

. ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ (продолжение)



Вопросы:

1. Статическое электричество. Лазерное излучение.
2. Неинтенсивные излучения оптического диапазона.
3. Ионизирующее излучение.



**1. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.**

СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

В некоторых отраслях промышленного производства, а также в быту наблюдаются явления электризации тел – статическое электричество.

Статическое электричество – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией (установления равновесия) свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.



Образование и накопление зарядов связано с двумя условиями.

1. Должен произойти контакт поверхностей, в результате которого образуется двойной электрический слой.

2. Хотя бы одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала.



Интенсивность образования зарядов определяется различием электрических свойств материалов, а также силой и скоростью трения.



Опасность состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.



Вредное воздействие оказывает на человека статическое электричество, возникающее при ношении одежды из синтетических материалов и при контакте с наэлектризованными поверхностями (например, клавиатура компьютера).



При прикосновении человека к предмету, несущему электрический заряд, происходит разряд последнего через тело человека. Величины возникающих при разрядке токов небольшие и они очень кратковременны. Поэтому электротравм не возникает. Однако разряд, как правило, вызывает рефлекторное движение человека, что в ряде случаев может привести к резкому движению, падению человека с высоты.



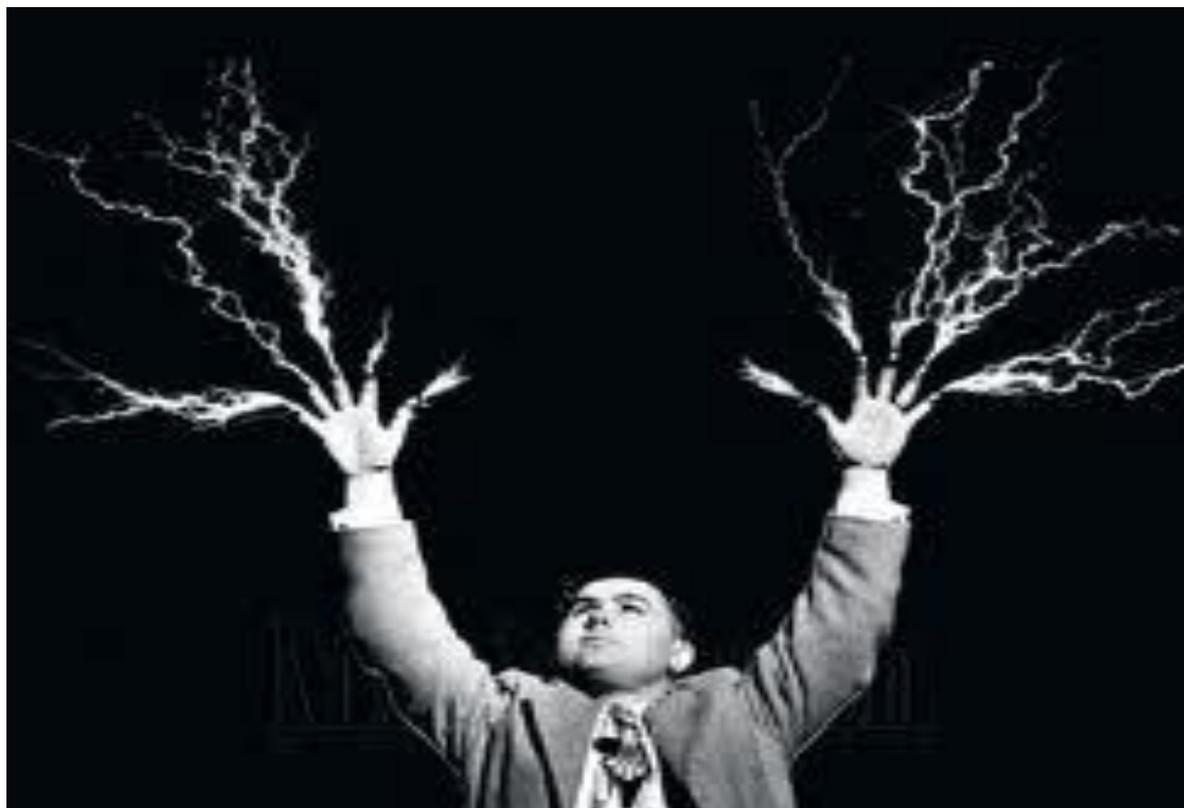
Кроме того, при образовании заряда с большим электрическим потенциалом вокруг них создается электрическое поле повышенной напряженности, которое вредно для человека. При длительном пребывании человека в таком поле наблюдаются функциональные изменения в ЦНС, сердечно - сосудистой и других системах.



У людей, работающих в зоне воздействия электростатического поля, встречаются разнообразные жалобы: на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Характерны своеобразные «фобии», обусловленные страхом ожидаемого разряда. Склонность к «фобиям» обычно сочетается с повышенной эмоциональной возбудимостью.

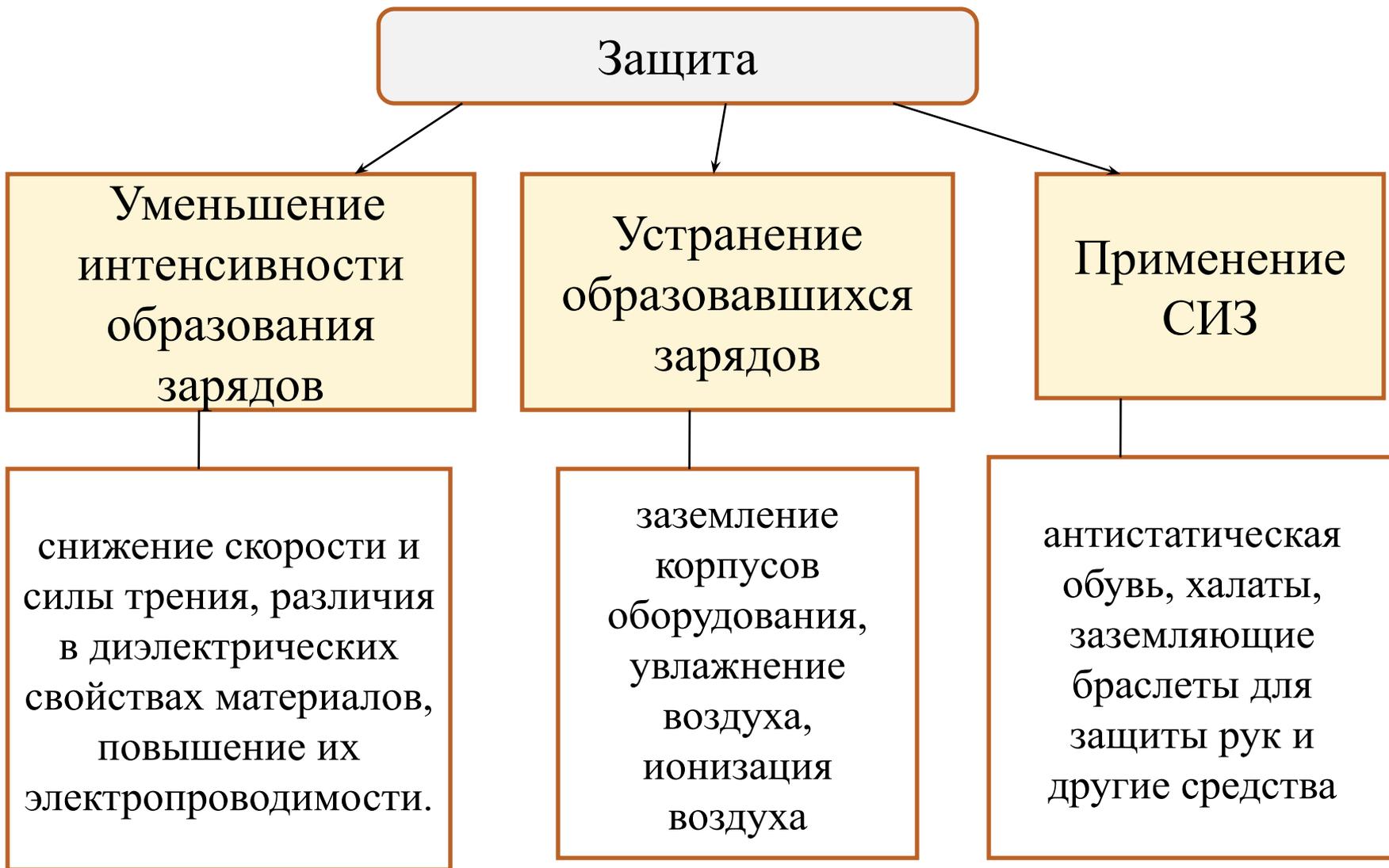


Наибольшая опасность электростатических зарядов заключается в том, что искровой разряд может обладать энергией, достаточной для воспламенения горючей или взрывоопасной смеси. Искра, возникающая при разрядке электростатических зарядов, является частой причиной пожаров и взрывов.



Защита от статического электричества

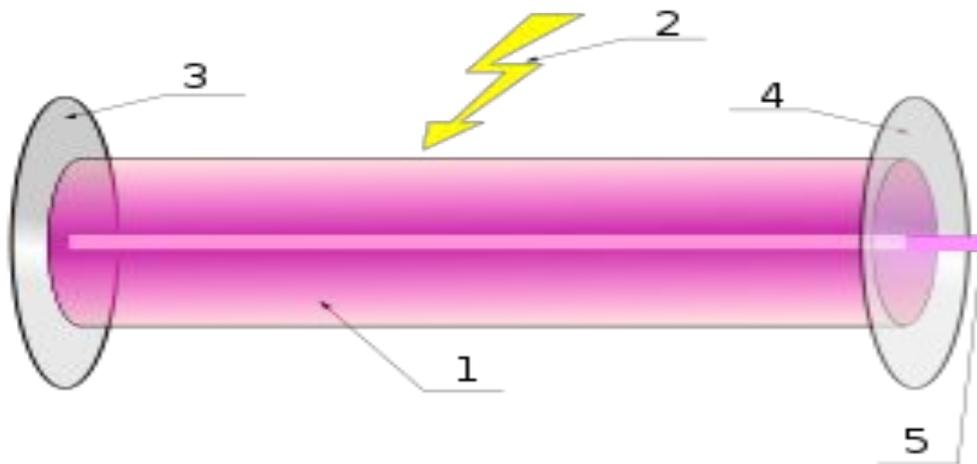
Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены в ГОСТ 12.1.045-84.



ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Лазерное излучение является электромагнитным излучением. Оно характеризуется:

- монохроматичностью (излучения практически одной частоты),
- высокой когерентностью (сохранением фазы колебаний),
- чрезвычайно малой энергетической расходимостью луча,
- высокой энергетической освещенностью.



- 1 — активная среда;
- 2 — энергия накачки лазера;
- 3 — непрозрачное зеркало;
- 4 — полупрозрачное зеркало;
- 5 — лазерный луч.

Энергетическая освещенность (облученность) (Вт/см²)

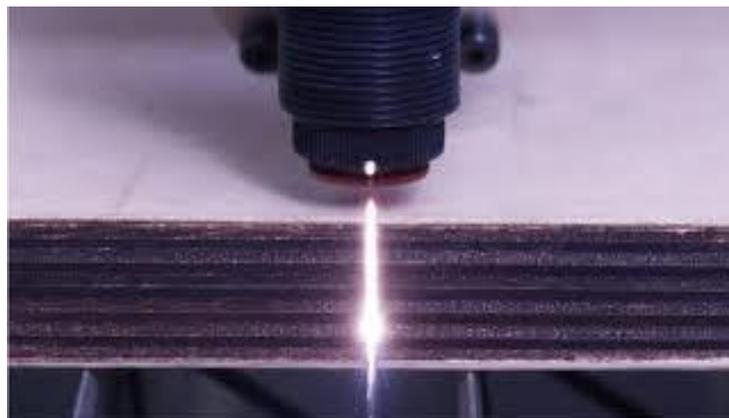
– это отношение мощности потока излучения, падающего на малый участок облучаемой поверхности, к площади этого участка.

Энергетическая экспозиция (Дж/см²) – это отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок, к площади этого участка.

Лазерное излучение сопровождается мощным электромагнитным полем.



Лазерные установки получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, науке и медицине.

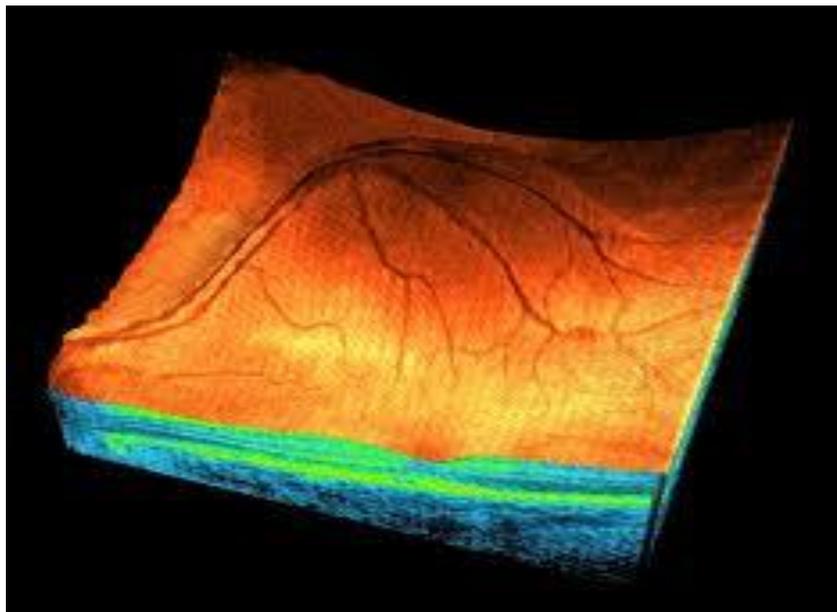




Однако лазерное излучение представляет опасность при неосторожном и неумелом его использовании.

Биологические эффекты зависят от:

- длины волны излучения,
- длительности импульса (воздействия),
- частоты следования импульсов,
- площади облучаемого участка,
- биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.



Поражение
сетчатки глаза
лазером на
дискотеке



Лазерное излучение

Действие на органы зрения

Кератоконъюнктивит
Ожог роговицы,
конъюнктивы,
сетчатки.
Катаракта
Изменения в сосудах
Снижение остроты
зрения
Фотокератит

Действие на кожные покровы

Термический эффект
Резкое повышение
давления в тканях
Некроз, паранекроз
Повреждения
волосяных луковиц и
пигментных
структур
Ожоговые пузыри

Действие на другие органы и системы

Общее ухудшение
состояния здоровья
Функциональные
изменения сердечно-
сосудистой и
нервной систем

Нормирование лазерного излучения осуществляется по предельно допустимым уровням облучения (ПДУ).

Работа лазерных установок может сопровождаться также возникновением и других опасных и вредных производственных факторов: шума, вибрации, аэрозолей, газов, электромагнитных и ионизирующих излучений.

Эксплуатация лазеров должна осуществляться в отдельных помещениях, снабженных вентиляцией, удаляющей вредные газы и пары с рабочего места. Ограждения и экраны должны предохранять окружающих от прямых и отраженных лазерных лучей.

2. НЕИНТЕНСИВНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

ВИДИМЫЙ СВЕТ

Видимый свет – это электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом.

Свет – это возбудитель зрительной сенсорной системы, обеспечивающей человека информацией об окружающей среде.

Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию, способствующую появлению благоприятного психического состояния людей.

Недостаточное освещение ведет к перенапряжению глаз, к общему утомлению человека, снижается внимание, ухудшается координация движений, что может привести к несчастному случаю. Повышенная освещенность неблагоприятно влияет на общее самочувствие и зрение, вызывая прежде всего слепящий эффект.

Свет характеризуется следующими показателями:

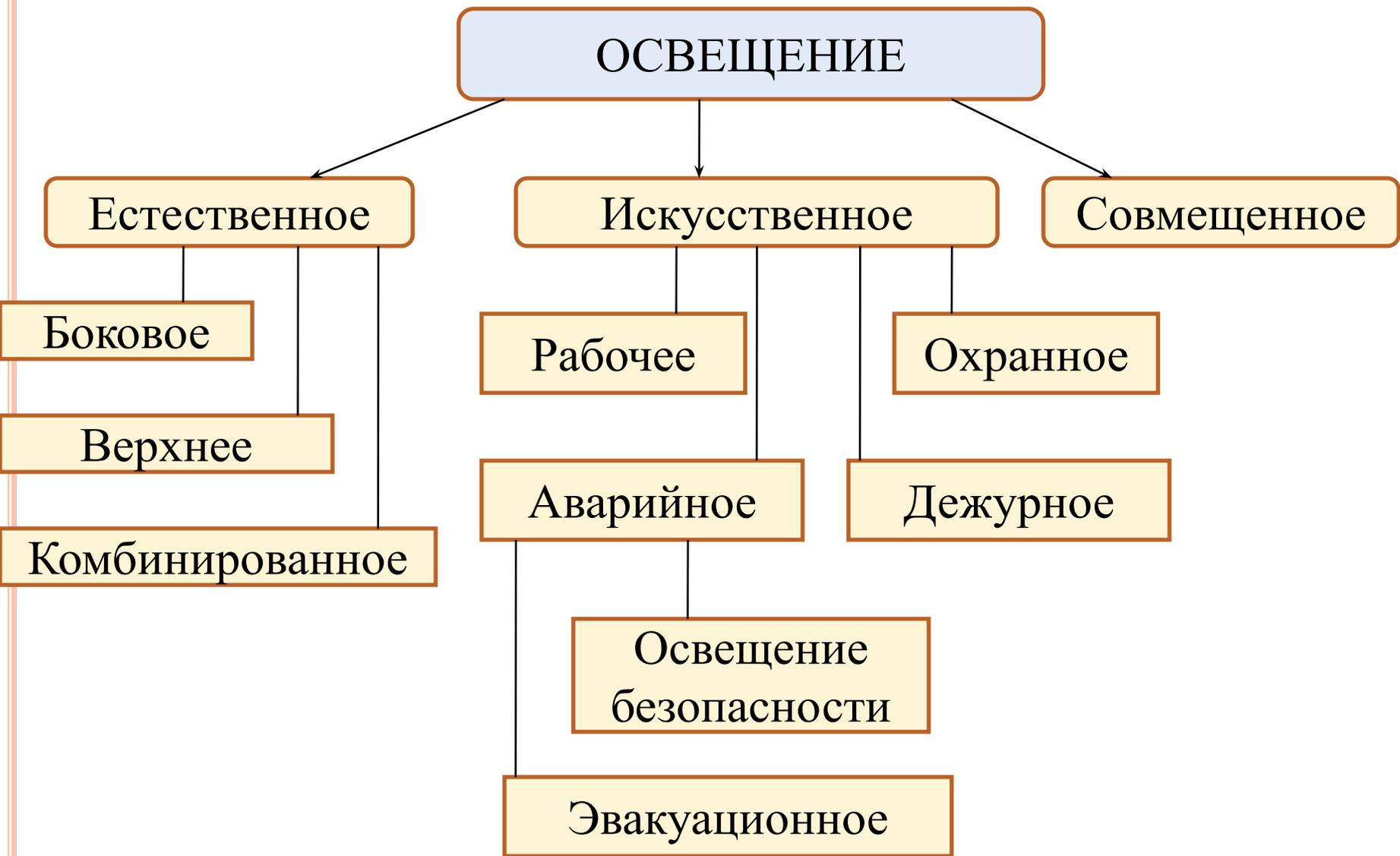
Световой поток – это часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет. Он измеряется в *люменах* (лм).

Освещенность – величина, измеряемая отношением светового потока, падающего на поверхность, к величине поверхности. Измеряется в *люксах* (лк).

Сила света – это пространственная плотность светового потока. За единицу силы света принята *кандела* (кд).

Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности, а в большинстве случаев также от угла, под которым поверхность рассматривается.

Коэффициент отражения – физическая величина, характеризующая способность тела отражать падающее на него излучение.





*Люминесцентная
лампа*



*Натриевая
лампа*



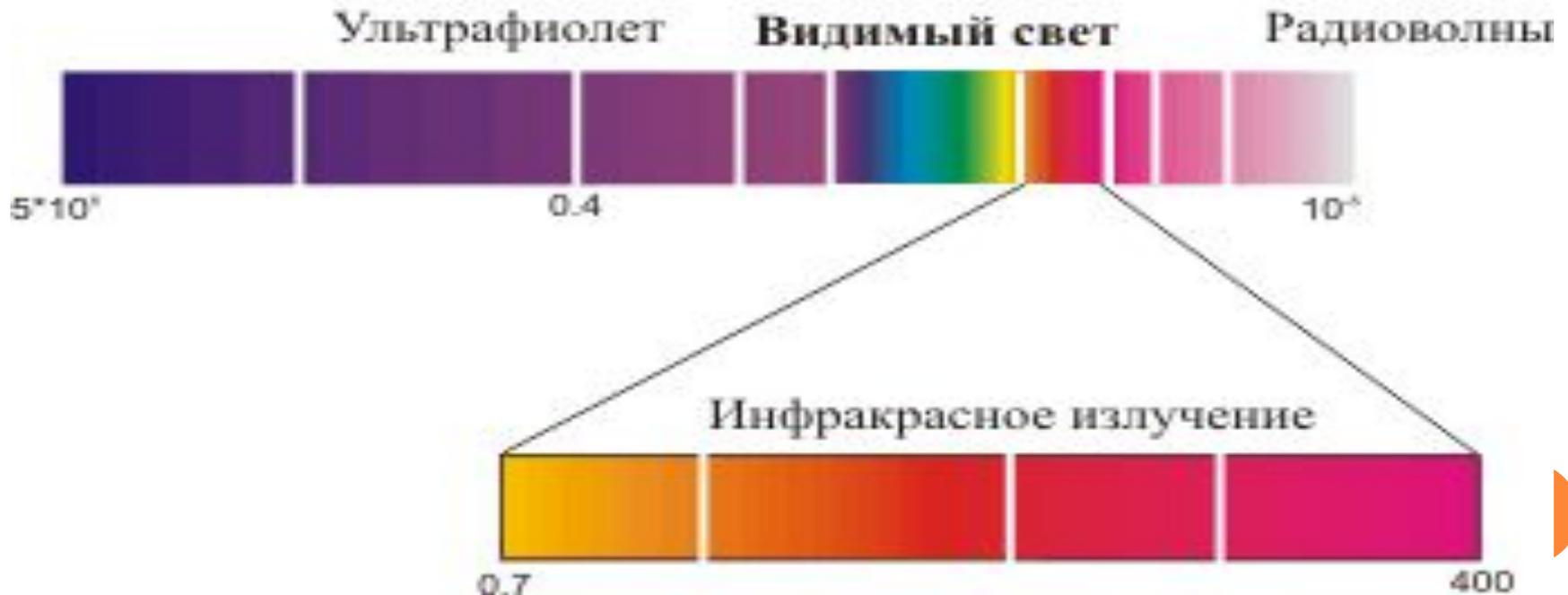
*Ртутная
лампа*



ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

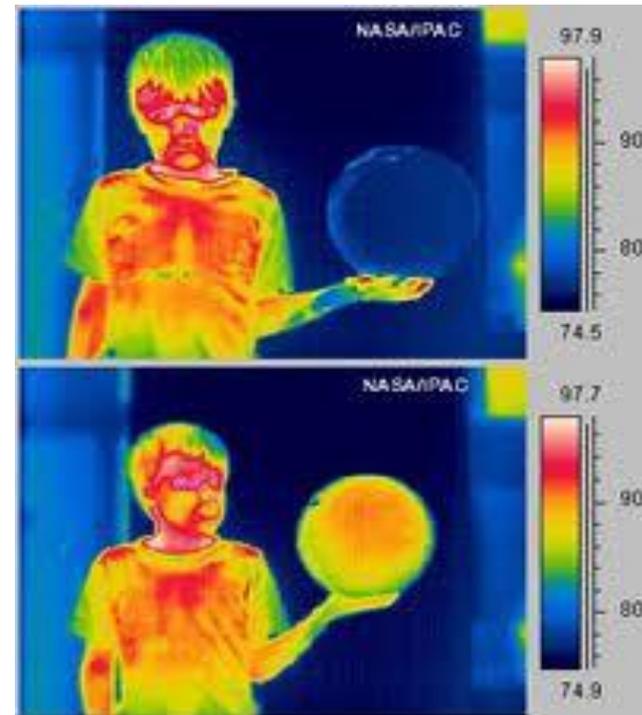
Инфракрасные (тепловые) излучения представляют собой часть электромагнитного спектра, характеризующееся такой энергией, которая при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект, поэтому это излучение еще называют **ТЕПЛОВЫМ**.

Электромагнитный спектр



Все нагретые твёрдые тела испускают непрерывный инфракрасный спектр.

Нагретое твёрдое тело излучает в очень широком интервале длин волн.



Инфракрасное излучение мяча после удара

Инфракрасное излучение производит тепловое действие. Лучи довольно глубоко (до 4 см) проникают в ткани организма, повышают температуру облучаемого участка кожи, а при интенсивном облучении всего тела повышают общую температуру тела и вызывают резкое покраснение кожных покровов.



ИК излучение

Действие на органы зрения

Острая боль в глазах.
Ожог роговицы, конъюнктивы, сетчатки.
Катаракта хрусталика.
Атрофия радужной оболочки.

Действие на кожные покровы

Ожог.
Усиление пигментации.
Эритема.
Болевые ощущения в кожных покровах.

Действие на другие органы и системы

Нарушение терморегуляции (тепловой стресс).
Снижение кровообращения в селезенке и почках.
Поражение семенников (стерилизация).



Действие на нервную систему инфракрасных кабин



Защита от инфракрасных излучений.

Способами защиты от инфракрасных излучений являются: теплоизоляция горячих поверхностей, охлаждение теплоизлучающих поверхностей, удаление рабочего от источника теплового излучения, применение аэрации, экранирование источников излучения; использование СИЗ.



УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Ультрафиолетовое излучение не воспринимается органом зрения.

Естественным источником ультрафиолетовых излучений (УФ-излучений) является солнце. Искусственными источниками в производственных помещениях являются электрические дуги, газоразрядные лампы и др.

Биологическое действие УФ-лучей солнечного света проявляется прежде всего в их положительном влиянии на организм человека. Это жизненно необходимый фактор.

УФ-излучение от производственных источников может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений.



УФ излучение

Действие на органы зрения

Песок в глазах.
Фотоконъюнктивит.
Фотокератит.
Катаракта хрусталика.
Меланома (у голубоглазых)

Действие на кожные покровы

Гиперпигментация кожи (загар)
Эритема.
Изменение клеток эпидермиса.
Рак кожи.

Действие на другие органы и системы

Благоприятное в небольших дозах.
Влияет на иммунную систему.
Изменяет лейкоцитарную формулу.



Фотоофтальмия. Ультрафиолетовый ожог конъюнктивы и роговицы. Особенно опасны случаи, когда свет отражается от снежной поверхности, именно поэтому любители горных лыж и зимней рыбалки должны носить специальные очки.

Облучению можно подвергнуться и от бактерицидной лампы.

Обычно страдает персонал операционных, физиотерапевтических кабинетов, соляриев.



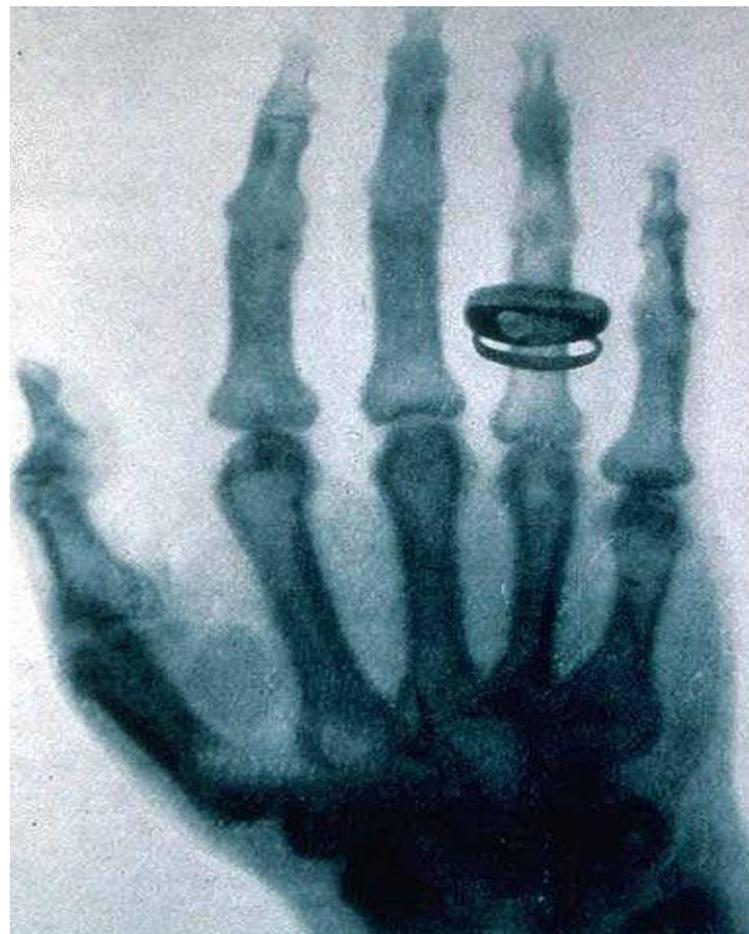


3. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

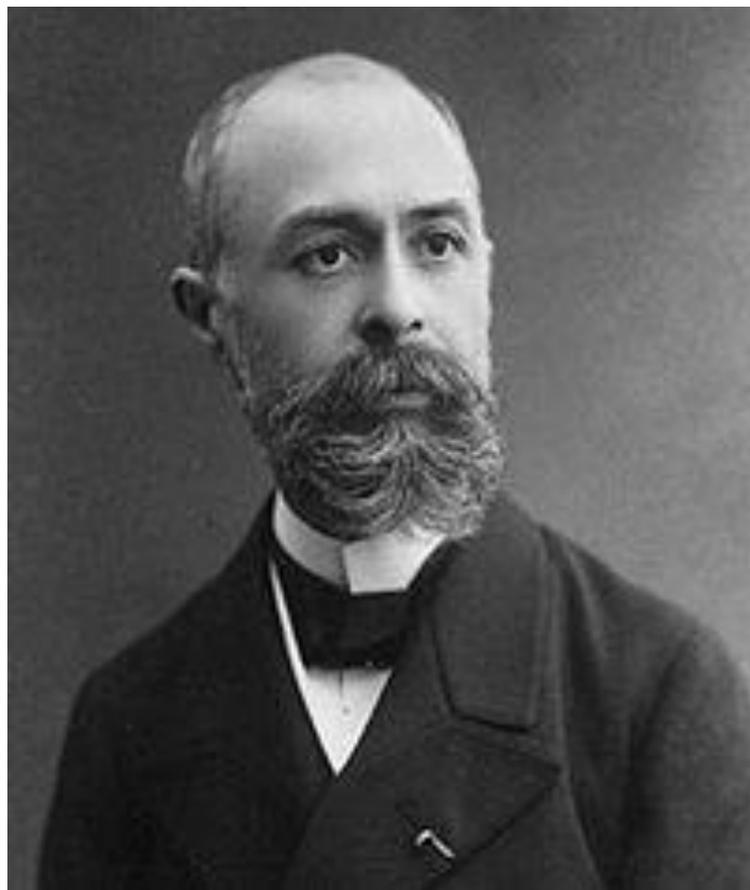
**В самом конце XIX в. было
открыто новое, доселе
неизвестное природное
явление. Оно получило
название радиация. Открытие
сразу же привлекло внимание
ученых и позволило совершить
научные открытия в различных
областях физики, химии,
медицины.**



В 1895 Г. В.К. РЕНТГЕН ОБНАРУЖИЛ Х-ЛУЧИ, ВПОСЛЕДСТВИИ БЫЛИ НАЗВАНЫ В ЧЕСТЬ ЕГО ИМЕНИ, РЕНТГЕНОВСКИМИ.



В 1896 Г. А. БЕККЕРЕЛЬ УСТАНОВИЛ
РАДИОАКТИВНОСТЬ (ИЗЛУЧЕНИЕ) У СОЛЕЙ
УРАНА.



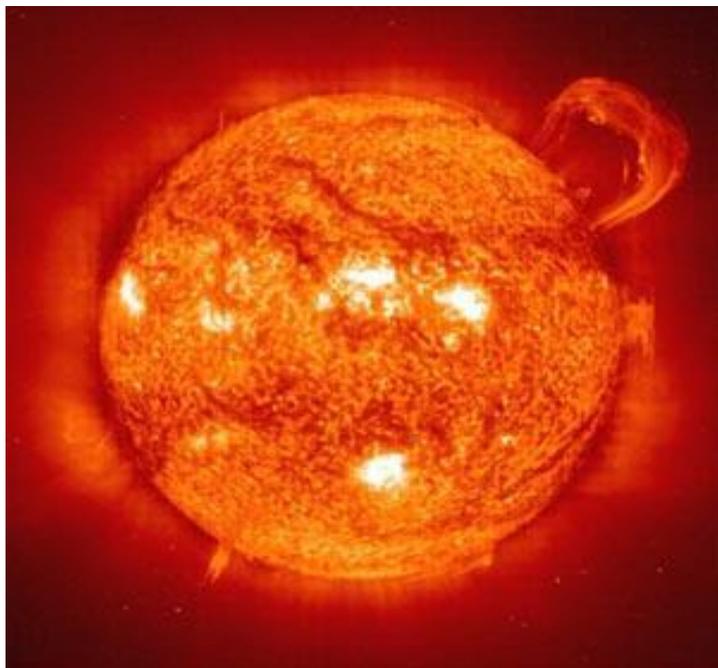
В 1898 Г. МАРИЯ КЮРИ И ЕЕ МУЖ ПЬЕР КЮРИ
УСТАНОВИЛИ, ЧТО ПОСЛЕ ИЗЛУЧЕНИЙ УРАН
САМОПРОИЗВОЛЬНО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО
ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.



M. Curie



Естественные источники радиации



Большинство естественных источников ИИ таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно. Они формируют примерно $4/5$ общего радиационного фона.

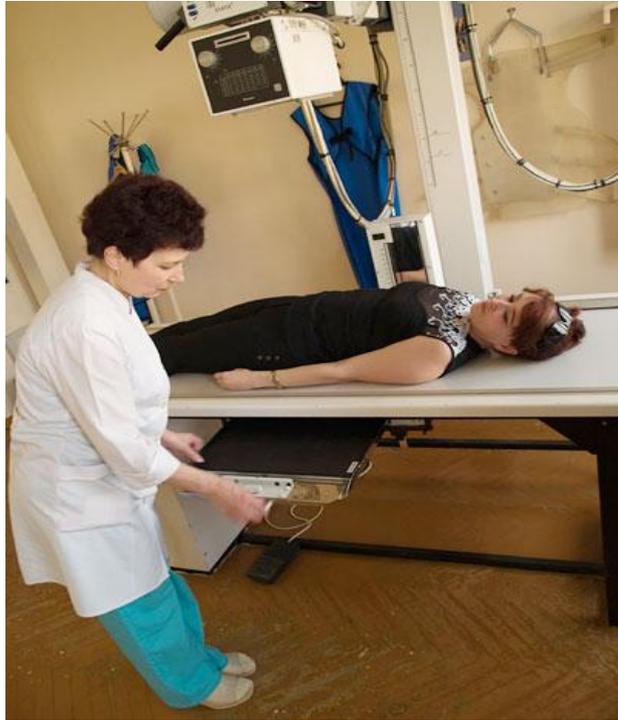
К ним относятся:

- космическое излучение;
- природные радиоактивные вещества, рассеянные в почве, воде, воздухе, строительных и других материалах;
- источники природной радиации, содержащиеся в самом организме и поступающие в него в составе пищи, воды, воздуха.



ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИАЦИИ

ИСТОЧНИКИ



Человек научился использовать энергию атома в самых разных целях:

- в медицине,
- для создания ядерного оружия,
- для производства электроэнергии,
- для изготовления светящихся циферблатов часов, приборов ночного видения и для поиска полезных ископаемых.



К сожалению, все это приводит к увеличению дозы облучения как отдельных людей, так и населения Земли в целом.

ТЕХНОГЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ РАДИАЦИОННОГО ФОНА ЯВЛЯЕТСЯ **АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.**



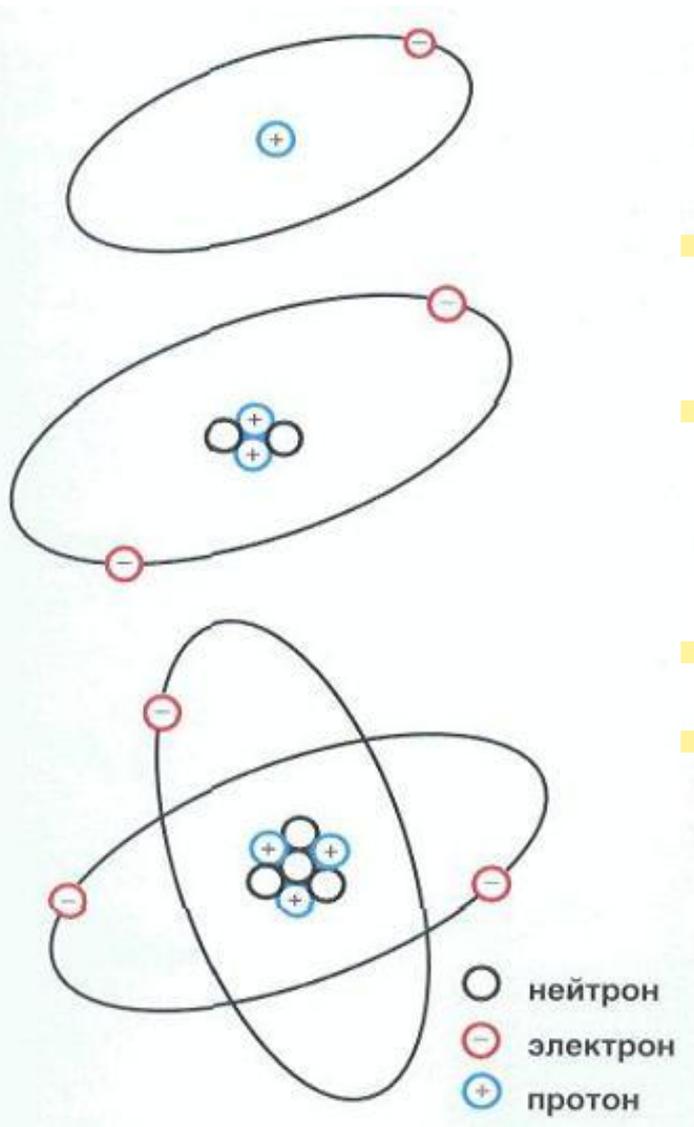
Она включает:

- добычу и обогащение урановой руды,
- производство ядерного топлива,
- эксплуатацию ядерных энергетических установок,
- захоронение и хранение радиоактивных отходов.



Явление радиоактивности

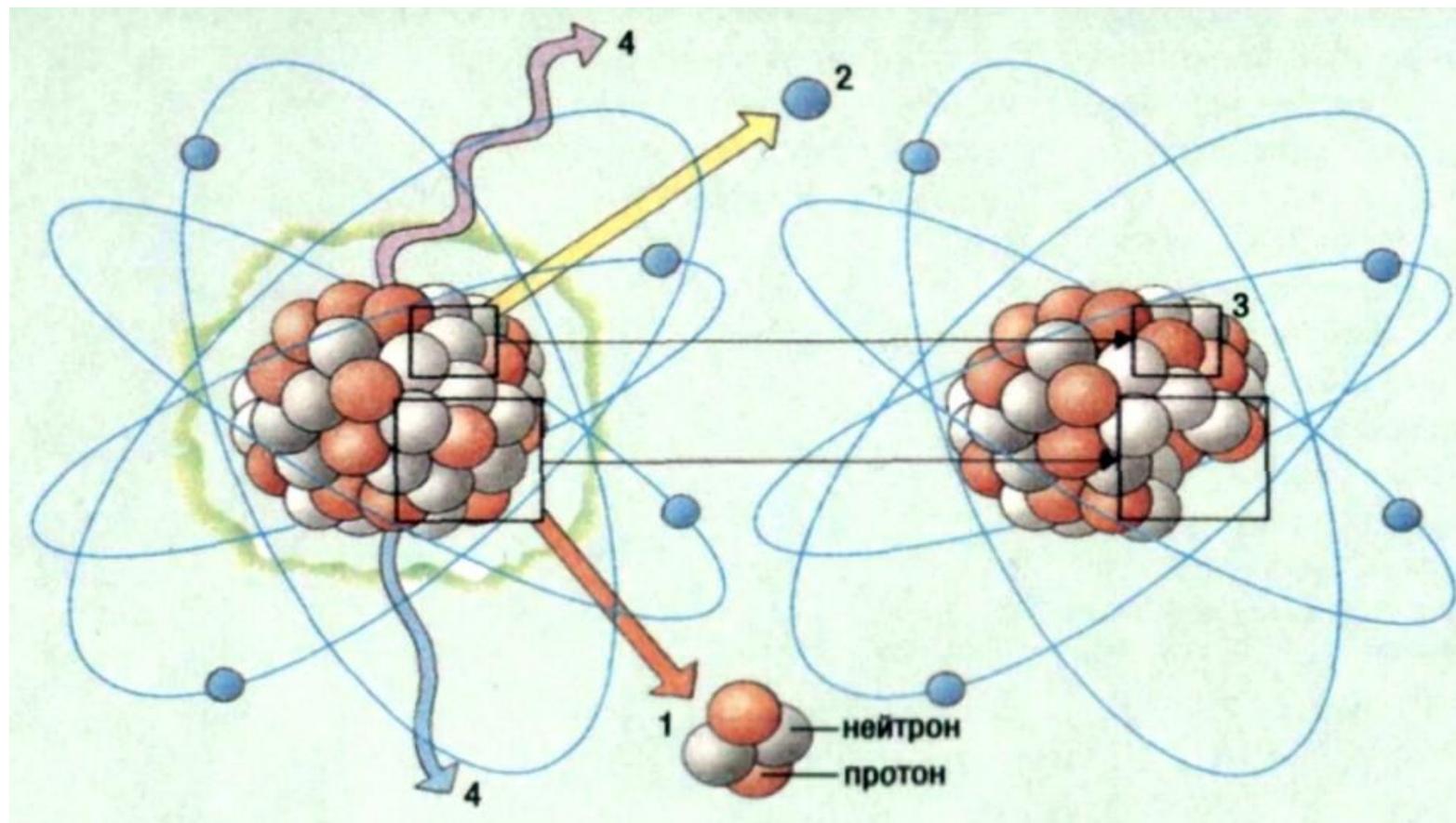
Атом - наименьшая часть химического элемента, сохраняющая все его свойства.



- Основная масса атома сосредоточена в ядре
- Ядро состоит из протонов и нейтронов, называемых нуклонами.
- Вокруг ядра вращаются электроны
- Суммарный отрицательный заряд электронов равен суммарному положительному заряду ядра



Процесс самопроизвольного распада нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид — радионуклидом. Установлено, что радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (то есть начиная с висмута), и многие более лёгкие элементы.

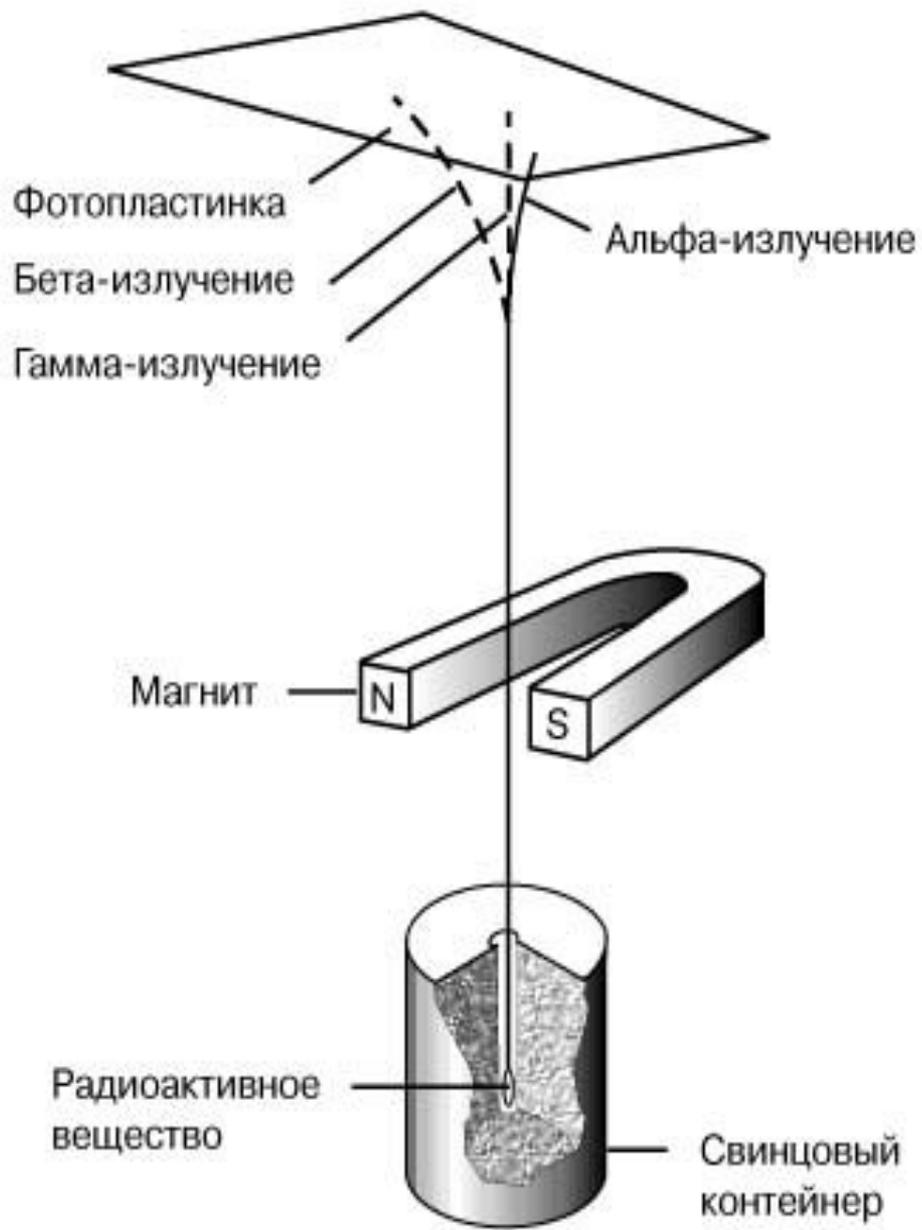


□ **Радиоактивность** — это свойство ядер определенных элементов самопроизвольно превращаться в ядра других элементов с испусканием особого рода излучения, называемого *радиоактивным*.

□ Это излучение способно при взаимодействии с любой средой *вызывать ионизацию и возбуждение атомов и молекул вещества среды*. Поэтому оно получило название — *ионизирующее излучение*.

□ Таким образом, радиоактивность и сопровождающее этот процесс ионизирующее излучение является свойством атомного ядра при его распаде.





ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

корпускулярное

Поток легких
заряженных
частиц
(β -частицы)

Поток тяжелых
заряженных
частиц
(α -частицы)

Поток нейтральных
частиц (нейтроны)

электромагнитное

Гамма-лучи

Рентгеновские
лучи



Характеристика ионизирующих излучений

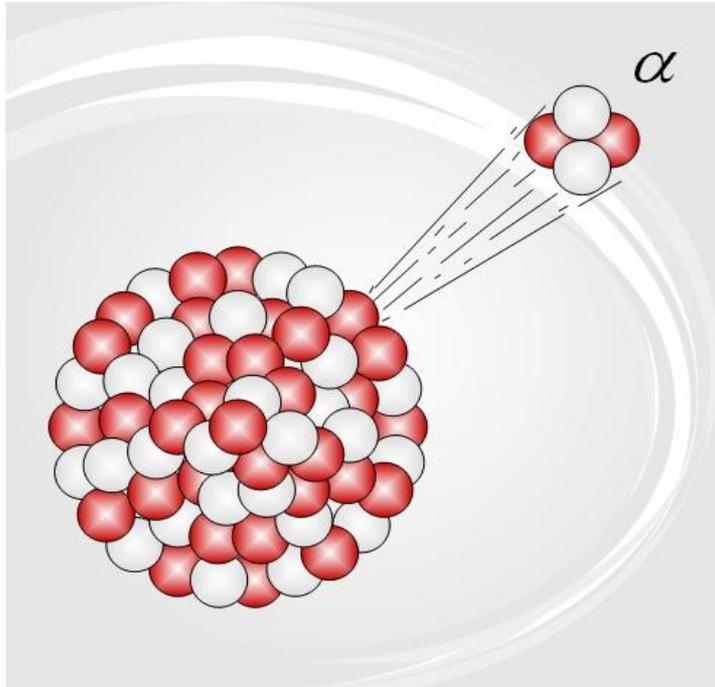
Излучения характеризуются по их ионизирующей и проникающей способностям.

Ионизирующая способность излучения определяется удельной ионизацией, то есть числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объема массы среды или на единице длины пути. Излучения различных видов обладают различной ионизирующей способностью.

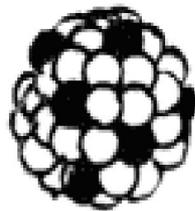
Проникающая способность излучений определяется величиной пробега. Пробегом называется путь, пройденный частицей в веществе до ее полной остановки, обусловленной тем или иным видом взаимодействия.



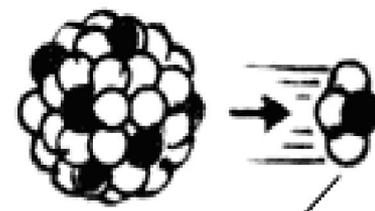
АЛЬФА-ЧАСТИЦЫ



- Представляют собой ядра атомов гелия и состоят из двух протонов и двух нейтронов.
- У них самая большая масса.
- Проникающая способность в воздухе составляет в зависимости от энергии 2-10 см, в биологических тканях несколько десятков микрон.



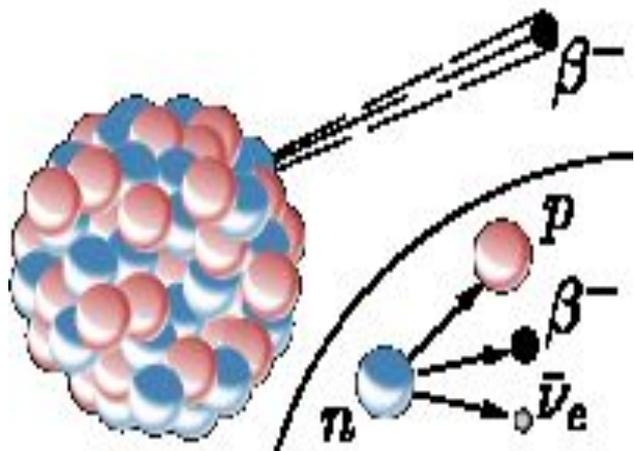
Ядро атома



Альфа-частица



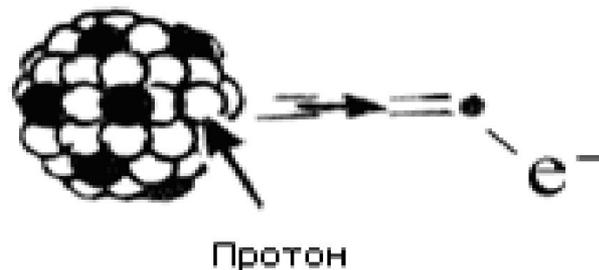
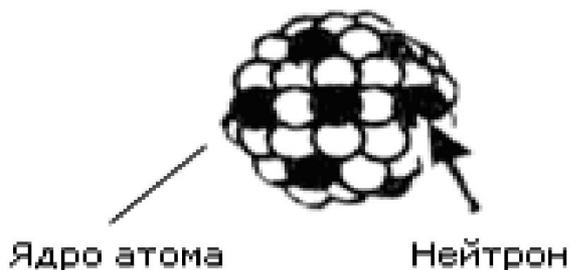
БЕТА-ЧАСТИЦЫ



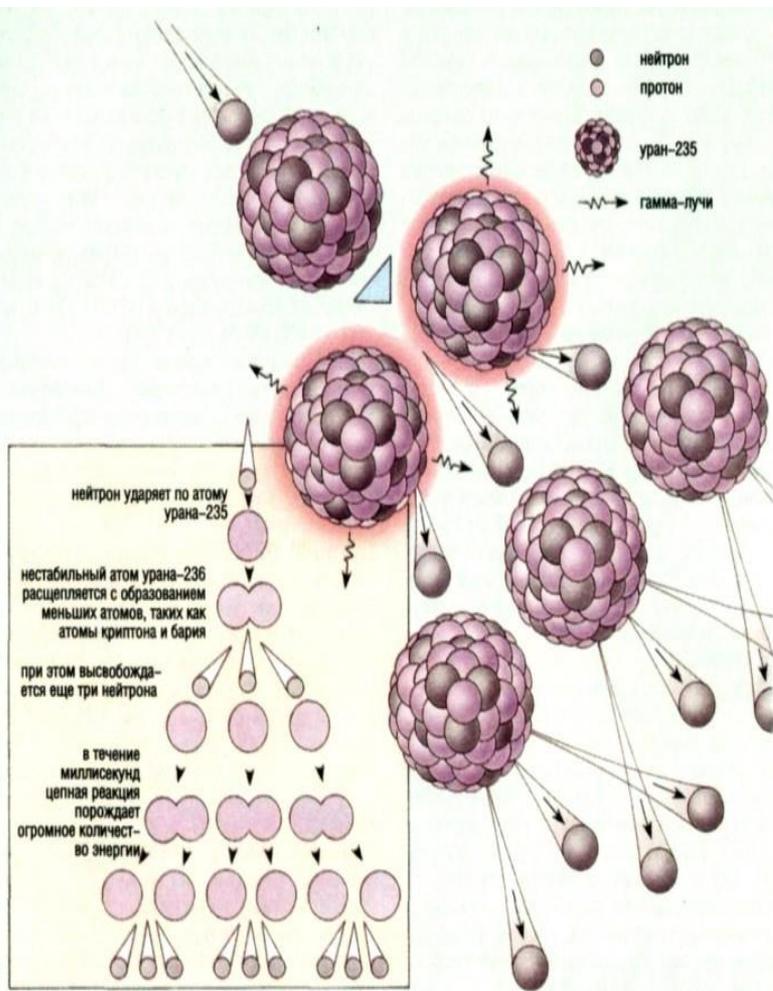
- Это поток частиц (электроны или позитроны).

Бета-частицы обладают меньшим эффектом ионизации, чем альфа-излучение.

- Пробег β -частиц в воздухе может составлять в зависимости от энергии до 25 м, в биологических тканях – до 1 см.



НЕЙТРОН



Электрически нейтральная частица.

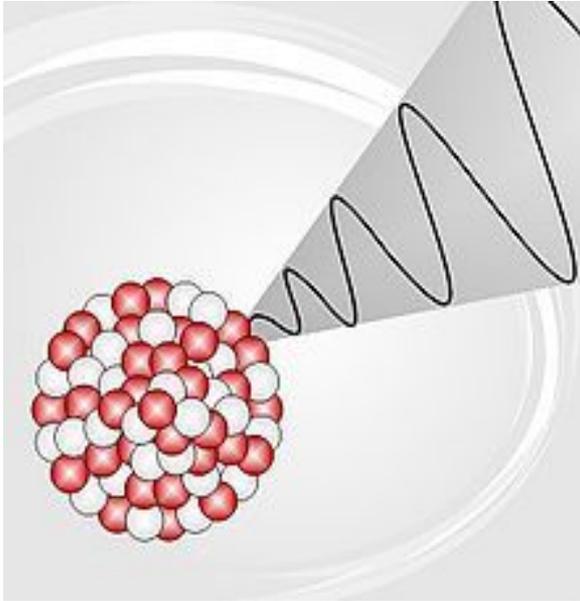
Нейтроны, не обладая зарядами, не могут взаимодействовать с электронами атомов, взаимодействуя только с ядрами.

По характеру взаимодействия со средой, зависящему от уровня энергии нейтронов, они условно разделены на группы:

- 1) тепловые нейтроны;
- 2) промежуточные нейтроны
- 3) быстрые нейтроны;



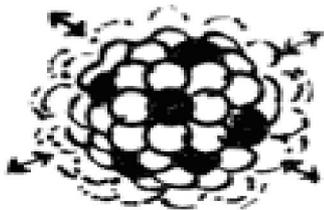
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ



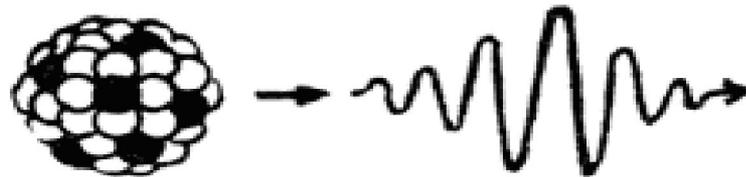
Представляет собой поток электромагнитных волн. Вызывает слабое ионизирующее действие, но обладает большой проникающей способностью.

Гамма лучи сопровождают испускание альфа- и бета-частиц. При испускании α или β -частицы образуется новое ядро, у которого избыток энергии, т.е. оно находится в возбужденном состоянии. Этот избыток энергии мгновенно высвечивается в виде гамма-квантов.

При этом чем более возбужденное ядро образуется при распаде, тем больше энергия гамма-квантов.



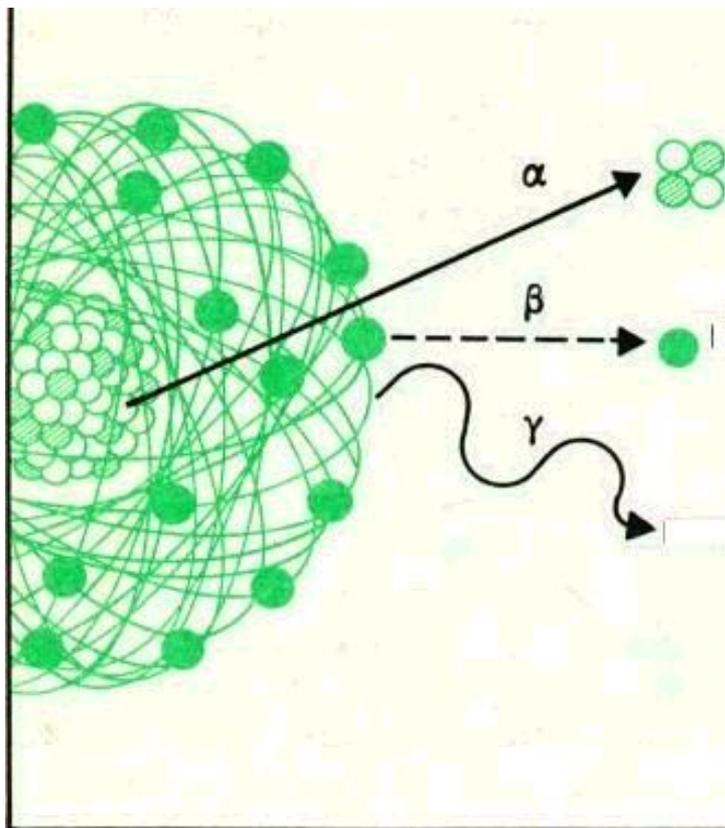
Возбуждённое ядро



Гамма-квант



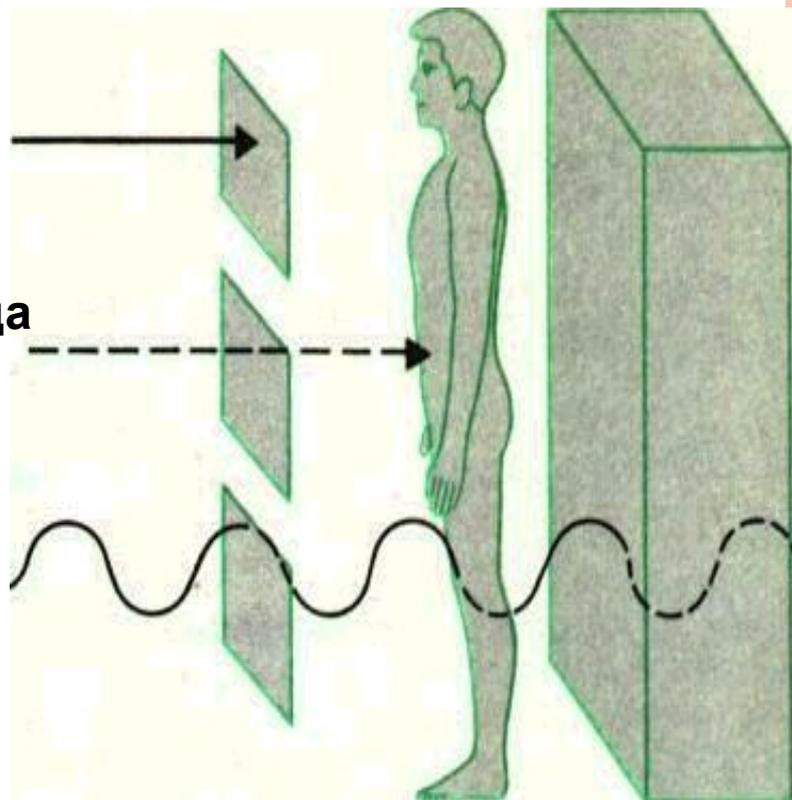
ТРИ ВИДА ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ИХ ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ



Альфа-
частица

Бета-частица

Гамма-
кванты



Бумага Человек  Металл

1. ФИЗИЧЕСКАЯ ИЛИ ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА (D)

Единицей измерения в системе СИ является **Кл/кг** кулон на килограмм.

На практике применяется внесистемная единица экспозиционной дозы **рентген (Р)**,

$$1 \text{ Кл/кг} = 3876 \text{ Р}$$

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

Количественная характеристика рентгеновского и гамма-излучения, действующего на объект.

Она характеризует ионизационную способность рентгеновских и гамма-лучей в воздухе.



ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА (П)

Единицей измерения в системе СИ является Грей (Гр):
 $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Внесистемная единица рад.

$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$

$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$

$1 \text{ рад} = 0,975 \text{ Р}$

- Кроме количества энергии, которое несет на себе излучение, необходимо знать, какое количество энергии было передано биологическому объекту. Именно от этой энергии и зависит поражающее действие излучения.
- Эту характеристику отражает поглощенная доза.
- **Поглощенная доза** — это величина, равная энергии любого вида ИИ, поглощенной единицей массы облучаемого вещества.



ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА (Н).

Единицей измерения в системе СИ является **Зиверт (Зв)**.

1 Зв = 1 Дж/кг.

Внесистемная единица - **бэр** (биологический эквивалент рентгена).

1 бэр = 0,01 Зв.

- Понятие введено в связи с тем, что разные виды ИИ представляют различную биологическую опасность для органов или тканей живого организма.
- Биологическое действие одинаковых поглощенных доз различных видов излучений неодинаково.
- Для характеристики повреждающего действия вводится понятие **коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества (КК)**.
- Он показывает во сколько биологический эффект данного вида излучения сильнее, чем от образцового при равенстве поглощенных доз в биологическом объекте (в качестве образцового берут рентгеновское излучение).

$$\square H = D \times ОБЭ$$



МОЩНОСТЬ ДОЗЫ (P)

Для экспозиционной дозы системная единица – ампер на килограмм (А/кг), внесистемная рентген в час (Р/ч).
Для поглощенной дозы соответственно – ватт на килограмм (Вт/кг) и рад в час (рад/час).

- В биологическом отношении важно знать не просто дозу излучения, которую получил объект, а дозу, полученную в единицу времени.
- **Мощность дозы** – это доза излучения D , отнесенная к единице времени t :

$$P = D / t$$

- Чем больше мощность дозы, тем быстрее растет доза излучения.



Важными с позиций радиационной безопасности являются понятия:

- предельно допустимая доза (ПДД)
- и разовая предельно допустимая доза.

ПДД – это такое количество ИИ от внешнего или внутреннего источника, которое воздействуя на живой организм не вызывает в нем патологических изменений.

Разовая ПДД – доза тотального облучения, которая при однократном воздействии не вызывает в организме патологических изменений.

Разовая ПДД = 50Р.



БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИИ

В механизме биологического действия ИИ на живые объекты условно можно выделить два основных этапа:

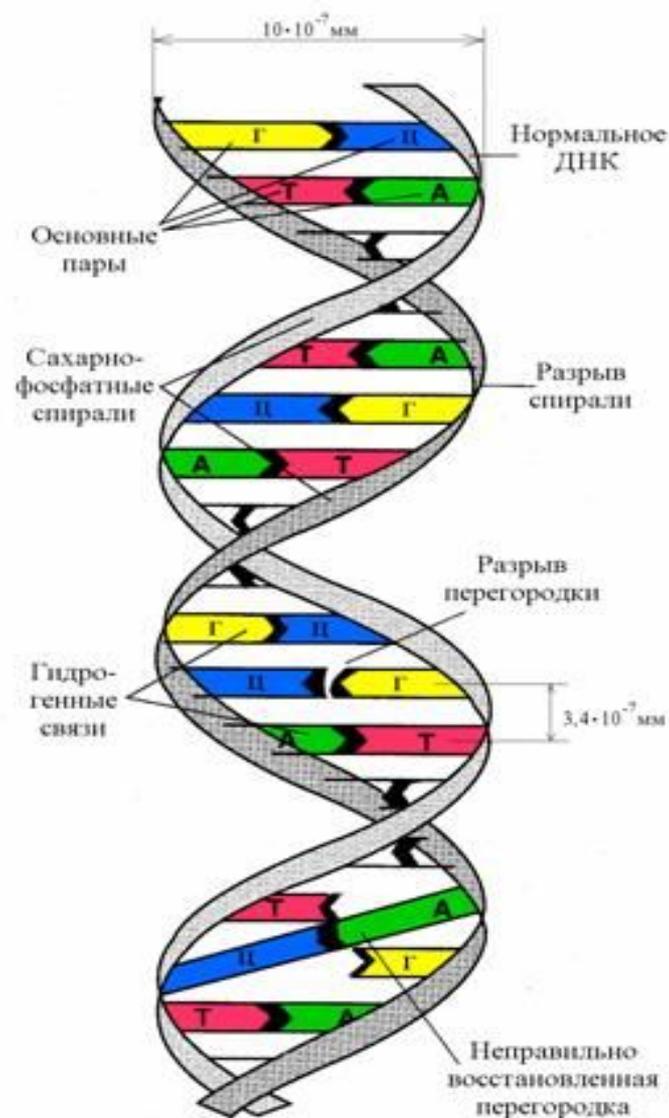
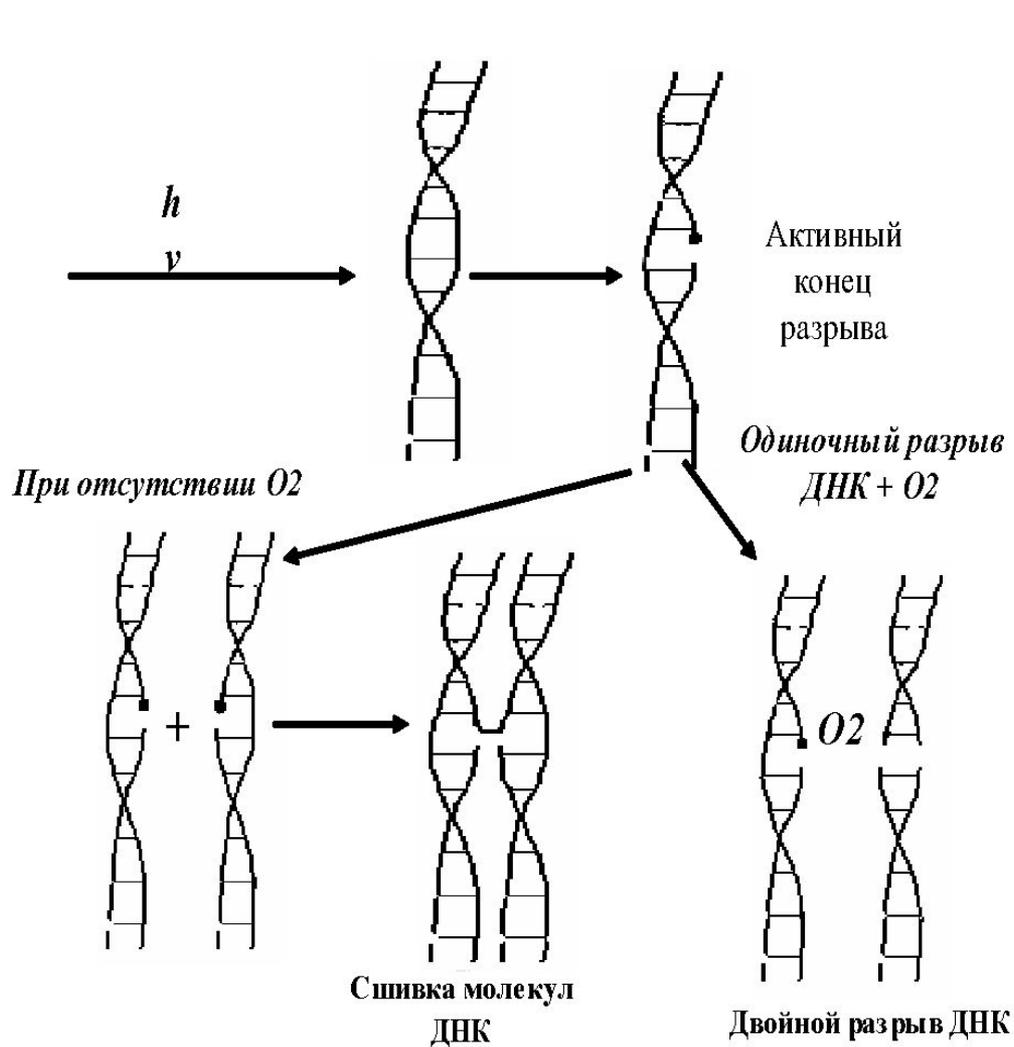
- прямое действие ИИ
- не прямое (опосредованное) действие ИИ.

Прямое действие. *Действие излучения непосредственно на биомолекулы, сопровождающееся передачей им кинетической энергии.*

Молекулы переходят в метастабильное состояние. В результате дальнейших процессов они снова возвращаются в стабильное состояние, но с другой конформацией, а соответственно и иными свойствами.



ОСОБЕННО СИЛЬНО В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ ПОВРЕЖДАЮТСЯ МОЛЕКУЛЫ ДНК.



Непрямое действие.

- Радиационно-химические изменения структур (молекул, клеток и т.д.), обусловленные продуктами радиолиза воды или растворенных в ней веществ.
- Поскольку у человека основную часть массы вещества клетки составляет вода, первичные процессы во многом определяются поглощением излучения водой клеток, ионизацией молекул воды с образованием высокоактивных в химическом отношении радикалов типа OH^- , H^+ и гидратированного электрона.
- В присутствии кислорода образуется также свободный радикал гидроперекиси и перекись водорода (H_2O_2), являющиеся сильными окислителями.

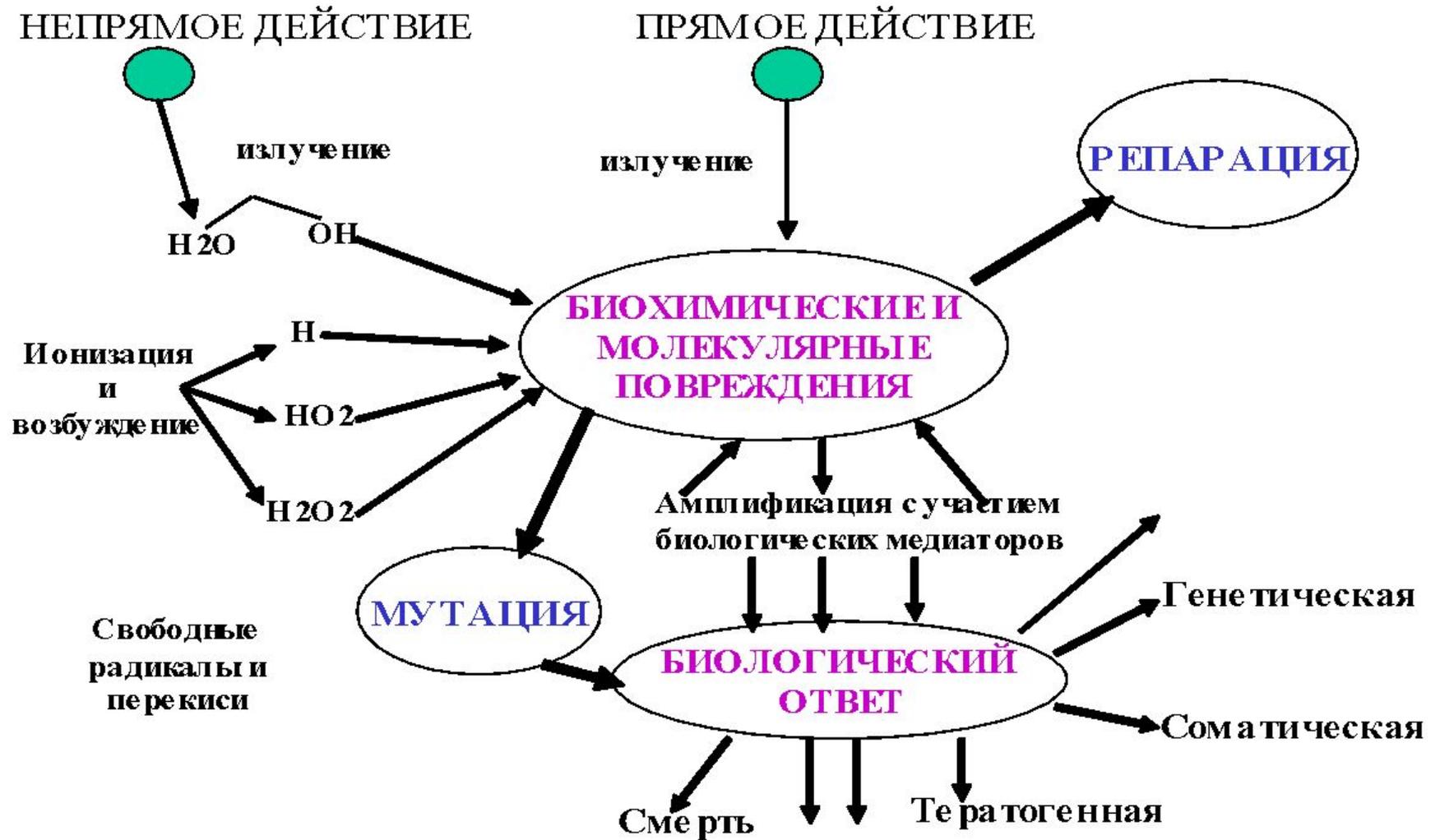


Продукты радиолиза активно вступают в реакцию с молекулами тканей, образуя соединения, не свойственные здоровому организму. Это приводит к нарушениям жизнедеятельности отдельных функций или систем организма в целом.

Помимо повреждения биомолекул, химически активные радикалы и перекисные соединения способны вызывать множество необычных химических реакций, препятствующих нормальному течению внутриклеточного обмена.



Механизмы биологического действия ионизирующего излучения



Нарушения биологических процессов могут быть либо обратимыми, когда нормальная работа клеток облученной ткани восстанавливается, либо необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и возникновению *лучевой болезни*.

Различают две формы лучевой болезни — острую и хроническую.

Острая форма возникает в результате облучения в короткий промежуток времени. Острая лучевая болезнь может возникнуть и при попадании внутрь организма больших количеств радионуклидов.

Хронические поражения развиваются в результате систематического облучения дозами, превышающими предельно допустимые (ПДД).



Г. ХИРОСИМА, 6 АВГУСТА 1945 Г.





**Макет бомбы «Малыш»,
сброшенной на Хиросиму**



**Тень человека, в момент взрыва
сидевшего на ступеньках лестницы,
250 метров от эпицентра**

- В момент взрыва в г. Хиросима погибло 70 тысяч человек, еще 60 тысяч умерли от лучевой болезни, ожогов и ранений.
- Именно тогда врачи столкнулись с новой совершенно неизвестной болезнью.



Японский мальчик, верхняя часть тела которого не была закрыта во время взрыва



ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС, 26 АПРЕЛЯ 1986 Г.

 NATIONAL
GEOGRAPHIC

EARTH
NEWS 



Измерение ионизирующих излучений

В радиационной безопасности используют радиометры, дозиметры и спектрометры.

Радиоактивные излучения не воспринимаются органами чувств. Для оценки воздействия различных видов излучений на организм, существует ряд методов, в основе которых лежат те физико-химические изменения, которые возникают при взаимодействии излучения со средой.

Методы:

1. Ионизационный.
2. Сцинтилляционный.
3. Фотографический.
4. Химический.
5. Калориметрический.



Нормирование радиационной безопасности и защита от излучения.

Вопросы радиационной безопасности регламентируются Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», Нормами радиационной безопасности (НРБ-99), Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) и другими документами.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

1. Основные пределы доз.
2. Допустимые уровни.
3. Контрольные уровни (дозы, уровни активности и др.).



Радиационная безопасность персонала обеспечивается комплексом технических и организационных мер.

Безопасность персонала в первую очередь обеспечивается:

- 1) соблюдением требований НРБ-99 и ОСПОРБ-99;
- 2) эффективностью защитных экранов и барьеров;
- 3) соответствующим расстоянием от источников излучения;
- 4) ограничением времени работы с источниками излучений;
- 5) применением СИЗ;
- 6) ограничением допуска к работе с источниками излучений по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения;
- 7) организацией радиационного контроля;
- 8) системой информации о радиационной обстановке.



Радиационная безопасность населения обеспечивается эффективностью мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и, в случае радиационной аварии, созданием условий жизнедеятельности, отвечающих требованиям нормативных документов.

Безопасность на радиационно опасном объекте и вокруг него зависит от качества проекта, выбора площадки для размещения объекта, физической защиты источника излучений, зонирования территории внутри объекта и вокруг него, условий эксплуатации технологических систем, системы радиационного контроля, радиационной грамотности персонала и населения.

