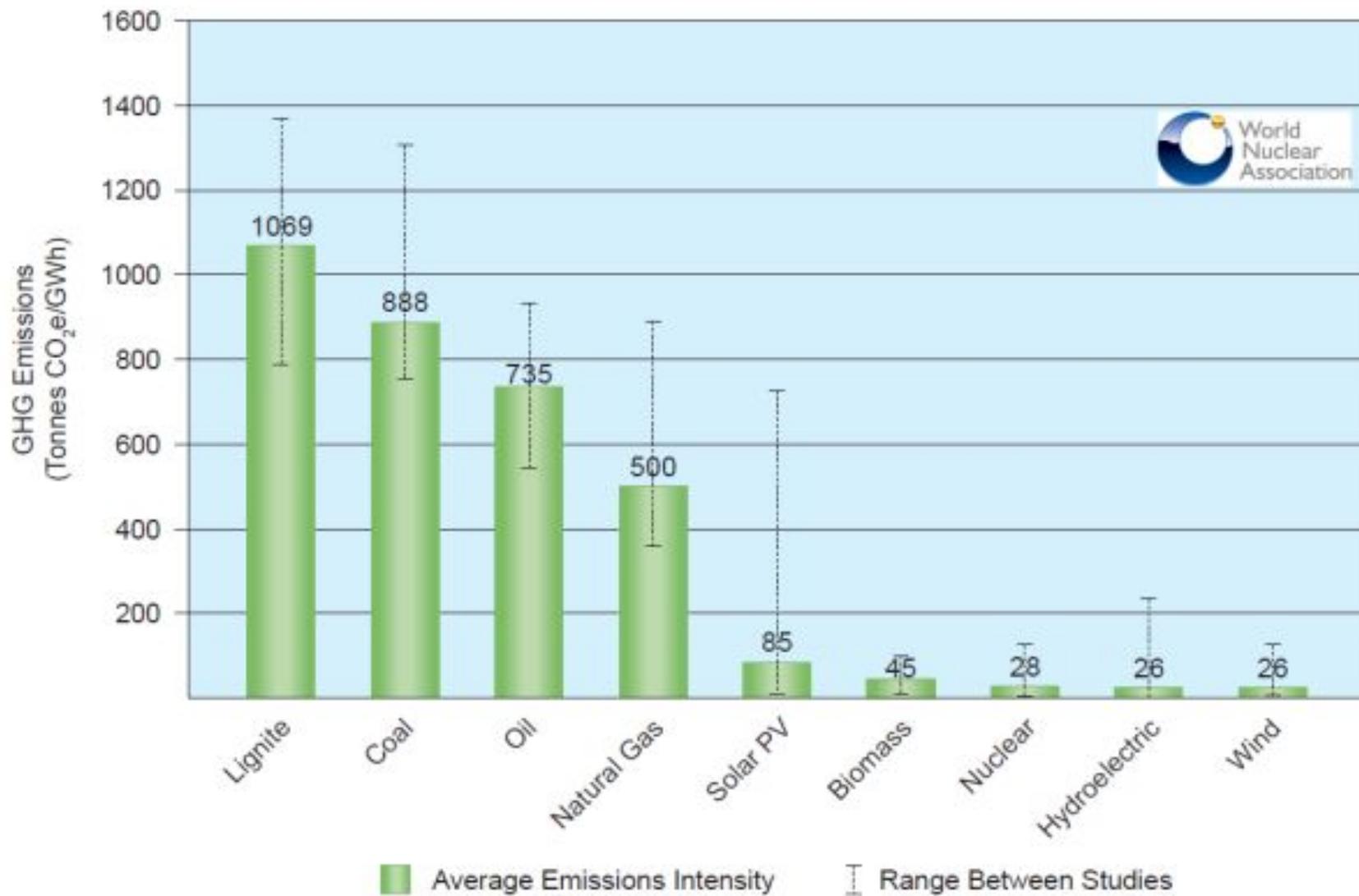
Влияние отходов на окружающую среду

Факторы воздействия на среду	ТЭС	АЭС
Топливо	3,5 млн. т. угля	1,5 т урана или 1000 тонн урановой руды
Отходы:		
Углекислый газ		
Сернистый ангидрид	10 млн. т.	—
Зола	400 тыс. т.	—
Радиоактивные	100 тыс. т.	—
		2 т.

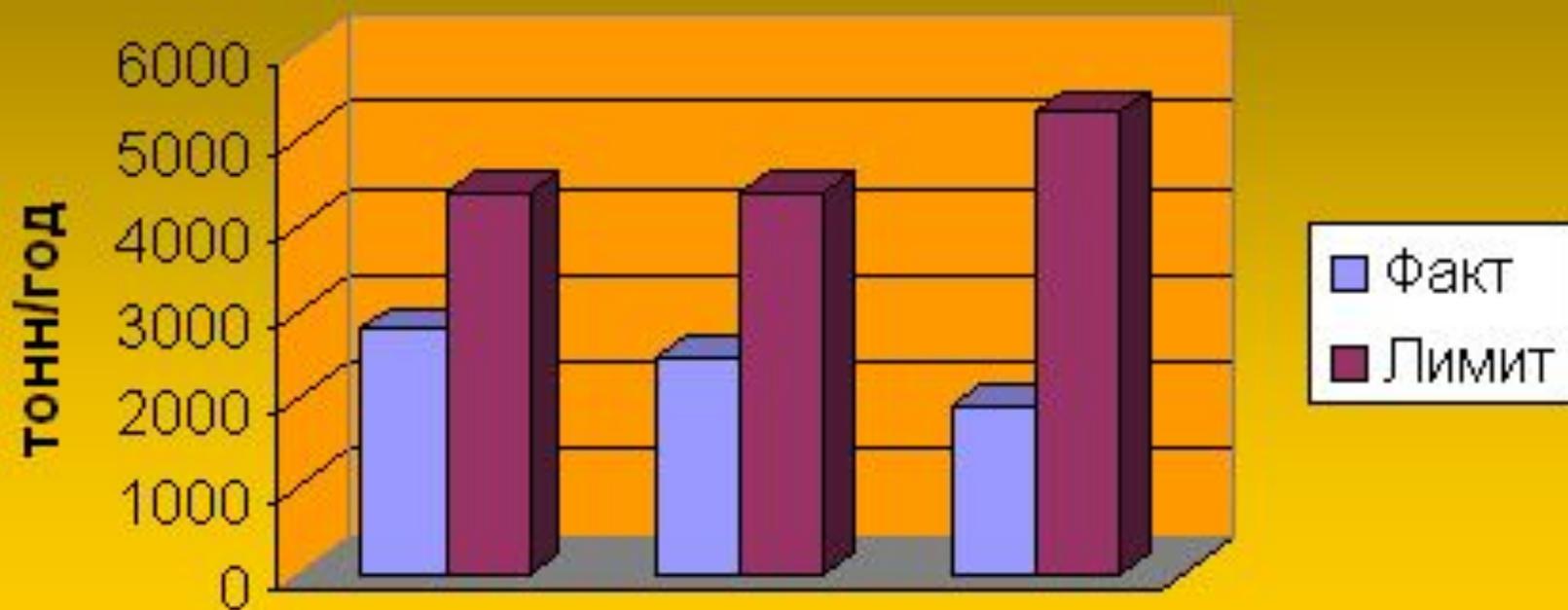


Отвалы Шерловогорские (Забайкалье)

Эмиссия углекислого газа



Выбросы загрязняющих веществ АЭС в 2002 - 2004 гг.



Задачи дозиметрии

Задачи радиозэкологических и дозиметрических измерений и способы их решения заключаются в:

Поценке поля дозы облучения, сформированного в природной среде и живом организме в реальных условиях;

Поопределении предельно-допустимого уровня излучения и допустимой концентрации радионуклидов;

Поприборном обеспечении спектрометрии α -, β - и γ - активности объектов окружающей среды;

Поизмерении радиоактивности проб (почвы, воды, снега, продуктов питания, растительности, горных пород, минералов, и т.д.);

Поопределении интегральной радиоактивности;

По выявления наиболее распространенных радионуклидов - загрязнителей природной среды и установлении схемы их распада;

По разработке методов выделения активности отдельных радионуклидов из спектра сложного состава и др.

ДОЗА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ — мера действия излучения в какой-либо среде.

Величина дозы ионизирующего излучения (D_u) зависит от:

- вида излучения (нейтроны, γ -кванты и т. д.),
- его интенсивности,
- энергии частиц,
- времени облучения
- состава облучаемого вещества.

Различают поглощенную дозу, удельную поглощенную дозу, экспозиционную дозу, эквивалентную дозу, удельную эквивалентную дозу, интегральную дозу, предельно допустимую дозу.



00.12

МКЗв/ч
1МКЗв/ч=100МКР/ч

ДОЗИМЕТР
МИГ-2

Методы дозиметрических исследований

- ✓ ионизационный,
- ✓ сцинтилляционный,
- ✓ люминесцентный,
- ✓ фотографический,
- ✓ химический,
- ✓ дозиметрия нейтронов,
- ✓ дозиметрия заряженных частиц,
- ✓ микродозиметрия и др.



РЕЖИМ
TERRA-П

0.13 $\mu\text{Sv/h}$

РЕЖИМ РАБОТЫ
МОЩНОСТЬ ГАММА-ДОЗЫ
ЭНЕРГИЯ ИОН. ДОЗЫ
РАСЧЕТНОЕ ВРЕМЯ

Вива
Дозиметр-радиометр МКС-05 (РЭЗ)

ЗАО "ВИВА-ТЕЛЕКОМ"



12/13
www.e-v-t.ru

История атомов

Химические свойства атомов неизменны.

Химические условия среды постоянно меняются, быстрее или медленнее.

Эта совокупность стабильного и изменяющегося создает историю земной коры, позволяет понять настоящее и восстановить прошлое.



Связь с естественными науками



Геохимия это наука о химии элементов нашей планеты.

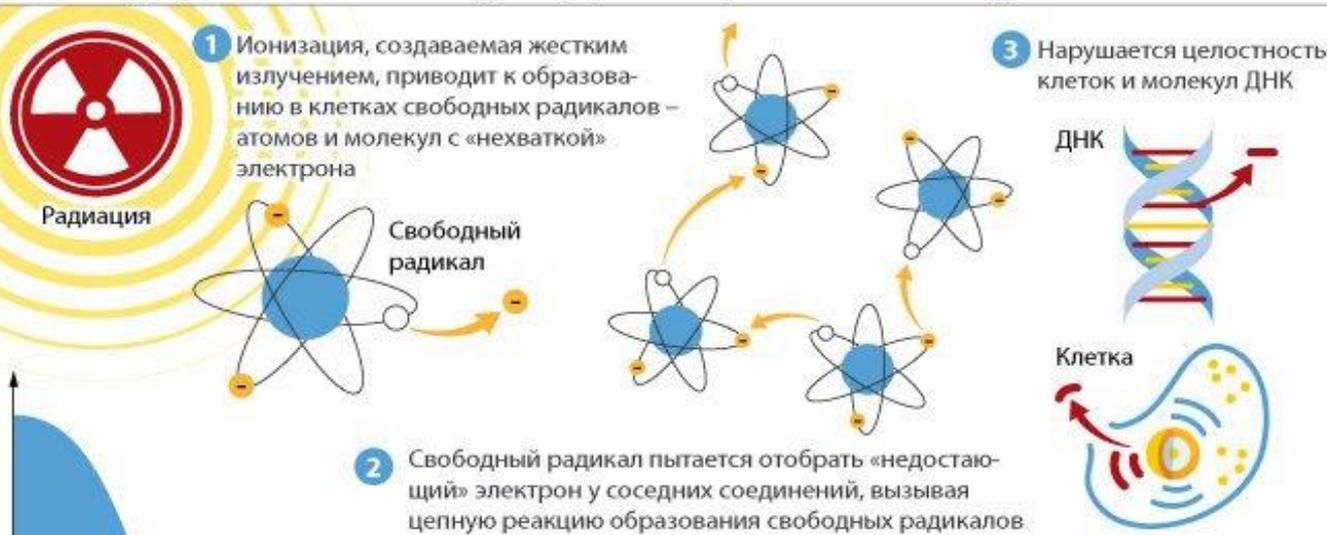
«Геохимия научно изучает химические элементы, т.е. атомы земной коры и насколько возможно - всей планеты. Она изучает их историю, их распределение и движение в пространстве-времени, их генетические на нашей планете соотношения»

Владимир Вернадский

Основные этапы развития естественнонаучного знания

Период (века)	Ведущая идея	Социальная роль естествознания
XVII	Стабильность Мира	Использование даров природы
XVIII -XIX	Идея развития	Познание природы и начало ее активного освоения
Конец XIX - XX	Покорение природы	Преобразование ландшафтов и биоценозов
Настоящее время	Всеобщие информационные связи	Гармония человека и природы, рациональное природопользование

Воздействие радиации на организм человека



Результатом воздействия радиации становится:

- массовая гибель клеток
- развитие раковых заболеваний
- развитие генетических мутаций



100

Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы

Воздействие различных доз облучения

Доза, Гр*	0,0007-0,002	0,05	0,1	0,25	1,0	3-5
Доза, получаемая за год в нормальных условиях	Предельно допустимая доза профессионального облучения в год	Уровень удвоения вероятности генных мутаций	Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах	Доза возникновения острой лучевой болезни	Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга	

10-50

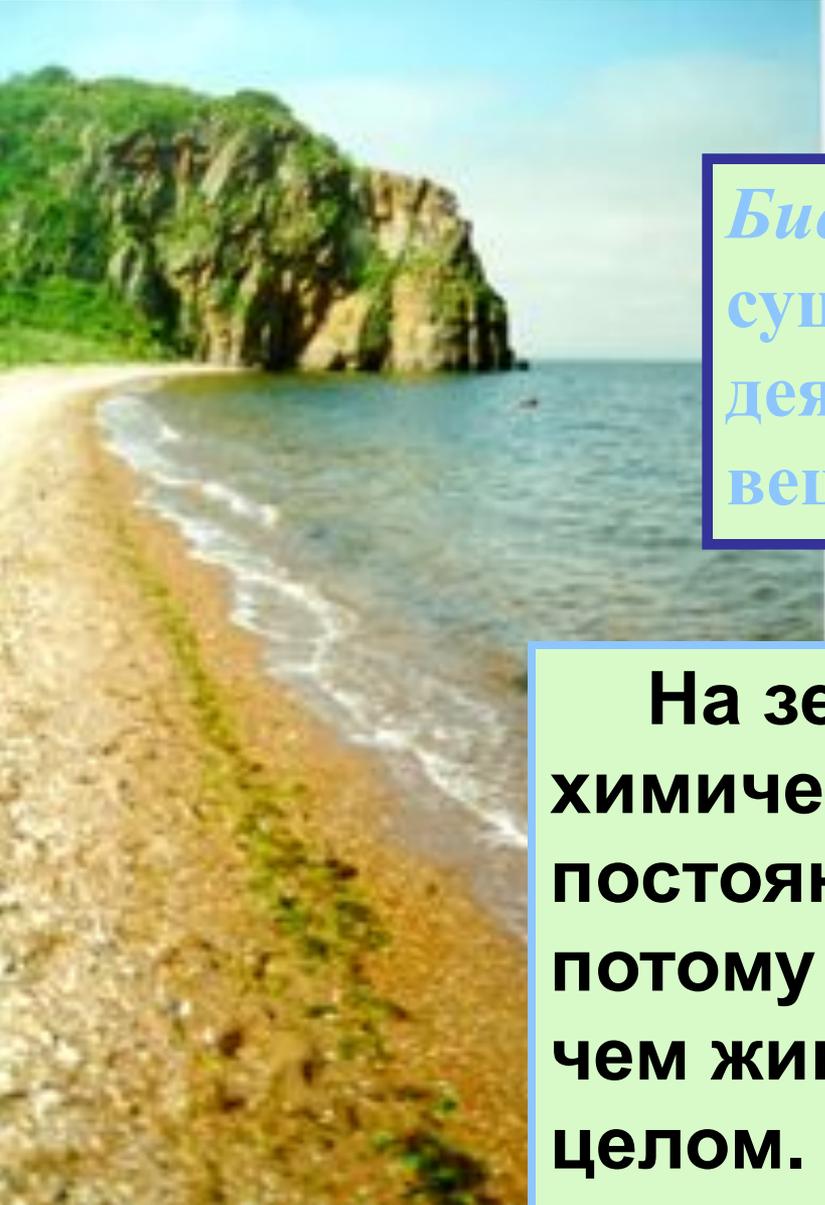
Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно-кишечного тракта

* - Единица поглощенной дозы радиации – грэй (Гр)

Благодарю за внимание



БИОСФЕРА



Биосфера - область
существования и активной
деятельности живого
вещества

На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной, чем живые организмы взятые в целом.

В.И. Вернадский



БИОСФЕРА

Термин «*биосфера*» впервые употребил австрийский геолог, почетный член Петербургской АН Эдвард Зюсс

Эдвард Зюсс

В основе учения о Биосфере лежат постулаты, полученные в результате многовекового опыта человечества:

- **Целостность Природы (*мировой реальности*, как говорил Вернадский).**
- **Бренность (конечность) всех природных тел (ничто не вечно, все имеет начало и конец).**
- **Неразрывная взаимосвязь (взаимообусловленность) живого и косного (неживого).**

Из истории научных знаний

“Корни всякого открытия лежат далеко в глубине, и, как волны бьются с разбега о берег, много раз плещется человеческая мысль около подготавливаемого открытия, пока придет девятый вал”
В.И. Вернадский



Можно находить отдельные высказывания о камнях и атоме, но само понимание природы было мало похоже на то, что мы понимаем сейчас.

Понятия атома древних мыслителей существенно отличается от современного научного его понимания.

В середине XVII в. в научном мире появился интерес к обобщению некоторых эмпирических фактов, накапливающихся при анализе природных объектов.

Химическое единство мира

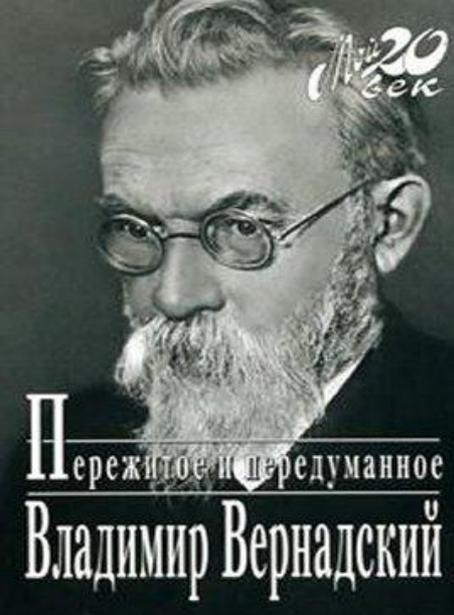
«Химическое единство мира, единство химических элементов есть научный факт». В. И. Вернадский

«История химических элементов в земной коре может быть всегда сведена к их разнообразнейшим движениям, перемещениям, которые мы в геохимии будем называть их миграциями



Такими миграциями будут являться движения атомов при образовании их соединений, переносы их в движущихся жидкостях, в газах, в твердых телах, при дыхании, питании, метаболизме организмов и т. п.»

В.И. Вернадский



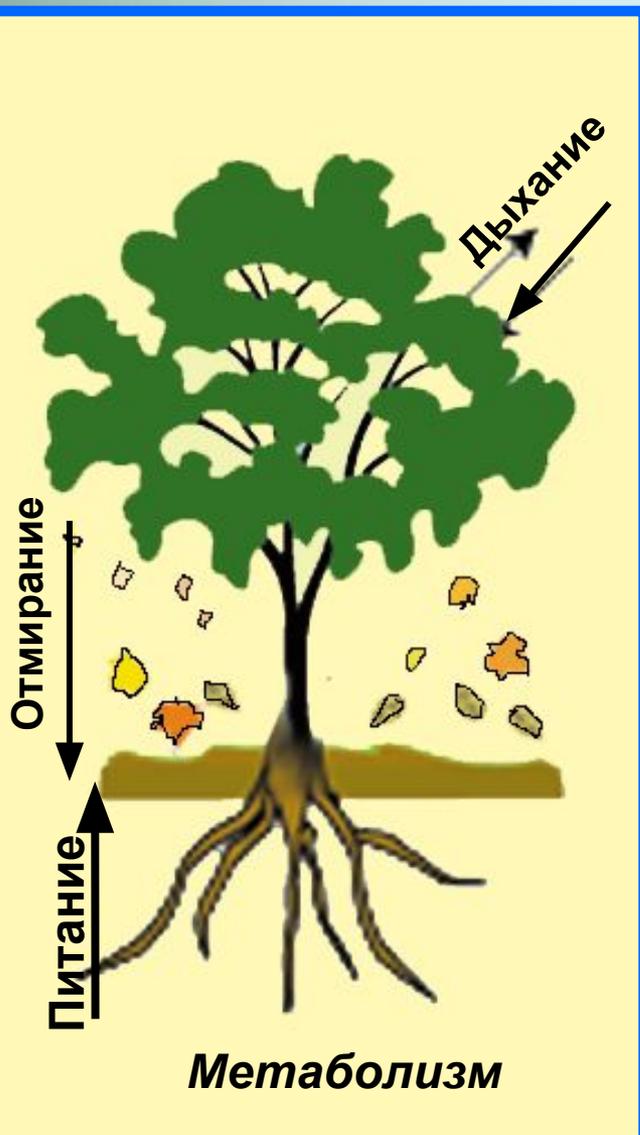
В.И. Вернадский

"В каждой капле и пылинке вещества на земной поверхности по мере увеличения тонкости наших исследований мы открываем все новые и новые элементы. В песчинке или капле, как в микромире отражается общий состав космоса".

Все элементы есть везде, но в разных количествах, и это не игра случая, а *закон природы.*

"Каково бы не было объяснение этого явления, схема рассеяния элементов очень удобна для классификации фактов"
В.И. Вернадский

ЕДИНСТВО ЖИВОГО И КОСНОГО



“Между косным и живым веществом есть, однако, непрерывная, никогда не прекращающаяся связь, которая может быть выражена как непрерывный биогенный ток атомов из живого вещества в косное вещество биосферы, и обратно. Этот биогенный ток атомов вызывается живым веществом. Он выражается в их непрекращающемся никогда дыхании, питании, размножении и т. д.”

Владимир Вернадский

Человек в биосфере



Предшественники



В трудах Роберта Бойля (1627 - 1691), одного из создателей современной химии, отмечены элементы истории природных вод и атмосферы. Он по праву может считаться основателем точного химического анализа земных продуктов.



Антуан Лавуазье (1743 - 1794) не только подвергал анализу природные объекты, но уже более четко ставил проблемы геохимического обобщения получаемых данных. Его авторитет способствовал тому, что представления об истории природных вод, газов стали входить в курсы химии.



Леклерк де Бюффон (1707-1788), глубочайший натуралист и технолог, автор фундаментального труда «Естественная история» подходил к вселенной как к изменяющемуся и развивающемуся единому целому, поставил много геохимических проблем, изучению которых посвящались труды не одного поколения.



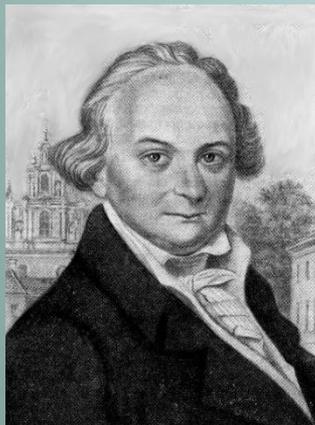
Михаил Ломоносов (1711 - 1765) в своих трудах «О слоях земных» и «О рождении металлов» рассматривал с химических позиций историю Земли и химию минералов и рудных тел.



Натуралист и путешественник Александр фон Гумбольдт (1769–1859), автор многотомного труда «Космос», в котором он подошел ко многим идеям геохимии и затронул проблемы влияния жизни на косную окружающую среду. Он рассматривал живое вещество планеты как неразрывную и закономерную часть поверхности планеты, тесно связанную с ее химической средой



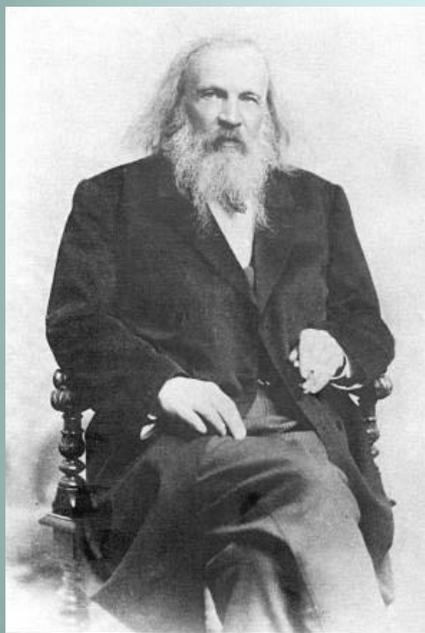
Карл Фридрих Мор геохимиками химик и фармацевт из Бонна. В своей «Истории Земли» показал, что в поверхностных условиях углекислота сильнее, чем кремневая, а в области высоких температур и давлений их относительная сила меняется местами.



Польский врач Енджей Снядецкий, рассматривал химические аспекты процессов питания и дыхания живых организмов, высказал идеи об обратной пропорциональности между массой организма и интенсивностью его обмена с косной средой.

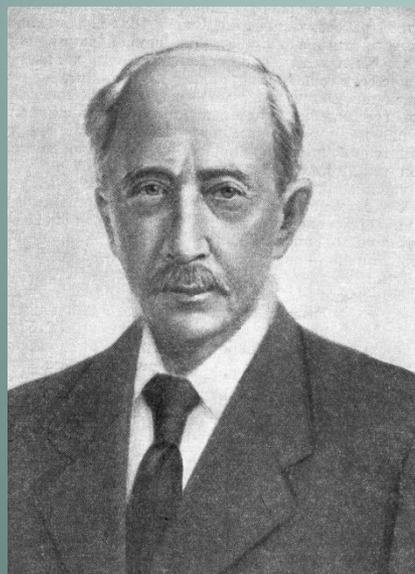
Шёнбейн Кристиан Фридрих (1799 - 1868,), немецкий химик, профессор Базельского университета. Открыл озон (1840). Получил пироксилин (1845), коллодий (1846). Впервые употребил термин «**геохимия**»

«Прежде, чем может идти речь о настоящей геологической науке, мы должны иметь *геохимию*, которая, ясно должна направить свое внимание на химическую природу масс, составляющих наш земной шар



D. Mendeleev

Д.И. Менделеев (1834-1907), подчеркивал значение естественных природных процессов — земных и космических: химический элемент являлся «неотделимой частью единого целого — планеты в космосе».



Франк Уиглсуорк Кларк (1847-1931), главный химик Американского геологического комитета, всю жизнь занимавшийся геологическими проблемами, свел и переработал огромный материал в книге «Data of geochemistry», первое издание которой вышло в 1908 г.



ФЕРСМАН Александр Евгеньевич (1883-1945), академик, геохимик и минералог. Один из основателей геохимии. Одним из первых обосновал необходимость применения геохимических методов при поисках месторождений полезных ископаемых.



В.М. Гольдшмидт (1888 - 1947) норвежский профессор минералогии. В 1930 г. создал в университете в Геттингене мощный для своего времени научный центр геохимической работы, оказавший большое влияние на развитие геохимической мысли. Основное внимание уделял проблемам изоморфизма атомов в структуре минералов и глубоким геосферам земной коры, за пределами биосферы и стратисферы.