



**Понятие  
радиоактивности.  
Виды распада**

# Содержание

## Радиоактивность

### Изотопы

### Радиоактивные превращения

### Радиоактивный распад

- альфа-распад
- бета-распад
- нейтронный распад

### «Цепочки» распада

### Деление ядер атомов

### Цепная реакция деления

### Характеристики радиоактивных превращений

### Единицы измерения в дозиметрии

- экспозиционная доза
- поглощённая доза
- эквивалентная доза
- эффективная эквивалентная доза

### Источники поступления радионуклидов в окружающую среду

### Области применения радионуклидных источников

### Влияние излучения на организм человека. Эффекты радиации

# Радиоактивность



это способность ядер атомов различных химических элементов разрушаться, видоизменяться с испусканием атомных и субатомных частиц высоких энергий.

При радиоактивных превращениях, в подавляющем большинстве случаев, **ядра атомов** (а значит, и сами атомы) **одних химических элементов превращаются в ядра атомов** (в атомы) **других химических элементов**, либо **один изотоп** химического элемента **превращается в другой изотоп** того же элемента.

Атомы, ядра которых подвержены радиоактивному распаду или другим радиоактивным превращениям, называются ***радиоактивными***.

$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$ 

# ИЗОТОПЫ

(от греческих слов **isos** – «равный, одинаковый» и **topos** – «место»)

это нуклиды одного химического элемента, т.е. разновидности атомов определенного элемента, имеющие **одинаковый атомный номер, но разные массовые числа.**

Изотопы обладают ядрами с одинаковым числом протонов и различным числом нейтронов и занимают одно и то же место в периодической системе химических элементов. Различают **стабильные изотопы**, которые существуют в неизменном виде неопределенно долго, и **нестабильные (радиоизотопы)**, которые со временем распадаются.

Известно **около 280 стабильных** и **более 2000 радиоактивных** изотопов **у 116 природных** и **искусственно полученных элементов.**

**Нуклид** (от латинского **nucleus** – «ядро») - совокупность атомов с определенными значениями заряда ядра и массового числа.

Условные обозначения нуклида:  $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$ , где **X** – буквенное обозначение элемента, **Z** – число протонов (**атомный номер**), **A** – сумма числа протонов и нейтронов (**массовое число**). 4

# ИЗОТОПЫ

Даже у самого **первого** в таблице Менделеева и самого лёгкого атома - водорода, в ядре которого только один протон (а вокруг него вращается один электрон), имеется три изотопа.

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																Энергетический уровень						
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII								
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б		a								
1	1	<b>H</b> ВОДОРОД 1,008	1															<b>He</b> ГЕЛИЙ 4,003	2	К				
2	2	<b>Li</b> ЛИТИЙ 6,941	3	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ 9,0122	4	<b>B</b> БОР 10,811	5	<b>C</b> УГЛЕРОД 12,011	6	<b>N</b> АЗОТ 14,007	7	<b>O</b> КИСЛОРОД 15,999	8	<b>F</b> ФТОР 18,998	9				<b>Ne</b> НЕОН 20,179	10	Л-К			
3	3	<b>Na</b> НАТРИЙ 22,99	11	<b>Mg</b> МАГНИЙ 24,312	12	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 26,982	13	<b>Si</b> КРЕМНИЙ 28,086	14	<b>P</b> ФОСФОР 30,974	15	<b>S</b> СЕРА 32,064	16	<b>Cl</b> ХЛОР 35,453	17					<b>Ar</b> АРГОН 39,948	18	М-Л-К		
4	4	<b>K</b> КАЛИЙ 39,102	19	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ 40,08	20	21 <b>Sc</b> СКАНДИЙ 44,956	22	<b>Ti</b> ТИТАН 47,956	23	<b>V</b> ВАНАДИЙ 50,941	24	<b>Cr</b> ХРОМ 51,996	25	<b>Mn</b> МАРГАНЕЦ 54,938	26	<b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО 55,849	27	<b>Co</b> КОБАЛЬТ 58,933	28	<b>Ni</b> НИКЕЛЬ 58,7			М-Л-К	
	5	29 <b>Cu</b> МЕДЬ 63,546	30	<b>Zn</b> ЦИНК 65,37	31	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69,72	32	<b>Ge</b> ГЕРМАНИЙ 72,59	33	<b>As</b> МЫШЬЯК 74,922	34	<b>Se</b> СЕЛЕН 78,96	35	<b>Br</b> БРОМ 79,904							<b>Kr</b> КРИПТОН 83,8	36	М-Л-К	
5	6	<b>Rb</b> РУБИДИЙ 85,468	37	<b>Sr</b> СТРОНЦИЙ 87,62	38	39 <b>Y</b> ИТРИЙ 88,906	40	<b>Zr</b> ЦИРКОНИЙ 91,22	41	<b>Nb</b> НИОБИЙ 92,906	42	<b>Mo</b> МОЛИБДЕН 95,94	43	<b>Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ [99]	44	<b>Ru</b> РУТЕНИЙ 101,07	45	<b>Rh</b> РОДИЙ 102,906	46	<b>Pd</b> ПАЛЛАДИЙ 106,4				О-М-Л-К
	7	47 <b>Ag</b> СЕРЕБРО 107,868	48	<b>Cd</b> КАДМИЙ 112,41	49	<b>In</b> ИНДИЙ 114,82	50	<b>Sn</b> ОЛОВО 118,69	51	<b>Sb</b> СУРЬМА 121,75	52	<b>Te</b> ТЕЛЛУР 127,6	53	<b>I</b> ИОД 126,905							<b>Xe</b> КСЕНОН 131,3	54	О-М-Л-К	
6	8	<b>Cs</b> ЦЕЗИЙ 132,905	55	<b>Ba</b> БАРИЙ 137,34	56	57-71 ЛАНТАНОИДЫ	72	<b>Hf</b> ГАФИЙ 178,49	73	<b>Ta</b> ТАНТАЛ 180,948	74	<b>W</b> ВОЛЬФРАМ 183,85	75	<b>Re</b> РЕНИЙ 186,207	76	<b>Os</b> ОСМИЙ 190,2	77	<b>Ir</b> ИРИДИЙ 192,22	78	<b>Pt</b> ПЛАТИНА 195,09				Р-О-М-Л-К
	9	79 <b>Au</b> ЗОЛОТО 196,967	80	<b>Hg</b> РТУТЬ 200,59	81	<b>Tl</b> ТАЛЛИЙ 204,37	82	<b>Pb</b> СВИНЕЦ 207,19	83	<b>Bi</b> ВИСМУТ 208,98	84	<b>Po</b> ПОЛОНИЙ [210]	85	<b>At</b> АСТАТ [210]							<b>Rn</b> РАДОН [222]	86	Р-О-М-Л-К	
7	10	<b>Fr</b> ФРАНЦИЙ	87	<b>Ra</b> РАДИЙ	88	89-103 АКТИНОИДЫ	104	<b>Rf</b> РЕЗЕРФОРДИЙ	105	<b>Db</b> ДУБНИЙ	106	<b>Sg</b> СИБОРГИЙ	107	<b>Bh</b> БОРИЙ	108	<b>Hn</b> ХАНИЙ	109	<b>Mt</b> МЕЙТНЕРИЙ	110				Р-О-М-Л-К	

# Радиоактивные превращения

могут быть естественными, самопроизвольными (спонтанными) и искусственными. Спонтанные радиоактивные превращения - процесс случайный, статистический.

Все радиоактивные превращения сопровождаются, как правило, выделением из ядра атома избытка энергии в виде *электромагнитного излучения*.

**Гамма-излучение** - это поток гамма-квантов, обладающих большой энергией и проникающей способностью.

**Рентгеновское излучение** - это так же поток фотонов - обычно с меньшей энергией. Только «место рождения» рентгеновского излучения не ядро, а электронные оболочки. Основной поток рентгеновского излучения возникает в веществе при прохождении через него «радиоактивных частиц» («радиоактивного излучения» или «ионизирующего излучения»).

**Основные разновидности радиоактивных превращений:**

- радиоактивный распад;
- деление ядер атомов.

# Радиоактивный распад

это испускание, выбрасывание с огромными скоростями из ядер атомов «элементарных» (атомных, субатомных) частиц, которые принято называть *радиоактивным (ионизирующим) излучением*.

При распаде один изотоп данного химического элемента превращается в другой изотоп того же элемента.

*Для естественных (природных) радионуклидов основными видами радиоактивного распада являются альфа- и бета-минус-распад. Названия «альфа» и «бета» были даны Эрнестом Резерфордом в 1900 году при изучении радиоактивных излучений.*

*Для искусственных (техногенных) радионуклидов, кроме этого, характерны также нейтронный, протонный, позитронный (бета-плюс) и более редкие виды распада и ядерных превращений (мезонный, К-захват, изомерный переход и др.).*

# Альфа-распад



это испускание из ядра атома альфа-частицы, которая состоит из 2 протонов и 2 нейтронов.

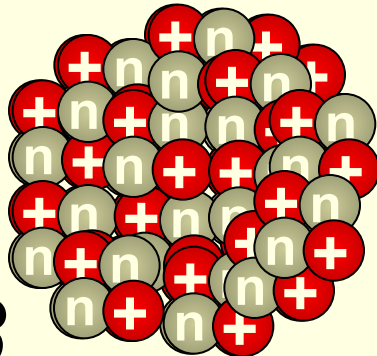


Альфа-частица имеет массу 4 единицы, заряд  $+2$  и является ядром атома гелия ( ${}^4\text{He}$ ).

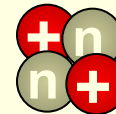
$\gamma$  - квант



$\alpha$  - частица

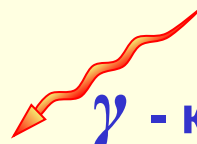


**U-238**



**Th-234**

$\gamma$  - квант



В результате испускания альфа-частицы образуется новый элемент, который в таблице Менделеева расположен **на 2 клетки левее**, так как количество протонов в ядре, а значит, и заряд ядра, и номер элемента стали на две единицы меньше. А масса образовавшегося изотопа оказывается **на 4 единицы меньше**.

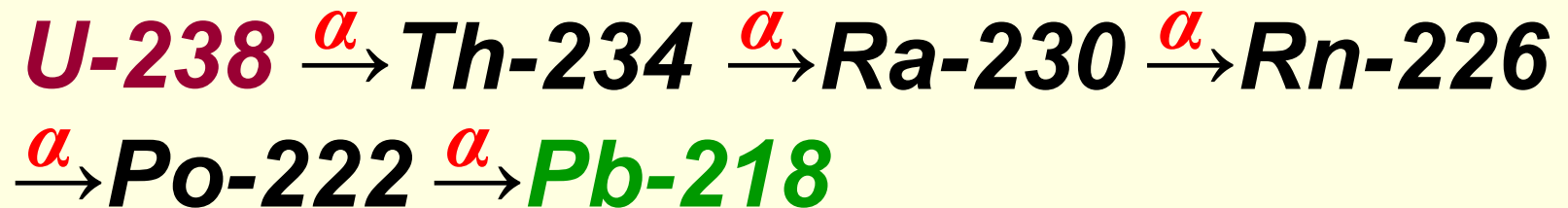


# Альфа-распад



- это характерный вид радиоактивного распада для естественных радиоактивных элементов шестого и седьмого периодов таблицы Д. И. Менделеева (уран, торий и продукты их распада до висмута включительно) и особенно для искусственных - трансурановых - элементов.

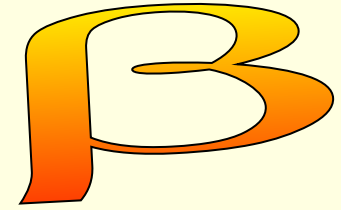
То есть этому виду распада подвержены отдельные изотопы всех тяжёлых элементов, начиная с висмута.



Так, например, при альфа-распаде урана всегда образуется торий, при альфа-распаде тория - радий, при распаде радия - радон, затем полоний и наконец - свинец. При этом из конкретного изотопа урана-238 образуется торий-234, затем радий-230, радон-226 и т. д.

Скорость альфа-частицы при вылете из ядра от 12 до 20 тыс. км/сек.<sub>9</sub>

# Бета-распад



**Бета-распад** - наиболее распространённый вид радиоактивного распада (и вообще радиоактивных превращений), особенно среди искусственных радионуклидов.

**У каждого химического элемента** есть, по крайней мере, один бета-активный, то есть подверженный бета-распаду изотоп.

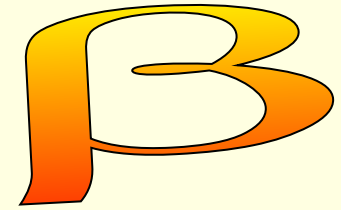
Пример естественного бета-активного радионуклида - калий-40 ( $T_{1/2} = 1,3 \times 10^9$  лет), в природной смеси изотопов калия его содержится всего 0,0119%.

Кроме К-40, значимыми естественными бета-активными радионуклидами являются также и все продукты распада урана и тория, т.е. все элементы от таллия до урана.

Бета-распад **включает в себя** такие виды радиоактивных превращений, как:

- бета-минус распад;
- бета-плюс распад;
- К-захват (электронный захват).

# Бета-распад



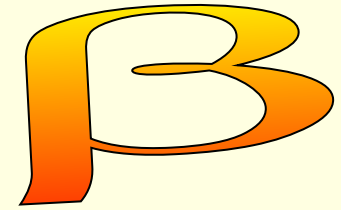
**Бета-минус распад** - это испускание из ядра бета-минус частицы - **электрона**, который образовался в результате самопроизвольного превращения одного из нейтронов в протон и электрон.

При этом бета-частица со скоростью до 270 тыс. км/сек (9/10 скорости света) вылетает из ядра. И так как протонов в ядре стало на один больше, то ядро данного элемента превращается в ядро соседнего элемента справа - с большим номером.



При бета-минус распаде радиоактивный калий-40 превращается в стабильный кальций-40 (стоящий в соседней клетке справа). А радиоактивный кальций-47 - в стоящий справа от него скандий-47 (тоже радиоактивный), который, в свою очередь, также путём бета-минус распада превращается в стабильный титан-47.

# Бета-распад



**Бета-плюс распад** - испускание из ядра бета-плюс частицы - **позитрона** (положительно заряженного «электрона»), который образовался в результате самопроизвольного превращения одного из протонов в нейтрон и позитрон.

В результате этого (так как протонов стало меньше) данный элемент превращается в соседний слева в таблице Менделеева.



Например, при бета-плюс распаде радиоактивный изотоп магния магний-23 превращается в стабильный изотоп натрия (стоящего слева) - натрий-23, а радиоактивный изотоп европия – европий-150 превращается в стабильный изотоп самария - самарий-150.

# Нейтронный распад

n

**Нейтронный распад** - испускание из ядра атома нейтрона. Характерен для нуклидов искусственного происхождения.

При испускании нейтрона **один изотоп** данного химического элемента **превращается в другой, с меньшим весом**. Так, например, при нейтронном распаде радиоактивный изотоп лития - литий-9 превращается в литий-8, радиоактивный гелий-5 - в стабильный гелий-4.



Если стабильный изотоп йода - йод-127 облучать гамма-квантами, то он становится радиоактивным, выбрасывает нейтрон и превращается в другой, тоже радиоактивный изотоп - йод-126. Это пример **искусственного нейтронного распада**.



# Деление ядер атомов

это самопроизвольное, или под действием нейтронов, **раскалывание ядра атома на 2 примерно равные части**, на два «осколка».

При делении вылетают **2-3 лишних нейтрона** и выделяется избыток энергии в виде **гамма-квантов**, гораздо больший, чем при радиоактивном распаде.

Если на один акт радиоактивного распада обычно приходится один гамма-квант, то на 1 акт деления приходится 8 -10 гамма-квантов!

Кроме того, разлетающиеся осколки обладают большой кинетической энергией (скоростью), которая переходит в тепловую.

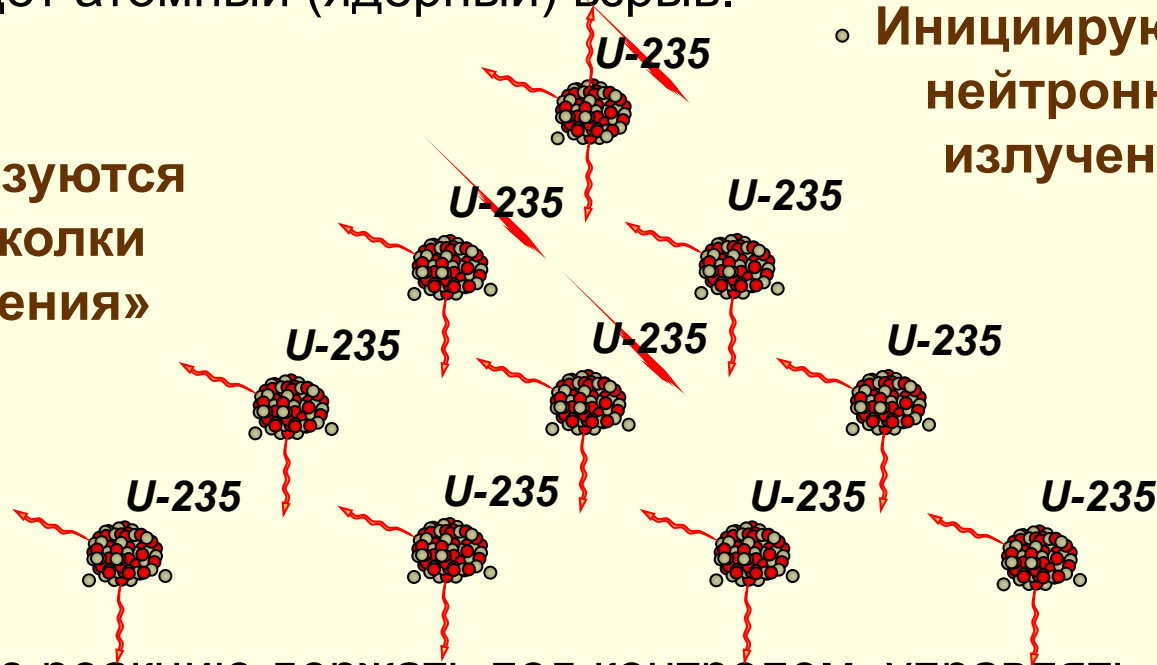
Вылетевшие **нейтроны могут вызвать деление** двух-трёх аналогичных ядер, если те окажутся поблизости и если нейтроны попадут в них.

Таким образом, появляется возможность осуществления разветвляющейся, ускоряющейся **цепной реакции деления** ядер атомов с выделением огромного количества энергии.

# Цепная реакция деления

Если позволить цепной реакции развиваться бесконтрольно, то произойдёт атомный (ядерный) взрыв.

Образуются  
«осколки  
деления»



Иницирующее  
нейтронное  
излучение

Если цепную реакцию держать под контролем, управлять её развитием, не давать ускоряться и *постоянно отводить выделяющуюся энергию* (тепло), то эту энергию («атомную энергию») можно использовать для получения электроэнергии. Это осуществляется в атомных реакторах, на атомных электростанциях.



# Характеристики радиоактивных превращений

**Период полураспада ( $T_{1/2}$ )** - время, в течение которого половина радиоактивных атомов распадается и их *количество уменьшается в 2 раза*.

Периоды полураспада у всех радионуклидов разные - от долей секунды (короткоживущие радионуклиды) до миллиардов лет (долгоживущие).

**Активность** - это количество актов распада (в общем случае актов радиоактивных, ядерных превращений) в единицу времени (как правило, в секунду). Единицами измерения активности являются беккерель и кюри.

**Беккерель (Бк)** - это один акт распада в секунду (1 расп./сек).

**Кюри (Ки)** -  $3,7 \times 10^{10}$  Бк (расп./сек).

Единица возникла исторически: такой активностью обладает 1 грамм радия-226 в равновесии с дочерними продуктами распада. Именно с радием-226 долгие годы работали лауреаты Нобелевской премии французские учёные супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри. 17

# Характеристики радиоактивных превращений

## Закон радиоактивного распада

Изменение активности нуклида в источнике с течением времени зависит от периода полураспада данного нуклида по экспоненциальному закону:

$$A_{и}(t) = A_{и}(0) \times \exp(-0,693 t / T_{1/2}),$$

где  $A_{и}(0)$  – исходная активность нуклида;

$A_{и}(t)$  – активность спустя время  $t$ ;

$T_{1/2}$  – период полураспада нуклида.

**Зависимость между массой радионуклида** (без учета массы неактивного изотопа) **и его активностью** выражается следующим соотношением:

$$A_{и} = 4,17 \times 10^{23} \frac{m_{и}}{A \times T_{1/2}},$$

где  $m_{и}$  – масса радионуклида, г;

$T_{1/2}$  – период полураспада радионуклида, с;

$A_{и}$  – активность радионуклида, Бк;

$A$  – атомная масса радионуклида.

# Характеристики радиоактивных превращений

**Проникающая способность радиоактивного излучения.**

**Пробег альфа-частиц** зависит от начальной энергии и обычно колеблется в пределах от 3-х до 7 (редко до 13) см в воздухе, а в плотных средах составляет сотые доли мм (в стекле - 0,04 мм).

Альфа-излучение не пробивает лист бумаги и кожу человека. Из-за своей массы и заряда альфа-частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью, они разрушают всё на своём пути, поэтому альфа-активные радионуклиды являются наиболее опасными для человека и животных при попадании внутрь.

**Пробег бета-частиц** в веществе из-за малой массы (~ в 7000 раз меньше массы альфа-частицы), заряда и размеров значительно больше. При этом путь бета-частицы в веществе не является прямолинейным. Проникающая способность также зависит от энергии.

Проникающая способность бета-частиц, образовавшихся при радиоактивном распаде, в воздухе достигает 2÷3 м, в воде и других жидкостях измеряется сантиметрами, в твёрдых телах - долями см.

В ткани организма бета-излучение проникает на глубину 1÷2 см. 19

# Характеристики радиоактивных превращений

## Кратность ослабления n- и гамма-излучений.

Наиболее проникающими видами излучения являются нейтронное и гамма-излучение. Их пробег в воздухе может достигать *десятков и сотен метров* (также в зависимости от энергии), но при меньшей ионизирующей способности.

**В качестве защиты** от n- и гамма-излучения применяют толстые слои из **бетона, свинца, стали** и т. п. и речь ведут уже о кратности ослабления.

По отношению к изотопу кобальта-60 ( $E = 1,17$  и  $1,33$  Мэв) **для 10-кратного ослабления гамма-излучения** требуется защита из:

- свинца толщиной порядка 5 см;
- бетона около 33 см;
- воды - 70 см.

**Для 100-кратного ослабления гамма-излучения** требуется защита из свинца толщиной 9,5 см; бетона - 55 см; воды - 115 см.

# Единицы измерения в дозиметрии



**Доза (от греческого – «доля, порция») облучения.**

**Экспозиционная доза** (для рентгеновского и гамма-излучения) - определяется по ионизации воздуха.

Единица измерения в системе СИ - **«кулон на кг» (Кл/кг)** – это такая экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при создании которой в **1 кг** сухого воздуха образуется заряд ионов одного знака, равный **1 Кл**.

Внесистемной единицей измерения является **«рентген»**.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

По определению **1 рентген (1Р)** - это такая экспозиционная доза при поглощении которой в **1 см<sup>3</sup>** сухого воздуха образуется **2,08 × 10<sup>9</sup>** пар ионов.

Связь между двумя этими единицами следующая:

$$1 \text{ Кл/кг} = 3,68 \cdot 10^3 \text{ Р.}$$

Экспозиционной дозе **1Р** соответствует поглощенная доза в воздухе **0,88 рад**.

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



**Поглощённая доза** - энергия ионизирующего излучения, поглощенная единичной массой вещества.

Под энергией излучения, переданной веществу, понимается разность между суммарной кинетической энергией всех частиц и фотонов, попавших в рассматриваемый объем вещества, и суммарной кинетической энергией всех частиц и фотонов, покидающих этот объем. Следовательно, поглощенная доза учитывает всю энергию ионизирующего излучения, оставленную в пределах этого объема, независимо от того, на что эта энергия потрачена.

### *Единицы измерения поглощенной дозы:*

**Грэй (Гр)** - единица поглощённой дозы в системе единиц СИ. Соответствует энергии излучения в 1 Дж, поглощённой 1 кг вещества.

**Рад** - внесистемная единица поглощённой дозы. Соответствует энергии излучения 100 эрг, поглощённой веществом массой 1 грамм.

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр.}$$

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



Биологический эффект при одинаковой поглощенной дозе оказывается различным для разных видов излучения.

Например, при одинаковой поглощенной дозе **альфа-излучение** оказывается **гораздо опаснее, чем фотонное или бета-излучение**. Это связано с тем, что альфа-частицы создают на пути своего пробега в биологической ткани более плотную ионизацию, концентрируя таким образом вредное воздействие на организм в определенном органе. При этом весь организм испытывает на себе значительно большее угнетающее действие излучения.

Следовательно, для создания одинакового биологического эффекта при облучении тяжелыми заряженными частицами необходима меньшая поглощенная доза, чем при облучении легкими частицами или фотонами.

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



**Эквивалентная доза** - произведение поглощенной дозы на коэффициент качества излучения.

**Единицы измерения эквивалентной дозы:**

**Зиверт (Зв)** – это единица измерения эквивалентной дозы, любого вида излучения, которое создает такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в  $1 \text{ Гр}$  рентгеновского или гамма-излучения.

Следовательно,  **$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$** .

**Бэр** (внесистемная единица) – это такое количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное  $1 \text{ кг}$  биологической ткани, при котором наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе  $1 \text{ рад}$  рентгеновского или гамма-излучения.

**$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв} = 100 \text{ эрг/г}$** .

Наименование «бэр» образовано по первым буквам словосочетания «биологический эквивалент рентгена».



# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



До недавнего времени при расчёте эквивалентной дозы использовались **«коэффициенты качества излучения»** (К) – поправочные коэффициенты, учитывающие различное влияние на биологические объекты (различную способность повреждать ткани организма) разных излучений при одной и той же поглощённой дозе.

Сейчас эти коэффициенты в Нормах радиационной безопасности (НРБ-99) назвали – «взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчёте эквивалентной дозы (WR)».

Их значения составляют соответственно:

- рентгеновское, гамма, бета-излучение, электроны и позитроны - **1**;
- протоны с  $E$  более 2 Мэв – **5**;
- нейтроны с  $E$  менее 10 кэв) – **5**;
- нейтроны с  $E$  от 10 кэв до 100 кэв - **10**;
- альфа-частицы, осколки деления, тяжёлые ядра - **20** и т. д.

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



**Эффективная эквивалентная доза** - эквивалентная доза, рассчитанная с учётом разной чувствительности различных тканей организма к облучению; равна **эквивалентной дозе**, полученной конкретным органом, тканью (с учётом их веса), **умноженной на соответствующий «коэффициент радиационного риска»**.

Эти коэффициенты используются в радиационной защите для учёта различной чувствительности разных органов и тканей в возникновению стохастических эффектов от воздействия излучения.

В НРБ-99 их называют «взвешивающими коэффициентами для тканей и органов при расчёте эффективной дозы» .

**Для организма в целом** этот коэффициент принят равным **1**, а для некоторых органов имеет следующие значения:

- костный мозг (красный) - 0,12;
- щитовидная железа - 0,05;
- лёгкие, желудок, толстый кишечник - 0,12;
- гонады (яичники, семенники) - 0,20;
- кожа - 0,01 и т. д.

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



Для оценки полной **эффективной** эквивалентной дозы, полученной человеком, рассчитывают и суммируют указанные дозы для всех органов.

Для измерения эквивалентной и эффективной эквивалентной доз в системе СИ используется та же единица - **Зиверт (Зв)**.

**1 Зв** равен эквивалентной дозе, при которой произведение величины поглощённой дозы в **Гр** (в биологической ткани) на взвешивающие коэффициенты будет равно **1 Дж/кг**.

Иными словами, это такая поглощённая доза, при которой в **1 кг** вещества выделяется энергия в **1 Дж**.

Внесистемная единица – **Бэр**.

Взаимосвязь между единицами измерения:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} * K = 1 \text{ Дж/кг} * K = 100 \text{ рад} * K = 100 \text{ бэр}$$

При **K=1** (для рентгеновского, гамма-, бета-излучений, электронов и позитронов) **1 Зв** соответствует поглощённой дозе в **1 Гр**:

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад} = 100 \text{ бэр}.$$

# Единицы измерения в дозиметрии.

## Доза



Ещё в 50-х годах было установлено, что если при экспозиционной дозе в 1 рентген воздух поглощает приблизительно столько же энергии, что и биологическая ткань.

Поэтому оказывается, что при оценке доз можно считать (с минимальной погрешностью), что **экспозиционная доза в 1 рентген** для биологической ткани **соответствует** (эквивалентна) **поглощённой дозе в 1 рад** и **эквивалентной дозе в 1 бэр** (при  $K=1$ ), то есть, грубо говоря, что 1 Р, 1 рад и 1 бэр - это одно и то же.

При экспозиционной дозе 12 мкР/час за год получаем дозу 1 мЗв.

Кроме того, для оценки воздействия ИИ используют понятия:

**Мощность дозы** - доза, полученная за единицу времени (сек., час).

**Фон** - мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения в данном месте.

**Естественный фон** - мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения, создаваемая всеми природными источниками ИИ.

# Источники поступления радионуклидов в окружающую среду

1. **Естественные радионуклиды**, которые сохранились до нашего времени с момента их образования (возможно, со времени образования солнечной системы или Вселенной), так как у них велики периоды полураспада, а значит, велико время жизни.

2. **Радионуклиды осколочного происхождения**, которые образуются в результате деления ядер атомов. Образуются в ядерных реакторах, в которых осуществляется управляемая цепная реакция, а также при испытаниях ядерного оружия (неуправляемая цепная реакция).

3. **Радионуклиды активационного происхождения** образуются из обычных стабильных изотопов в результате активации, то есть при попадании в ядро стабильного атома субатомной частицы (чаще – нейтрона), в результате чего стабильный атом становится радиоактивным. Получают активацией стабильных изотопов, помещая их в активную зону реактора, либо бомбардировкой стабильного изотопа в ускорителях элементарных частиц протонами, электронами и т.п.

# Области применения радионуклидных источников

Источники ИИ находят применение в промышленности, сельском хозяйстве, научных исследованиях и медицине. Только в медицине используются приблизительно сто изотопов для различных медицинских исследований, постановки диагноза, стерилизации и радиотерапии.

Во всем мире во многих лабораториях используются радиоактивные материалы для научных исследований. **Термоэлектрические генераторы на радиоизотопах** применяются для производства электроэнергии для автономного энергопитания различной аппаратуры в удаленных и труднодоступных районах (радио-и световые маяки, метеостанции).

Повсеместно в промышленности используются приборы, содержащие радиоактивные источники для контроля технологических процессов (плотно-, уровне- и толщиномеры), **приборы неразрушающего контроля** (гамма-дефектоскопы), приборы для анализа состава вещества. Излучение используется для повышения размера и качества урожая.

# Влияние излучения на организм человека. Эффекты радиации

**Радиоактивные частицы**, обладая огромной энергией и скоростью, при прохождении через любое вещество сталкиваются с атомами и молекулами этого вещества и **приводят к** их разрушению, **ионизации**, к образованию «горячих» ионов и свободных радикалов.

Так как биологические ткани человека на **70% состоят из воды**, то в большой степени **ионизации подвергается именно вода**. Из **ионов и свободных радикалов** образуются вредные для организма соединения, которые запускают целую цепь последовательных биохимических реакций и постепенно **приводят к разрушению клеточных мембран (стенок клеток и других структур)**.

**Радиация по-разному действует на людей** в зависимости от пола и возраста, состояния организма, его иммунной системы и т. п., но особенно сильно - на младенцев, детей и подростков. При воздействии радиации **скрытый (инкубационный, латентный) период**, то есть время задержки до наступления видимого эффекта, может продолжаться годами и даже десятилетиями.

# Влияние излучения на организм человека. Эффекты радиации

Воздействие радиации на организм человека и биологические объекты вызывает три различных отрицательных эффекта:

- **генетический эффект** для наследственных (половых) клеток организма. Он может проявиться и проявляется только в потомстве;
- **генетико-стохастический эффект**, проявляющийся для наследственного аппарата соматических клеток - клеток тела. Он проявляется при жизни конкретного человека в виде различных мутаций и заболеваний (в том числе раковых);
- **соматический эффект**, а точнее - иммунный. Это ослабление защитных сил, иммунной системы организма за счёт разрушения клеточных мембран и других структур.

**Конец.** [Вернуться к оглавлению?](#)

ДА!