

# **Ионизирующее излучение в окружающей среде**

проф. Малков Александр Владимирович

[malkov@muctr.ru](mailto:malkov@muctr.ru)

А.В. Малков, А.А. Додонова  
Ионизирующее излучение в  
окружающей среде. – РХТУ, 2018.

Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с  
англ. - М.: Мир, 1990.

Ю. Тёлдеши, М. Кенда Радиация –  
угроза и надежда. - М.: Мир, 1979.

# Излучение

**Излучение** — процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.

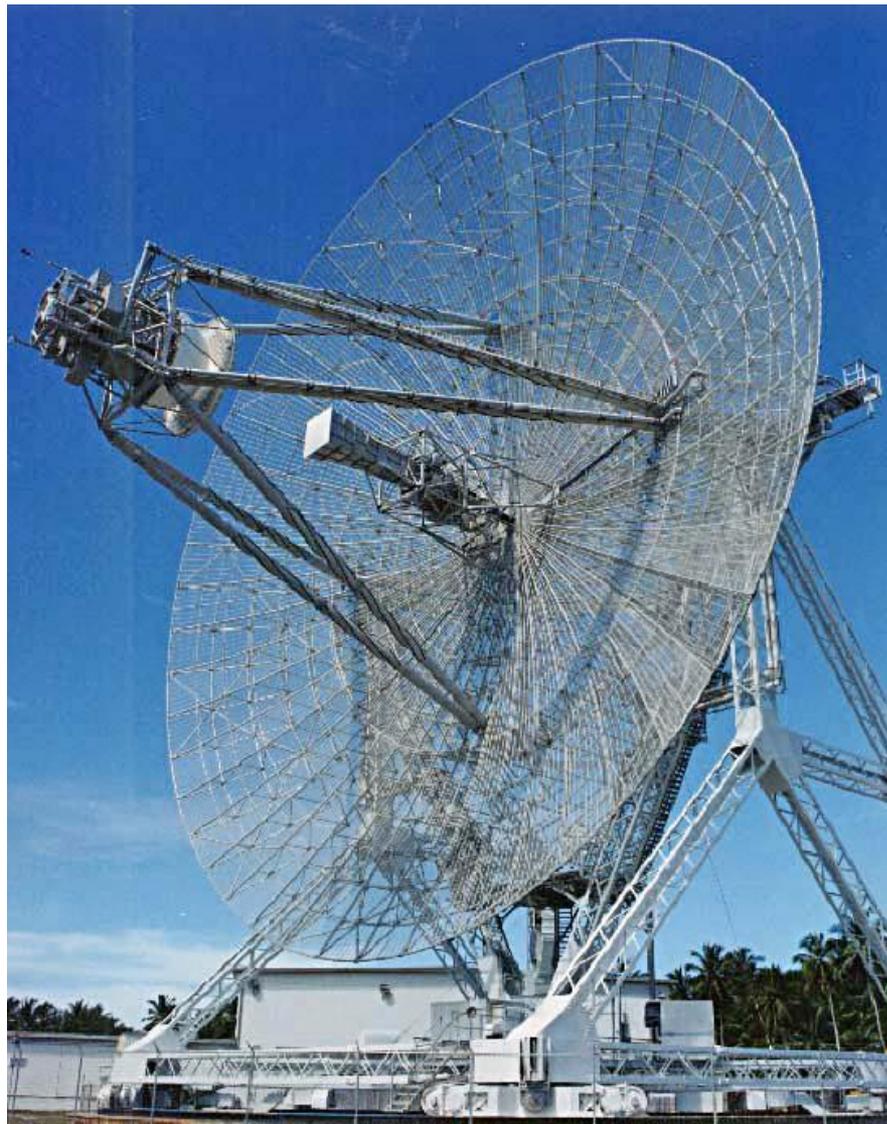
- Излучения называют **ионизирующими**, если, проходя через среду, они вызывают ее ионизацию.

- **Электромагнитные  
волны / электромагнитное  
излучение** — распространяющееся  
в пространстве-времени возмущение  
(изменение состояния)  
электромагнитного поля.

# Электромагнитные волны подразделяются на:

- радиоволны (начиная со сверхдлинных),
- терагерцевое излучение,
- инфракрасное излучение,
- видимый свет,
- ультрафиолетовое излучение,
- рентгеновское излучение и жёсткое (гамма-излучение)

Радиоволны в электромагнитном спектре располагаются от крайне низких частот вплоть до инфракрасного диапазона.



Радиоволны имеют многообразное применение: Радиовещание, Радиотелефонная связь, Телевидение, Радиолокация, Радиометеорология и др.

Во всех перечисленных случаях они являются средством передачи на расстояние без проводов той или иной информации: речи, телеграфных сигналов, изображения.

- **Терагерцевое излучение** — вид электромагнитного излучения, спектр частот которого расположен между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами.
- ТГц излучение — не ионизирующее, легко проходит сквозь большинство диэлектриков, но сильно поглощается проводящими материалами и некоторыми диэлектриками. Например, дерево, пластик, керамика для него прозрачны, а металл и вода — нет.

В системах безопасности используется ТГц (м)излучение для сканирования багажа и людей. В отличие от рентгеновского, ТГц излучение не наносит вреда организму. С его помощью можно разглядеть спрятанные под одеждой человека металлические др. предметы на расстояниях до десятков метров

- **Инфракрасное излучение** — электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света и микроволновым радиоизлучением.

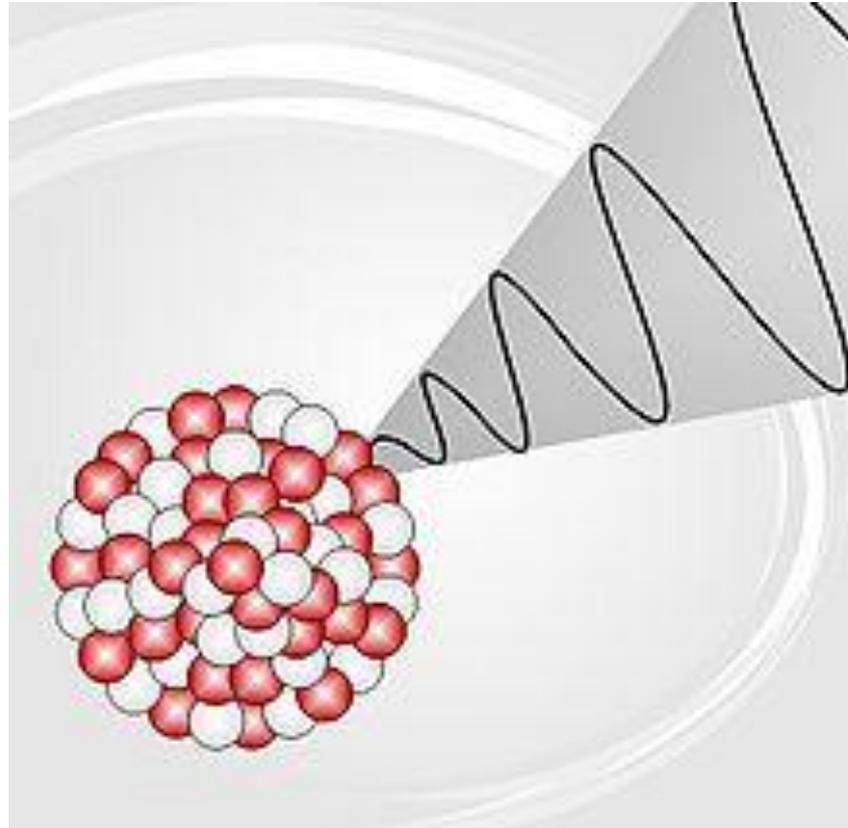
- **Инфракрасное излучение** также называют **«тепловым излучением»**, так как инфракрасное излучение от нагретых предметов воспринимается кожей человека как ощущение тепла. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения.

- **Видимое излучение** —  
электромагнитные волны,  
воспринимаемые человеческим глазом

- **Ультрафиолётовое излучение (УФ-излучение)** — электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучениями.
- Длины волн УФ-излучения лежат в интервале от 10 до 400 нм.

- **Га́мма-излуче́ние (гамма-лучи,  $\gamma$ -лучи)** — вид электромагнитного излучения, характеризующийся чрезвычайно малой длиной волны— менее  $2 \cdot 10^{-10}$  м

# Ядро атома испускает гамма-квант



# Влияние неионизирующего излучения на здоровье человека

# Последствия ультрафиолетового (УФ) излучения для здоровья

- УФ-излучение в небольших дозах полезно для людей и крайне необходимо для выработки витамина Д. УФ-излучение также используется для лечения некоторых болезней, таких как рахит, псориаз, экзема и желтуха.

# Соотношение воздействия УФ-излучения и бремени болезней



# Влияние радиоволн на организм

- Кожный покров человека абсорбирует (поглощает) радиоволны, вследствие чего выделяется тепло, которое абсолютно точно можно зафиксировать экспериментально. Максимально допустимое повышение температуры для человеческого организма составляет 4 градуса. Для серьёзных последствий человек должен подвергаться продолжительному воздействию довольно мощных радиоволн, что маловероятно в повседневных бытовых условиях.

- Нетепловые эффекты от воздействия радиоволн также часто указываются в качестве возможных вредных факторов влияния на здоровье человека.
- Среди вероятных негативных эффектов озвучивают **ухудшение кровообращения, затруднение деятельности головного мозга и даже генетические мутации.**

## Излучатели радиоволн:

- мобильные телефоны;
- радиопередающие антенны;
- радиотелефоны системы;
- сетевые беспроводные устройства;
- Bluetooth-устройства;
- сканеры тела;
- бытовые электроприборы;
- ЛЭП.



- В России для определения максимально возможной мощности излучения мобильных телефонов существует понятие значения **Плотности потока энергии (ППЭ)**, которое не должно превышать 500 мкВт на кв. см. Для минимизации вредного воздействия телефонов на организм, специалисты рекомендуют выбирать модели с меньшей мощностью излучения и использовать беспроводные гарнитуры.

- Среди лиц, которые проживают на расстоянии меньше 50 метров от ЛЭП, отмечается повышенная склонность к появлению болезни Альцгеймера.

- Встречая на своем пути электроприборы, радиоволны проникают в них и могут оказаться причиной сбоя их работы.
- Например, чтобы люди, живущие с кардиостимулятором, не пострадали от радиоволн, в мире введено пороговое значение, которое запрещено превышать любому радиопередатчику.



- Радиоактивность, и сопутствующие ей ионизирующие излучения существовали на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в космосе до возникновения самой Земли.

- **Ионизирующее излучение** сопровождало и Большой взрыв, с которого, как мы сейчас полагаем, началось существование нашей Вселенной около 20 миллиардов лет назад. С того времени радиация постоянно наполняет космическое пространство. Радиоактивные материалы вошли в состав Земли с самого ее рождения. Даже человек слегка радиоактивен, так как во всякой живой ткани присутствуют в следовых количествах радиоактивные вещества.

- В 1896 году французский ученый **Анри Беккерель** положил несколько фотографических пластинок в ящик стола, придавив их кусками какого-то минерала, содержащего уран. Когда он проявил пластинки, то, к своему удивлению, обнаружил на них следы каких-то излучений, которые он приписал урану.

- **Мария Кюри** ввела в обиход слово «радиоактивность». В 1898 году она и ее муж Пьер Кюри обнаружили, что уран после излучения таинственным образом превращается в другие химические элементы. Один из этих элементов супруги назвали полонием в память о родине Марии Кюри, а еще один - радием, поскольку по-латыни это слово означает «испускающий лучи».

- В 1895 году были открыты рентгеновские лучи; эти лучи были названы так по имени открывшего их немецкого физика **Вильгельма Рентгена**.

- Беккерель один из первых столкнулся с самым неприятным свойством радиоактивного излучения: речь идет о его **воздействии на ткани живого организма**. Беккерель положил пробирку с радием в карман и получил в результате ожог кожи.

- Мария Кюри умерла от одного из злокачественных заболеваний крови, поскольку слишком часто подвергалась воздействию радиоактивного излучения.

- В 1945 году взрывы атомных бомб в привели к колоссальным человеческим жертвам в Японии.

- Первая в мире атомная электростанция была пущена в Советском Союзе в Обнинске в июне 1954 года.

- Радиация действительно смертельно опасна. При больших дозах она вызывает самые серьезные поражения тканей, а при малых может вызвать рак и индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей и внуков человека, подвергшегося облучению, или у его более отдаленных потомков.

- Наибольшую дозу человек получает от **естественных источников радиации.**

- Радиация, связанная с развитием **атомной энергетики**, составляет лишь малую долю радиации, порождаемой деятельностью человека; значительно большие дозы мы получаем от других форм этой деятельности, например, от применения рентгеновских лучей в медицине.

- Такие формы повседневной деятельности, как сжигание угля и использование воздушного транспорта, в особенности же постоянное пребывание в хорошо герметизированных помещениях, могут привести к значительному увеличению уровня облучения за счет естественной радиации.

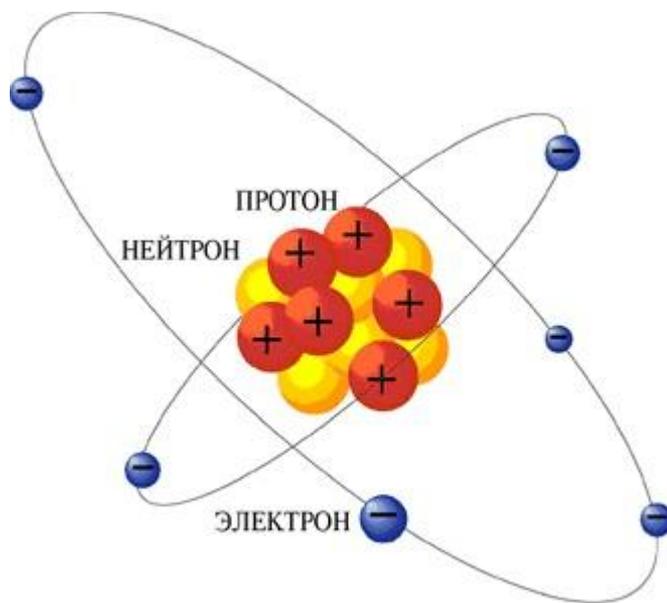
# **Атомы - самые маленькие составляющие частицы материи**

**”Атом”** - по происхождению греческое слово, означающее неделимый. Оно введено в лексикон греческим философом Демокритом, который жил приблизительно 2500 лет назад. В то время полагалось, что атом был самой маленькой частицей материи.

# Излучение и ОС

- **Строение атомного ядра**
- Атомные ядра состоят из *нуклонов* - ядерных протонов ( $z$  - число протонов) и ядерных нейтронов ( $N$  - число нейтронов) ("ядерные" протоны и нейтроны отличаются от частиц в свободном состоянии. Например, свободный нейтрон, в отличие от связанного в ядре, нестабилен и превращается в протон и электрон).
- Число нуклонов  $A$  (массовое число) представляет собой сумму чисел протонов и нейтронов:
- $A = z + N$

Модель атома была создана датским физиком  
Нильсом Бором в начале этого столетия

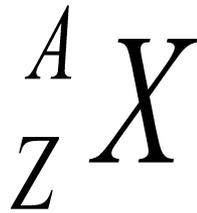


# Элементарные Частицы

Частица	Обозначение	Заряд	Вес в единицах массы
Нейтрон	n	0	~1
Протон	p	+1	~1
Электрон	e, $\beta$	-1	1/1800

# Излучение и ОС

- *Нуклидом* называют атомы или ядра с данным числом нуклонов и данным зарядом ядра (обозначение нуклида )



# ***Химические элементы***

**Элемент определяется числом протонов в его ядре. Следовательно, число протонов - одинаковое во всех атомах некоторого элемента. Число нейтронов может изменяться.**

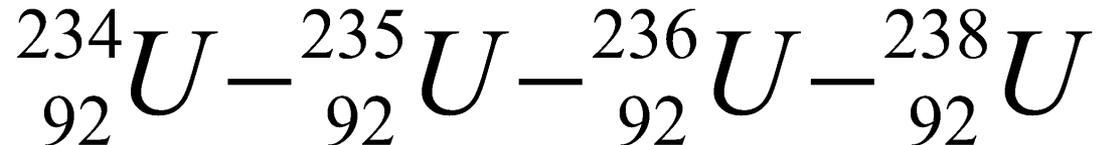
1 Водород (H)	8 Кислород (O)	47 Серебро (Ag)
2 Гелий (He)	13 Алюминий (Al)	79 Золото (Au)
6 Углерод (C)	26 Железо (Fe)	92 Уран (U)
7 Азот (N)		

- ***Атомы, из которых составлены элементы, могут иметь разнообразные формы.***
- Самый простой из всех атомов - атом водорода, чье ядро состоит из одного протона.  
Имеются ещё два вида атома водорода, один с одним нейтроном, другой с двумя нейтронами. Эти два вида называются изотопами водорода.
- Большинство других элементов также имеют такие изотопы.

- **Изотóпы** (от др.-греч. ἴσος — «равный», «одинаковый», и τόπος — «место») — разновидности атомов (и ядер) какого-либо химического элемента, которые имеют одинаковый атомный (порядковый) номер, но при этом разные массовые числа.
- Все изотопы одного элемента имеют одинаковый заряд ядра, отличаясь лишь числом нейтронов. Обычно изотоп обозначается символом химического элемента, к которому он относится, с добавлением верхнего левого индекса, означающего массовое число (например,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ).

# Излучение и ОС

- Нуклиды, имеющие одинаковое число протонов ( $z = \text{const}$ ), называются *изотопы*. Они различаются только числом нейтронов, поэтому принадлежат одному и тому же элементу:



- **Изобáры** (в ед.ч. **изобáр**; др.-греч. ἴσος (isos) — «одинаковый» + βάρος (baros) — «вес») — нуклиды разных элементов, имеющие одинаковое массовое число; например, изобарами являются  $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{40}\text{Ca}$ .

# Излучение и ОС

- Нуклиды, имеющие одинаковое число нуклонов ( $A = \text{const}$ ) называются *изобарами*.



- **Изотóны** (от др.-греч. ἴσος — «равный», «одинаковый», и τόπος — «место», с заменой в последнем слове «п» на «н») — нуклиды, имеющие одинаковое количество нейтронов, но различающиеся по числу протонов в ядре. Примером изотонов могут служить нуклиды  $^{15}\text{N}$  и  $^{14}\text{C}$ , имеющие по 8 нейтронов.
- Название «изотон» было придумано немецким физиком К. Гуггенхаймером на основе слова «изотоп», путём замены «п» (протон) на «н» (нейтрон)

# ***Ионы и ионизация***

**Атом электрически нейтрален. Но, если атом испускает или поглощает один или большее количество электронов, тогда он перестает быть электрически нейтральным. Он превращается в положительно или отрицательно заряженный ион.**

***Ионизация - образование положительных и отрицательных ионов и свободных электронов из электрически нейтральных атомов и молекул.***

Ионизация происходит при поглощении электромагнитного излучения (фотоионизация), при нагревании газа (термическая ионизация), при воздействии электрического поля, при столкновении частиц с электронами и возбужденными частицами (ударная ионизация), при воздействии излучения радиоактивных источников (ионизирующее излучение) и др.

# Излучение и ОС

- **Виды ионизирующих излучений.**
- Излучения называют **ионизирующими**, если, проходя через среду, они вызывают ее ионизацию. Помимо ионизации излучения могут вызывать возбуждения молекул среды.

# Излучение и ОС

- По своей природе ионизирующее излучение бывает **фотонное и корпускулярное**.
- **Фотонное** излучение включает  $\gamma$ -излучение и рентгеновское излучение.  $\gamma$ -излучением называется фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или при аннигиляции частиц (например, электрона  $\beta^-$  и позитрона  $\beta^+$ ). Рентгеновское излучение -это фотонное излучение, состоящее из тормозного или характеристического излучения.

# Излучение и ОС

- **Корпускулярное излучение** - это ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой, отличной от нуля. Корпускулярное излучение бывает следующих видов:  $\beta$  - излучение, состоящее из электронов  $\beta^-$  или позитронов  $\beta^+$ ; протонное излучение, состоящее из протонов  $1\text{H}^+$ ; нейтронное излучение, состоящее из нейтронов  $1\text{N}^0$ ; дейтронов, состоящее из ядер изотопа водорода - дейтерия  $2\text{D}^+$ ;  $\alpha$  - излучение, состоящее из  $\alpha$  - частиц, имеющих строение, аналогичное ядру гелия, т.е., состоящих из двух протонов и двух нейтронов,  $4\text{He}^{2+}$ ; потоки многозарядных ионов; атомы отдачи, образующиеся в результате ядерных реакций; продукты ядерных реакций деления.

# Излучение и ОС

- Ионизирующее излучение делят также на **первичное и вторичное**. Первичным ионизирующим излучением называется ионизирующее излучение, которое в рассматриваемом процессе взаимодействия со средой принимается исходным. Под вторичным ионизирующим излучением понимают ионизирующее излучение, возникающее в результате взаимодействия первичного ионизирующего излучения со средой.

# Излучение и ОС

- Важной характеристикой ионизирующего излучения является его **энергия**. Обычно энергию ионизирующей частицы измеряют в электрон-Вольтах. Электрон - Вольт - это энергия, которую приобретает электрон, проходя разность потенциалов в один Вольт
- ( $1\text{эВ}=1.6\cdot 10^{-19}\text{Дж}$ ,  $\text{МэВ}=10^6\text{кэВ}$ ).

- Материя может быть ионизирована, когда она подвергнута воздействию излучения от радиоактивных источников так называемого ионизирующего излучения. Это излучение может удалять электроны из атомов в веществе и формировать свободные электроны и положительные ионы.

- После ионизации атом с большей готовностью реагирует с другими веществами

# Фильмы

- Радиоактивность. Открытие и применение – YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=ihEi8I3Wbw>

Влияние электромагнитного излучения –  
Влияние электромагнитного излучения  
– YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=NTeGx1eCSi8>