



# Лекция № 6

---

## Электромагнитные поля (ЭМП)



# Вопросы

---

- 1. Источники, классификация и характеристика электромагнитных полей.**
- 2. Действие электромагнитных полей на организм человека.**
- 3. Защиты от воздействия электромагнитных полей.**

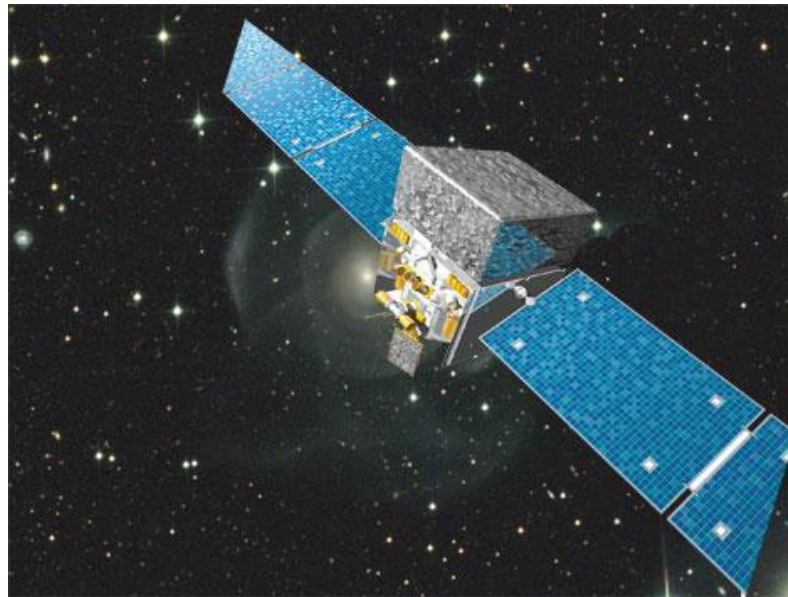


# Вопрос №1.

---

**Источники, классификация и  
характеристика  
электромагнитных полей**

- К **естественным** источникам излучения относятся атмосферное электричество, радиоизлучения солнца и галактик, электрические и магнитные поля Земли.



- **Искусственными** источниками являются радиотехнические средства, плавильные и закалочные индукторы, конденсаторы термических установок с генераторами, трансформаторы, генераторы сверхвысоких частот.

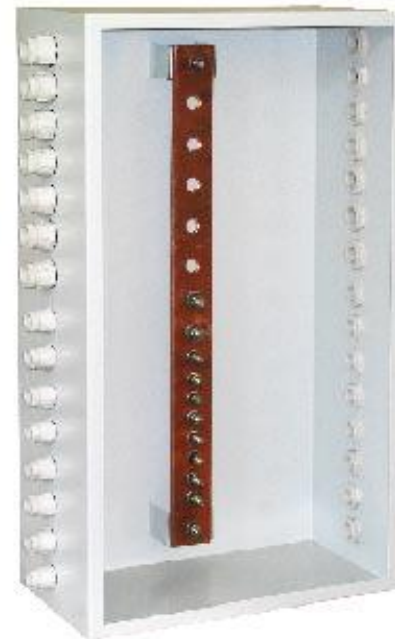


# Источники электрических полей промышленной частоты:

- линии электропередач, сети питания транспорта,
- открытые распределительные устройства,



- коммутационные аппараты,
- устройства защиты,
- измерительные приборы,
- соединительные шины и вспомогательные устройства.



# Источниками постоянных магнитных полей являются:

- электромагниты соленоиды,
- импульсные установки полупериодного и конденсаторного типа,
- литые и металлокерамические магниты.






- Основными элементами радиотехнического средства, излучающего электромагнитное поле, являются: передатчик, фидер, и передающая антенна.




■ **Контролируемыми параметрами ЭМП,** создаваемых элементами энергетических систем при оценке их воздействия на окружающую среду, являются:


- напряженность электрического поля,  **$E$**  в  $V/m$ ;
- напряженность магнитного поля,  **$H$**  в  $A/m$ .



- **Предельно допустимые уровни регламентированы следующими нормативными документами:**

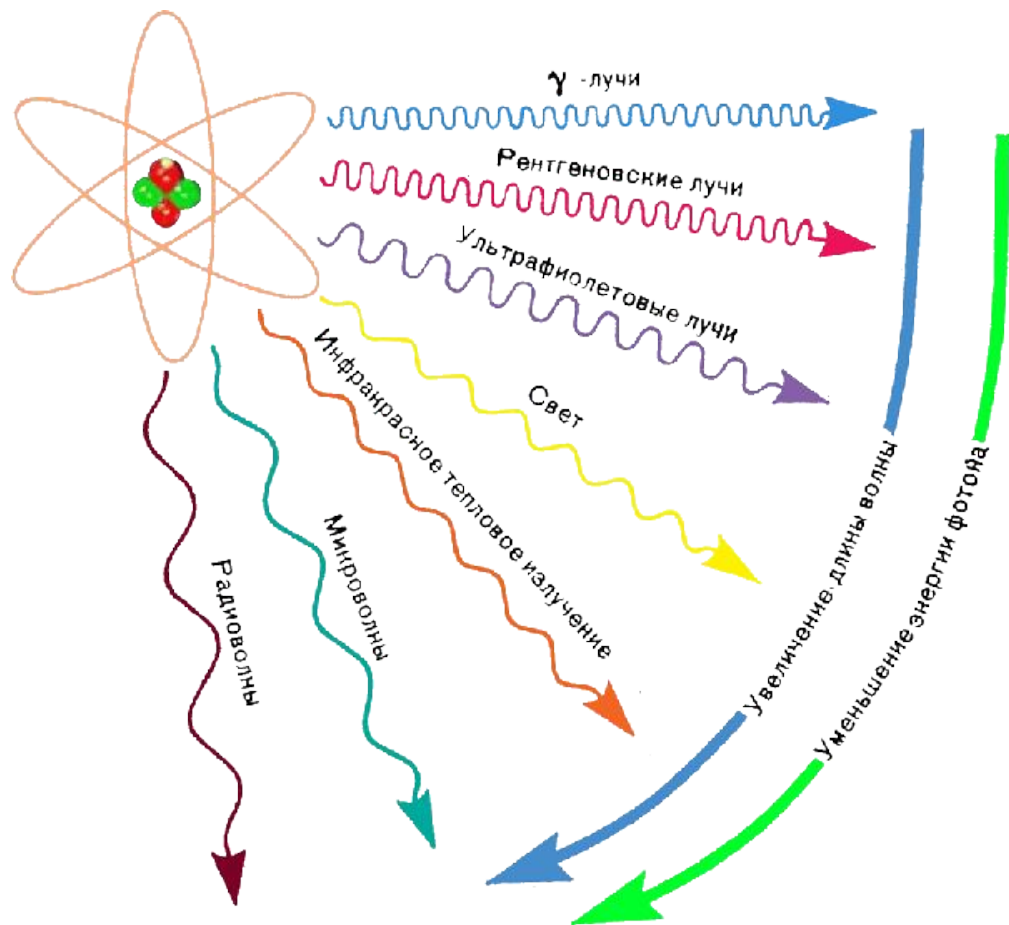
- Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты **СН № 2971-84**. – М.:Минздрав СССР, 1984;

- 
- Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. **СанПиН 2.1.2.1002-00**. – М.: Минздрав России, 2001;
  - Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электромагнитные поля в производственных условиях. **СанПиН 2.2.4.1191-03**. –М.: Минздрав России, 2003.

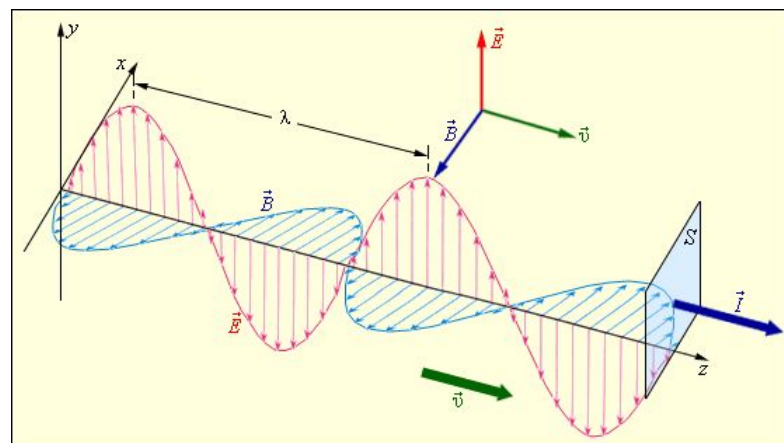
- 
- При проведении расчетов (проектирование, исследование) все рассматриваемые технические средства следует классифицировать, прежде всего, по признакам, относящимся к пространственной форме и характерным размерам соответствующих излучающих структур. В этом смысле различают:
    - линейные источники;
    - локальные источники.

- **Первый класс** образуют источники, пространственная форма которых характеризуется существенным преобладанием одного **линейного размера** над другими.
- Соответствующие технические средства - это **локальные участки цепей энергоснабжения, линии питания электротранспорта и т.п.**


- **Второй класс** образуют источники, локализованные в относительно небольшой (по сравнению с размерами помещения) области пространства. К ним относятся - оконечные устройства сетей и цепей электроснабжения, силовые установки, тяговые подстанции и т.д.



- Совокупность переменных электрического и магнитного полей, распространяющихся в среде, называется **электромагнитными волнами**.





- 
- **К основным параметрам, характеризующим электромагнитные волны, относятся:**
  - скорость распространения ,
  - частота колебаний электромагнитного поля,
  - длина волны.

- **Скорость распространения электромагнитных волн** в атмосфере равна скорости света ( $c$ ) и приблизительно равна  $300000$  км/сек.  $V \sim C$ .
- **Частота колебаний электромагнитного поля** - число полных его колебаний в единицу времени. Единицей измерения частоты колебаний является герц ( $Гц$ ), что соответствует одному колебанию электромагнитного поля в секунду. В практике применяются величины, кратные герцу - килogerц ( $кГц$ ), мегагерц ( $МГц$ ), гигагерц ( $ГГц$ ).
- **Длина волны** - расстояние, на протяжении которого совершается одно полное колебание электромагнитного поля. За промежуток времени принимается один период колебаний.

# Классификация электромагнитных полей-радиочастот

<b>Частоты</b>	<b>Высокие частоты (ВЧ) 100 кГц - 10 МГц</b>	<b>Ультравысокие частоты (УВЧ) 30-300 МГц</b>	<b>Сверхвысокие частоты (СВЧ) 300МГц - 300ГГц</b>		
<b>Длины волн</b>	Длинные	Метровые	Дециметровые	Сантиметровые	Миллиметровые
	3 км- 10 м	10 м – 1 м	1 м- 10 см	10 см –1 см	1 см-1 мм

- При частоте электрического тока  $f = 50$  Гц , **длина волны электромагнитного излучения** составляет:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 0,6 \cdot 10^7 \text{ м} = 6000 \text{ м}$$

В этом случае выполняется условие **квазистационарности**, то есть длина волны соизмерима с длиной рассматриваемых проводников, тогда распределение амплитуды тока во всей цепи в каждый момент времени можно считать равномерным.



## Вопрос № 2

---

**Действие электромагнитных  
полей на организм человека.**

- Электромагнитные поля миллиметрового диапазона поглощаются поверхностными слоями кожи,
- сантиметрового - кожей и прилегающими к ней тканями,
- дециметровые - проникают на глубину 8 - 10 см.

Для более длинных волн ткани тела человека являются хорошо проводящей средой.

- Наиболее чувствительными являются центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. Наблюдается нарушение условно-рефлекторной деятельности, снижение биоэлектрической активности мозга, изменения межнейронных связей. Возможны отклонения со стороны эндокринной системы (нарушение функции щитовидной железы, гипофиза и половых желез).

# Приспособительские реакции организма (при тепловом воздействии ЭМП)

## ■ специфические

- отдышка,
- тахикардия,
- расширение сосудов,
- потоотделение.



## ■ неспецифические

### □ *возбуждение ЦНС*

- стимуляция рефлекторной деятельности
- стимуляция эндокринных желез
- стимуляция обмена веществ

### □ *торможение ЦНС*

- угнетение рефлекторной деятельности
- угнетение эндокринных желез
- угнетение обмена веществ

# Патологические реакции

- катаракты,
- атрофия семенников,
- язвы желудка,
- ожоги,
- неврозы,
- гипотония,
- гипертония.

## Пороговые уровни электромагнитных полей, вызывающие тепловой эффект

Диапазон частот	Пороговые уровни
14,83 МГц	160 Вт/м <sup>2</sup>
69,7 МГц	2500 Вт/м <sup>2</sup>
300-3000 МГц	200 Вт/м <sup>2</sup>
10 ГГц	40 мВт/см <sup>2</sup>
30-300 ГГц	5-10 мВт/см <sup>2</sup>

- Интенсивность нагрева зависит от количества поглощенной энергии и скорости оттока тепла от облучаемых участков тела. Отток тепла затруднен в органах и тканях с плохим кровообращением. К ним в первую очередь относится хрусталик глаза. Под действием облучения в хрусталике может происходить коагуляция белков, мелкоочечные или диффузные помутнения с последующим развитием катаракты.

- Электромагнитное поле **большой интенсивности** порядка  $120-600$  ( $\text{мВт}/\text{см}^2$ ) может вызвать помутнение хрусталика даже в результате однократного облучения.

- Подвержены тепловому воздействию также печень, поджелудочная железа, половые органы, мочевой пузырь, желудок и др. Нагревание их может способствовать обострению хронически протекающих заболеваний и провоцировать возникновение язв, кровотечений и другие явления.

# «Измеритель параметров электрических и магнитных полей ПЗ-70 ТУ 6685-006-07614596-07».

Прибор предназначен для измерения напряженности переменных электрических полей и магнитной индукции при аттестации рабочих мест по условиям труда.





## Вопрос № 2.1.

---

**Действие ЭМП мобильной связи  
на организм человека**



- **SAR** (англ. *Specific Absorption Rates* — удельный коэффициент поглощения) — уровень излучения определяет энергию электромагнитного поля, выделяющуюся в тканях тела человека за одну секунду.

Единицей измерения SAR является ватт Единицей измерения SAR является ватт на килограмм.

В *Европе* допустимое значение излучения составляет **2 Вт/кг для 10 граммов тканей**.

В *США* сертифицируют только те сотовые аппараты, SAR которых не превышает **1,6 Вт/кг для 1 грамма тканей**.

В *России* своя система измерения излучаемой мощности — **в ваттах на квадратный сантиметр**.

$$\text{SAR} = \frac{\sigma \vec{E}^2}{\rho} \quad \text{SAR} = \frac{J^2}{\rho\sigma} \quad \text{SAR} = c_i \frac{dT}{dt}$$

где:

**E** — электрическое поле (в В/м)

**J** — плотность тока (в А/м<sup>2</sup>), вызванная электрическим и магнитным полями; (предельно допустимый уровень для людей, подвергающихся подобным воздействиям в профессиональной деятельности — 10 мА/м<sup>2</sup>; для остальных 2—10 мА/м<sup>2</sup>)

**ρ** — плотность человеческих тканей (в кг/м<sup>3</sup>)

**σ** — электрическая проводимость человеческих тканей (в см/м)

**c<sub>i</sub>** — теплоёмкость человеческих тканей (в Дж/(кг·К))

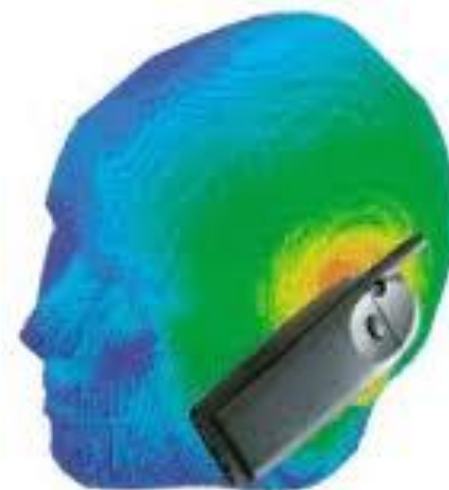
**dT/dt** — временная производная температуры человеческих тканей (в К/с)

# Биологический эффект действия ЭМП формируется в зависимости от:

- технических характеристик телефона (значений / сочетания частоты и мощности, типа модуляции ЭМП);
- режима и длительности воздействия (частоты и продолжительности телефонных разговоров);
- исходного состояния объекта воздействия (возраст, пол, состояние здоровья, индивидуальная чувствительность и т.д.);
- распределения энергии в биологических тканях (вид ткани, глубина проникновения и т.д.).

## При использовании сотовым телефоном воздействию ЭМП подвергаются

- ГОЛОВНОЙ МОЗГ,
- периферические рецепторные зоны,
- вестибулярный, слуховой анализатор,
- сетчатка глаза,
- окружающие пользователя люди.



## Существует три основных метода защиты от воздействия ЭМП:

- защита временем, т. е. сокращение времени контакта с источниками ЭМП, что приводит к уменьшению энергетической экспозиции;
- защита расстоянием, т. е. создание зоны контролируемого доступа вокруг источника ЭМП, увеличение расстояния от источника ЭМП до защищаемых объектов и т. п.;
- применение технических средств коллективной и индивидуальной защиты экранирование, т. е. снижение интенсивности ЭМП за счет преломления, отражения или поглощения энергии падающего поля путем сооружения экранирующих конструкций и ношения специальной одежды.

# 7 СПОСОБОВ уменьшить облучение от мобильного телефона

(без гарнитуры в порядке убывания эффекта)

## 1. Звоните на улице.

Стены помещения задерживают радиоволны в диапазоне 1-2 ГГц довольно сильно, понижая мощность сигнала на 10-20 дБ, т.е. в **10-100 раз**. Из-за особенностей стандартов связи не вся дополнительная мощность может стать доступной при выносе телефона наружу, всё же, преимущество очевидно.

Если на улицу выйти нельзя, то хотя бы повернитесь так, чтобы ваша голова не закрывала вид телефона в окно на улицу – это должно дать дополнительных 5 дБ.

## 2. **Держите трубку на расстоянии от уха.**

Затухание радиоволн пропорционально квадрату пройденного расстояния.

Допустим, расстояние от антенны плотно прижатой к уху трубки до коры головного мозга составляет 1 см. Тогда, отодвинув трубку от уха всего на 1 см, вы увеличите расстояние до мозга вдвое (2 см), и мощность, излучаемая в мозг, уменьшится **в 4 раза.**

### 3. **Удерживайте телефон в руке за нижнюю часть.**

В верхней части аппарата находится антенна, которая, при прикрытии рукой, теряет свою эффективность на 5-10 дБ, заставляя передатчик телефона повышать мощность как минимум **в 3 раза.**



#### 4. **Держите трубку вертикально.**

Радиоволны, даже такие короткие, как 1800 МГц (длина полуволны 8 см) – поляризованы, поэтому *желательно*, чтобы передающая и принимающая антенны были ориентированы одинаково (по традиции и по другим причинам – вертикально).

Опыт показывает, что при простом изменении ориентации трубки GSM с вертикальной на горизонтальную, уровень принимаемого от БС сигнала снижается в среднем на 5 дБ (**в 3 раза**).

5. **Переключите телефон на диапазон 1800 МГц.**

Стандарт GSM предусматривает *разные уровни максимальной*

*мощности для ручного* оборудования: **1 Вт** для 1800 и 1900, **2 Вт** для 900 и 850.

Обычно выбор диапазона происходит автоматически и прозрачно для абонента.


Ручная блокировка нижнего диапазона 900 МГц **вдвое** снижает подверженность радиоизлучению.

6. **Поднесите трубку к уху *после ответа* на том конце.**

Через 20 секунд после нажатия кнопки “Вызов” – как раз к началу разговора – излучаемая мощность снижается до минимально допустимого уровня.

Также обратите внимание: первый длинный гудок появляется только где-то на 10-й секунде, т.е. *бессмысленно после набора номера моментально прикладывать телефон к голове.*

*И всё-таки, не обольщайтесь – в крупных городах с плотной сотовой сетью, телефон может часто переключаться между базовыми станциями во время разговора (иногда по 10 раз в минуту!). При каждом таком переключении мощность прыгает до максимума и затем *медленно* падает.*

- 
7. **Выбирайте телефон с более низким SAR.**  
SAR может отличаться в 2-3 раза для разных моделей телефонов.

# Ложные средства защиты от ЭМП при использовании сотовых терминалов



- Они выполнены в виде разноцветных коробочек, пластинок, таблеток, амулетов, наклеек, выпущенных как полукустарным, так и промышленным способом.
- Действие их, по заверению тех же производителей, основывается на "нетрадиционных технологиях", то есть на каких-то манипуляциях со спинторсионными, микролептонными, тонкими и прочими, неизвестными современной физике, полями.



## Вопрос №2.2

---

**Действие электростатического  
поля**

- **Статическое электричество** - совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.




## ■ **Электростатические поля (ЭСП)**

используются в промышленности при очистке газов в электрофильтрах и электростатической сепарации руд и материалов, для электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов и в других производственных процессах.



- ЭСП поля оказывают наибольшее действие на нервную, сердечно-сосудистую и лимфатическую системы организма, вызывая нарушения координации физиологических и биохимических процессов. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна.

- 
- Статическое электричество опасно тем, что может вызвать искровой разряд, который может стать причиной повреждения электронных приборов или несчастного случая.

- Допустимые уровни напряженности ЭСП установлены стандартом ГОСТ 12.1.045-84 **«ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»**, который распространяется на ЭСП, создаваемые при эксплуатации электроустановок высокого напряжения.



## ■ Наиболее распространенные способы защиты от ЭСП:

- уменьшение интенсивности генерации электростатических зарядов,
- отвод их с наэлектризованного материала (заземление),
- нейтрализация.


- **Эффективное средство защиты** - увеличение влажности воздуха до 65-75%, когда это возможно по условиям технологического процесса.
- **Индивидуальным средством защиты** от статического электричества является ношение антистатической обуви, халата, заземляющих браслетов.



## Вопрос № 2.2.

---

# **Нормирование электромагнитных полей**

- 
- Впервые решение задачи по определению предельно допустимого уровня плотности потока энергии электромагнитных полей микроволнового диапазона провел в 1953 году американский ученый из Пенсильванского университета Г.Шван.

- При плотности потока энергии выше  $100 \text{ Вт/м}^2$  организм не справляется с отводом образующейся теплоты и температура тела повышается. Это может привести к тепловому удару (головной боли, рвоте, обмороку).
- При плотности потока энергии  $1000 \text{ Вт/м}^2$  может произойти тепловое поражение организма.



## **Предельно допустимые уровни воздействия электромагнитных полей на население установлены:**

- **ГОСТ Р 50829-95** «Безопасность радиостанций радиоэлектронной аппаратуры с использованием приемопередающей аппаратуры и их составных частей. Общие требования и методы испытаний»,
- **ГОСТ 30429-96** «Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования и аппаратуры, устанавливаемых совместно со служебными радиоприемными устройствами гражданского назначения. Нормы и методы испытаний».

**Предельно допустимая плотность потока энергии  
электромагнитных полей в диапазоне частот  
300 МГц-300 ГГц**

<b>Плотность потока энергии</b>		<b>Время пребывания</b>
<i>(Вт/м<sup>2</sup>)</i>	<i>(мкВт/см<sup>2</sup>)</i>	
До 0,1	До 10	Рабочий день
От 0,1 до 1,0	От 10 до 100	Не более 24
От 1,0 до 10,0	От 100 до 1000	Не более 20 мин

**Предельно допустимая плотность потока энергии  
электромагнитных полей в диапазоне частот  
300 МГц-300 ГГц от вращающихся и  
сканирующих антенн**

<b>Плотность потока энергии</b>		<b>Время пребывания</b>
<b>Вт/м<sup>2</sup></b>	<b>мкВт/см<sup>2</sup></b>	
До 1,0	До 100	Рабочий день
От 1,0 до 10,0	От 100 до 1000	Не более 24

# Технические меры защиты от ЭМП

## *Защита по мощности:*

- снижение параметров излучения в самом источнике;
- ослабление мощности электромагнитного поля.

## *Защита по расстоянию:*

- увеличение расстояния между источником излучения и обслуживающим персоналом;
- выделение зон излучения;
- применением средств индивидуальной защиты;
- экранирование рабочих мест.

## *Защита по времени:*

- применение средств предупреждения и сигнализации;
- ограничение времени пребывания персонала в рабочей зоне;
- установление рационального режима эксплуатации установок и работы личного состава.



## Вопрос № 3.

---

**Влияние ионизирующего  
излучения.**

- **Ионизирующее излучение** - это электромагнитное излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы различных знаков.



- **Ион** - одноатомная или многоатомная электрически заряженная частица, образующаяся в результате потери или присоединения одного или нескольких электронов атомами или молекулами.
- Ионизирующее излучение применяют в машино- и приборостроении для автоматического контроля технологических операций и управления ими, определения износа деталей, качества сварных швов, структуры металла и т.д.


## **К ионизирующим излучениям относятся:**

- **корпускулярные** (альфа-, бета-, нейтронные)
- **электромагнитные** (гамма-, рентгеновское) излучения, способные при взаимодействии с веществом создавать заряженные атомы и молекулы-ионы.

- **Альфа-излучение** представляет собой поток ядер гелия, испускаемых веществом при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях.

Их энергия не превышает нескольких МэВ. Чем больше энергия частицы, тем больше полная ионизация, вызванная ею в веществе. Пробег альфа-частиц, испускаемых радиоактивными веществами, достигает 8-9 см в воздухе, а в живой ткани - нескольких десятков микрон.

- **Бета-излучение** - поток  $\beta$ -частиц, возникающих при радиоактивном распаде. **Бета-частица** ( $\beta$ -частица), заряженная частица, испускаемая в результате бета-распада.
- Отрицательно заряженные бета-частицы являются **электронами** ( $\beta^-$ ), положительно заряженные - **позитронами** ( $\beta^+$ ).
- **Значительные дозы внешнего бета-излучения могут вызвать лучевые ожоги кожи и привести к лучевой болезни. Ещё более опасно внутреннее облучение от бета-активных радионуклидов, попавших внутрь организма.**

- 
- **Нейтроны** — элементарные частицы, не имеющие заряда. Поток которых образует нейтронное излучение.

- **Гамма-излучение** — электромагнитное (фотонное) излучение, испускаемое при ядерных превращениях или взаимодействии частиц.
- Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. Энергия его находится в пределах 0,01-3 МэВ.

- **Рентгеновское излучение** возникает в среде, окружающей источник бета-излучения (в рентгеновских трубках, в ускорителях электронов и т.п.)
- Рентгеновское излучение является ионизирующим. Оно воздействует на ткани живых организмов и может быть причиной лучевой болезни, лучевых ожогов и злокачественных опухолей. По причине этого при работе с рентгеновским излучением необходимо соблюдать меры защиты. Считается, что поражение прямо пропорционально поглощённой дозе излучения. Рентгеновское излучение является мутагенным фактором.



# Вопрос №4

---

## **Нормы и принципы радиационной безопасности**



- Нормы радиационной безопасности **НРБ-99** применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.
- Требования и нормативы, установленные **Нормами**, являются обязательными для всех юридических лиц, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, местных органов власти, граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, проживающих на территории РФ.

# **Нормы распространяются на следующие виды воздействия ионизирующего излучения на человека:**

- в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
- в результате радиационной аварии;
- от природных источников излучения;
- при медицинском облучении.

## Требования Норм и Правил не распространяются на источники излучения, создающие :

- индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв;
- индивидуальную годовую эквивалентную дозу в коже не более 50 мЗв и в хрусталике не более 15 мЗв;
- коллективную эффективную годовую дозу не более 1 чел-Зв.
- на космическое излучение на поверхности Земли и внутреннее облучение человека.

- **Зиверт** (обозначение: **Зв, Sv**) - единица эквивалентной дозы излучения в системе СИ, равная эквивалентной дозе в случае, если доза поглощенного ионизирующего излучения, умноженная на условный безразмерный фактор, составляет 1 Дж/кг.

- Так как различные виды излучения вызывают разное воздействие на биологическую ткань, то используется взвешенная поглощенная доза излучения, называемая также **эквивалентной дозой**; она получается путем модифицирования поглощенной дозы за счет ее умножения на условный безразмерный фактор, принятый Международной комиссией по защите от рентгеновского излучения. В настоящее время зиверт все больше вытесняет выходящий из употребления физический эквивалент рентгена.

# Принципы нормальной эксплуатации источников излучения

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (**принцип нормирования**);
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда (**принцип обоснования**);

- поддержание на возможно низком и достижимом уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (**принцип оптимизации**).