

«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА (БЖЧ)»

Кирвель Павел Иванович,
Кандидат географических наук,
доцент кафедры экологии БГУИР
(ауд. 610, 2 корпуса)
E-mail: pavelkirviel@yandex.by

Разработчик: преп. каф. экологии **Кирвель П.И.**

A large, bright nuclear explosion with a massive mushroom cloud, rendered in a red and orange color scheme. The text is overlaid on the image.

**«Защита населения и
хозяйственных объектов в
чрезвычайных ситуациях.
Радиационная безопасность»**

Разработчик: преп. каф. экологии **Кирвель П.И.**

*Воздействие ионизирующих
излучений на организм
человека*

План занятия:

1. Виды и характеристика ионизирующих излучений.
2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и биологическими объектами..
3. Действия ионизирующих излучений на организм человека.
4. Способы обнаружения и измерения радиоактивного излучения. Дозиметры
5. Действия больших и малых доз радиации на человека.

Ионизирующее излучение – это излучение, которое создается при радиоактивном распаде ядерных превращений торможения заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков. Сходство между разными излучениями состоит в том, что все они обладают высокой энергией и осуществляют свое действие через эффекты ионизации и последующее развитие химических реакций в биологических структурах клетки. Это может привести к ее гибели. Ионизирующее излучение не воспринимается органами чувств человека, мы не чувствуем его воздействия на наше тело.



Важнейшими свойствами ионизирующего излучения является их проникающая способность и ионизирующее действие.

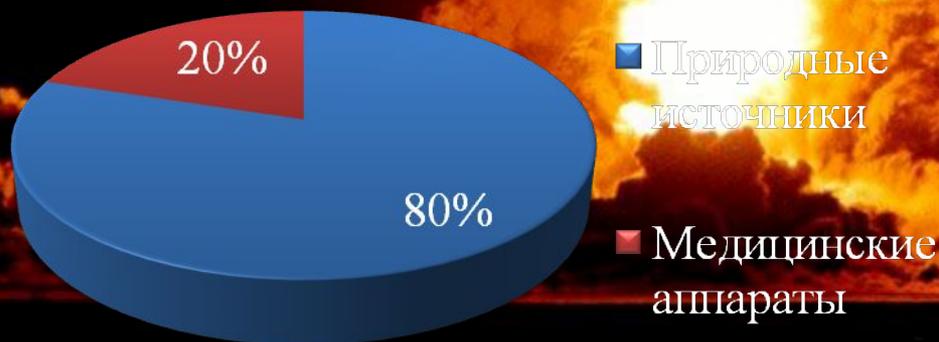
Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Источники ионизирующего излучения

Область применения закрытых источников ионизирующего излучения:

- Медицина и биология: ускорители заряженных частиц, рентгеновские и гамма аппараты.
- Сельское хозяйство: химические удобрения и гамма установки.
- Пищевая промышленность: радиоизотопные приборы (уровнемеры).
- Химическая и лёгкая промышленность: толщиномеры и приборы для снятия статического заряда.
- Metallургия: ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты и дефектоскопы.
- Строительная индустрия: дефектоскопы и рентгеновские аппараты.
- Геология: нейтронные и гамма источники.
- Научные исследования: ускорители заряженных частиц и рентгеновские аппараты.
- Ядерная энергетика: нейтронные источники.

Облучение человека



Вид облучения	Доза, мкЗв
Ежедневный 3-х часовой просмотр ТВ	0,01
Флюорография	100-500
Рентген грудной клетки	100-1000
Рентген зубов	100-300
Рентген желудка	100-250

Источники ионизирующих излучений

Естественные

Искусственные

Космическое излучение и естественные радиоактивные вещества, находящиеся на поверхности и в недрах планеты, растениях и живых организмах.

Производства, техника, аппаратура, связанные с использованием радиоактивных изотопов, специальные военные объекты, бытовые излучатели.

Естественные источники излучений

Создают естественный или природный радиационный фон, который представлен космическим излучением и излучением радионуклидов земного происхождения, в окружающей среде и оказывают внешнее и внутреннее воздействие на человека. В Беларуси естественный радиационный фон находится в пределах 10-20 мкР/ч (микрорентген в час).

Существует также понятие так технологически измененный естественный радиационный фон, который представляет собой излучение от природных источников, претерпевших изменения в результате деятельности человека. К технологически измененному естественному радиационному фону относятся излучения, в результате добычи полезных ископаемых, излучения при сгорании продуктов органического топлива, излучения в помещениях, построенных из материала, содержащего естественные радионуклиды. В почвах содержатся следующие радионуклиды: углерод-14, калий-40, свинец-210, полоний-210, среди наиболее распространенных в РБ можно назвать радон.

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Искусственные источники излучений

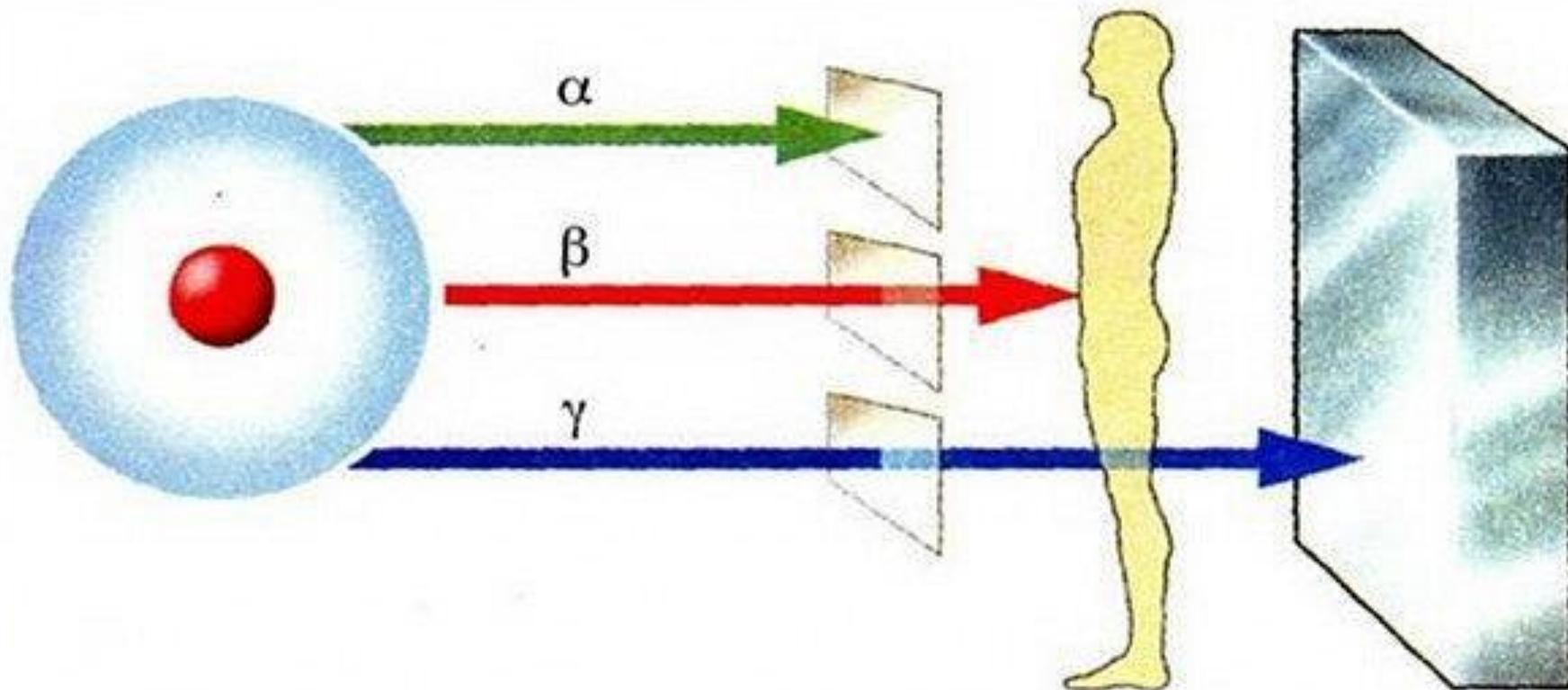
Создают радиационный фон в окружающей среде.

ИИИ ионизирующих излучений созданы человеком и обуславливают искусственный радиационный фон, который составляет глобальные выпадения искусственных радионуклидов, связанные с испытанием ядерного оружия: радиоактивные загрязнения локального, регионального и глобального характера за счет отходов ядерной энергетики и радиационных аварий, а также радионуклиды, которые используются в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и др. Искусственные источники радиации оказывают внешнее и внутреннее воздействие на человека.



Виды ионизирующих излучений





РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Альфа-излучение поглощается (задерживается) даже листом бумаги.

Бета-излучение на 50% задерживается одеждой.

Гамма-излучение наиболее опасно, защитить от него может только толстый слой металла или бетона.

YABALDEYOU.RU

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.



α-излучение — это поток тяжелых положительно заряженных частиц, которые вследствие большой массы при взаимодействии с веществом быстро теряют свою энергию. α-излучение обладает большим ионизирующим действием. На 1 см своего пути α-частицы образуют десятки тысяч пар ионов, но проникающая способность их незначительна. В воздухе они распространяются на расстоянии до 10 см. При облучении человека проникают в глубину поверхностного слоя кожи. В случае внешнего облучения для защиты от неблагоприятного воздействия α-частиц достаточно использовать обычную одежду или лист бумаги. Высокая ионизирующая способность α-частиц делает их очень опасными при попадании внутрь организма с пищей, водой, воздухом. В этом случае α-частицы оказывают высокий разрушительный эффект. Для защиты органов дыхания от α-излучения достаточно использовать ватно-марлевую повязку, противопылевую маску или любую подручную ткань, предварительно смочив водой.

β-излучение — это поток электронов или протонов, которые испускаются при радиоактивном распаде.

Ионизирующее действие β-излучения значительно ниже, чем у α-излучения, но проникающая способность гораздо выше, в воздухе β-излучение распространяется на 3 м и больше, в воде и биологической ткани до 2 см. Зимняя одежда защищает тело человека от внешнего β-излучения. На открытых поверхностях кожи при попадании β-частиц могут образоваться радиационные ожоги различной степени тяжести, а при попадании β-частиц на хрусталик глаза развивается лучевая катаракта.

Для защиты органов дыхания от β-излучения персоналом используется респираторный шлюзового типа. Для защиты кожи рук тем же персоналом используются резиновые или прорезиненные перчатки. При посещении источника β-излучения внутрь организма происходит внутреннее облучение, которое приводит к тяжелому лучевому поражению организма.



Нейтронное облучение – представляет собой нейтральное не несущие электрического заряда частицы. Нейтронное излучение непосредственно взаимодействует с ядрами атомов и вызывает ядерную реакцию. Оно обладает большой проникающей способностью, которая в воздухе может составлять 1 000 м. Нейтроны глубоко проникают в организм человека. Отличительной особенностью нейтронного излучения является их способность превращать атомы стабильных элементов в их радиоактивные изотопы. Это называется **наведенной радиоактивностью**. Для защиты от нейтронного облучения используется специализированно спроектированные убежища или укрытия, построенные из бетона и свинца.



Гамма излучение представляет собой коротковолновое электромагнитное излучение, которое испускается при ядерных превращениях. По своей природе гамма излучение аналогично световому, ультрафиолетовому, рентгеновскому, оно обладает большой проникающей способностью. В воздухе распространяется на расстоянии 100 м и более. Может проходить через свинцовую пластину толщиной в несколько см, и полностью проходит через тело человека. Основную опасность гамма излучение представляет как источник внешнего облучения организма. Для защиты от гамма излучения используют специализированное укрытие, убежище, персонал использует средства защиты из свинца, бетона.

Излучение ядер

● **Альфа-излучение** — поток положительно заряженных ядер гелия, распространяющийся со скоростью 10^7 м/с, имеющий малую проникающую способность (поглощается алюминиевой пластиной толщиной 0,05 мм). Альфа распад наблюдается только у тяжёлых ядер ($A > 200$; $Z > 82$).



Бета-излучение бывает электронное и позитронное.

Электронное бета-излучение позитронное бета-излучение

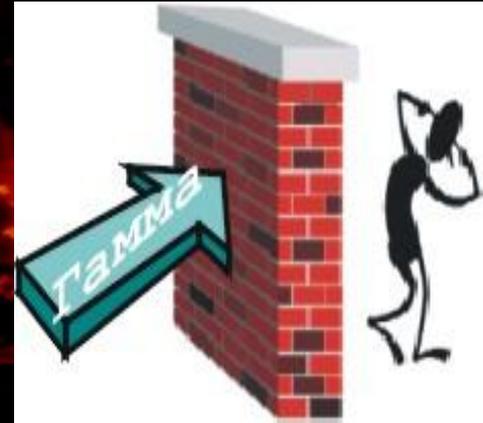
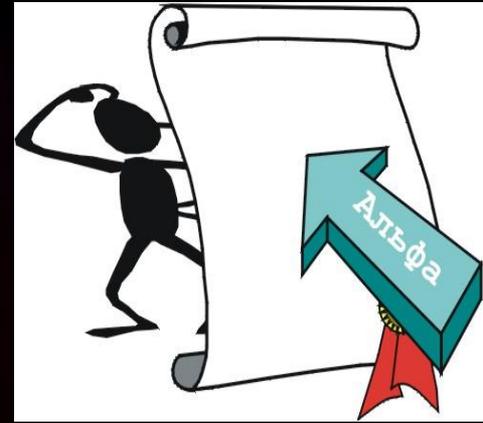


$\tilde{\nu}$ - электронное антинейтрино

ν - электронное нейтрино

Гамма-излучение ядер состоит из самопроизвольного испускания гамма-квантов. Этот процесс происходит без изменения A и Z и поэтому гамма-излучение не является самостоятельным типом радиоактивности.

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.



Взаимодействие альфа-излучения с веществом

- Проходя через вещество альфа-частицы, могут взаимодействовать как с электронами, так и с ядрами атомов. Упругое рассеивание альфа-частиц на ядрах атомов маловероятно. При неупругом взаимодействии альфа-частицы с электроном скорость альфа-частицы уменьшается, и атом переходит в возбуждённое состояние за счёт перехода электронов на соседнюю орбиту или в случае если он покидает атом. При этом потери энергии на единицу пути определяются:

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{ион}} = \frac{(Z_{\alpha}^2 * n_e)}{V_{\alpha}^2};$$

Где

Z_{α}

- заряд альфа-частицы;

n_e

- концентрация электронов;

V_{α}

- Скорость альфа-частицы.



Взаимодействие бета-излучения с веществом



При энергии бета-частицы 0,5 МэВ происходит её взаимодействие с ядрами, при этом потери энергии на единицу пути определяются радиационными потерями.

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{рад}} = \frac{E_{\beta}^2}{m_{\beta}^2}$$

Где E_{β} — энергия бета-частицы;
 m_{β} — масса бета-частицы



При энергии бета-частицы 1 МэВ происходит её взаимодействие с электронами и потери энергии на единицу пути определяются ионизационными потерями.

$$\left| \frac{dE}{dx} \right|_{\text{ион}} = \frac{(Z_{\beta}^2 * n_e)}{V_{\beta}^2}$$

Где Z_{β} — заряд бета-частицы;
 n_e — концентрация электронов;
 V_{β} — скорость бета-частиц.

- При прохождении бета-частицы вблизи атомных ядер под действием кулоновской силы, пропорциональной заряду ядра, частица отклоняется от первоначального направления и получает большие ускорения, в результате чего излучаются электромагнитные волны, интенсивность которых пропорциональна квадрату ускорения.

Взаимодействие гамма-излучения с веществом

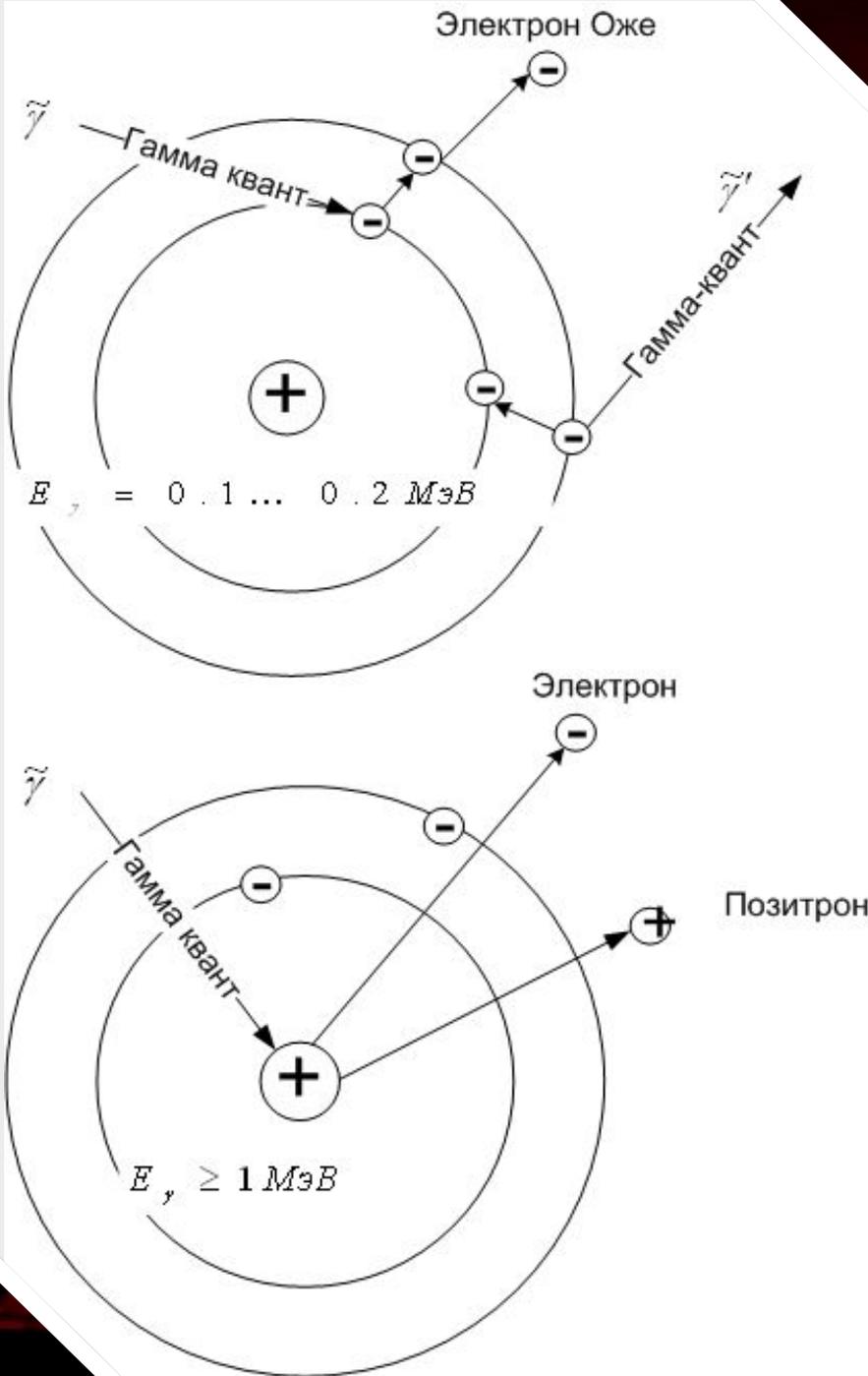
- При прохождении через вещество гамма-излучения проявляются как волновые, так и корпускулярные свойства. При прохождении гамма-излучения через вещество в результате взаимодействия с электронами и атомами интенсивность пучка уменьшается по экспоненциальному закону:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

где μ - коэффициент линейного ослабления;
 x - толщина вещества.

Разработчик:

преп. каф. экологии Кирвель П.И.



Доза облучения – это часть энергии радиационного излучения, которая расходуется на ионизацию и возбуждение атомов и молекул любого облученного объекта.

Поглощенная доза – это количество энергии, переданной излучением веществу в пересчете на единицу массы. Измеряется в Грехах (Гр) и радах (рад).

Экспозиционная доза (Единица, которую можно измерить прибором) – используется для характеристики воздействия гамма и рентгеновского излучения на окружающую среду, измеряется в рентгенах (Р) и кулонах на кг; измеряется дозиметром.

Эквивалентная доза – она учитывает особенности повреждающего действия излучений на организм человека. Единица измерения – Зиверт (Зв) и бэр.

Эффективная доза – она является мерой риска возникновения отдаленных последствий облучения всего человека или отдельных его органов с учетом радиочувствительности. Измеряется в Зивертах и бэрах.

Дозиметрические величины

● **Поглощённая доза** – количество энергии, поглощённой единицей массы. В СИ единица измерения Грей, внесистемная единица Рад: $1 \text{ Рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$

$$D = \frac{dE}{dm} = \left[\frac{\text{Энергия, Дж}}{\text{Масса, кг}} \right] = [\text{Гр}]$$

Мощность поглощенной дозы – количество энергии, поглощённое за единицу времени

$$P = \frac{dD}{dt} = \left[\frac{\text{Гр}}{\text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Рад}}{\text{с}} \right]$$

Эквивалентная доза отличается от поглощенной тем, что она учитывает биологические возможности радиационного эффекта в биологической ткани за счёт коэффициента качества \bar{K}

$$H = D * \bar{K}$$

Вид излучения	\bar{K}
Гамма	1
Бета, электроны	1
Альфа (E=10мЭв)	20

Эффективная эквивалентная доза учитывает влияние ионизирующего излучения на отдельные органы человека за счёт взвешивающего коэффициента ω

$$H_e = \sum_{i=1}^N H_i \omega_i$$

Органы человека	ω
Половые железы	0,25
Костный мозг	0,12
Щитовидная железа	0,03
Костная ткань	0,03

Экспозиционная доза определяет ионизационную способность фотонного излучения в воздухе и равна отношению суммарного заряда всех ионов одного знака возникающих в воздухе при полном торможении электронов и позитронов к массе воздуха в этом объёме.

$$X = \frac{dQ}{dm} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right] = [3,8 * 10^3 \text{ Р (Рентген)}]$$

Мощность экспозиционной дозы:

$$P = \frac{dX}{dt} = \left[\frac{\text{Кл}}{\text{кг} * \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Рентген}}{\text{с}} \right]$$

Внутреннее облучение

Внутреннее облучение человека создаётся радионуклидами, попадающими с:

- воздухом;
- пищей;
- водой.

Наибольший вклад в эффективную эквивалентную дозу вносят такие элементы:

- калий-40;
- углерод-14;
- радий-226;
- радон-220.

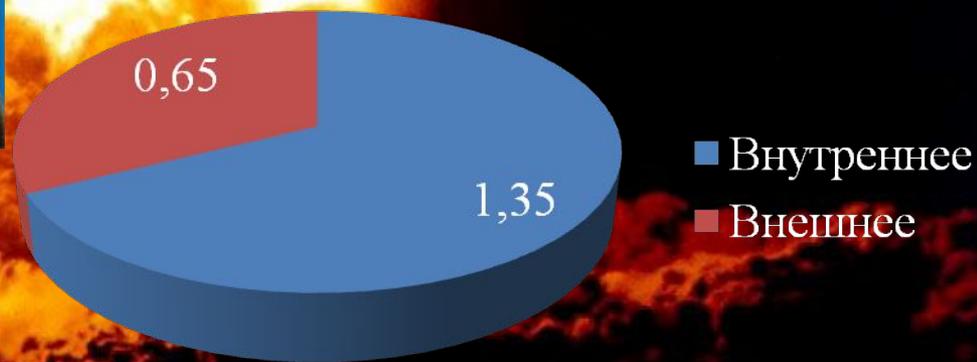
180 мкЗв/год человек получает от калия-40, который усваивается организмом вместе с нерадиоактивным калием, необходимым для жизнедеятельности организма.



Бк/кг	Калий-40	Свинец-210	Уран-238
Вода	168	8000	5000
Древесина	150-750	10-40	0,05-0,5
Почва	400	6300	-

Источник, мЗв	Внешнее	Внутреннее
Космическое	0,35	0,015
Калий-40	0,15	0,18
Уран-238	0,1	1,24
Радон-222	-	1,1

Облучение, мЗв



Детекторы радиоактивного излучения

● Детектор является основным элементом приборов для обнаружения и измерения количественных характеристик радиоактивного излучения. Детектирование основано на регистрации эффектов, которые вызывает излучение при прохождении через вещество.

Основные характеристики детектора:

▶ **Эффективность регистрации** — отношение числа зарегистрированных частиц к общему числу частиц прошедших через детектор.

▶ **Разрешающая способность** — определяется минимальным промежутком времени между двумя последовательными актами регистрации, в течение которого детектор нечувствителен к излучению.

Методы регистрации ионизирующего излучения:

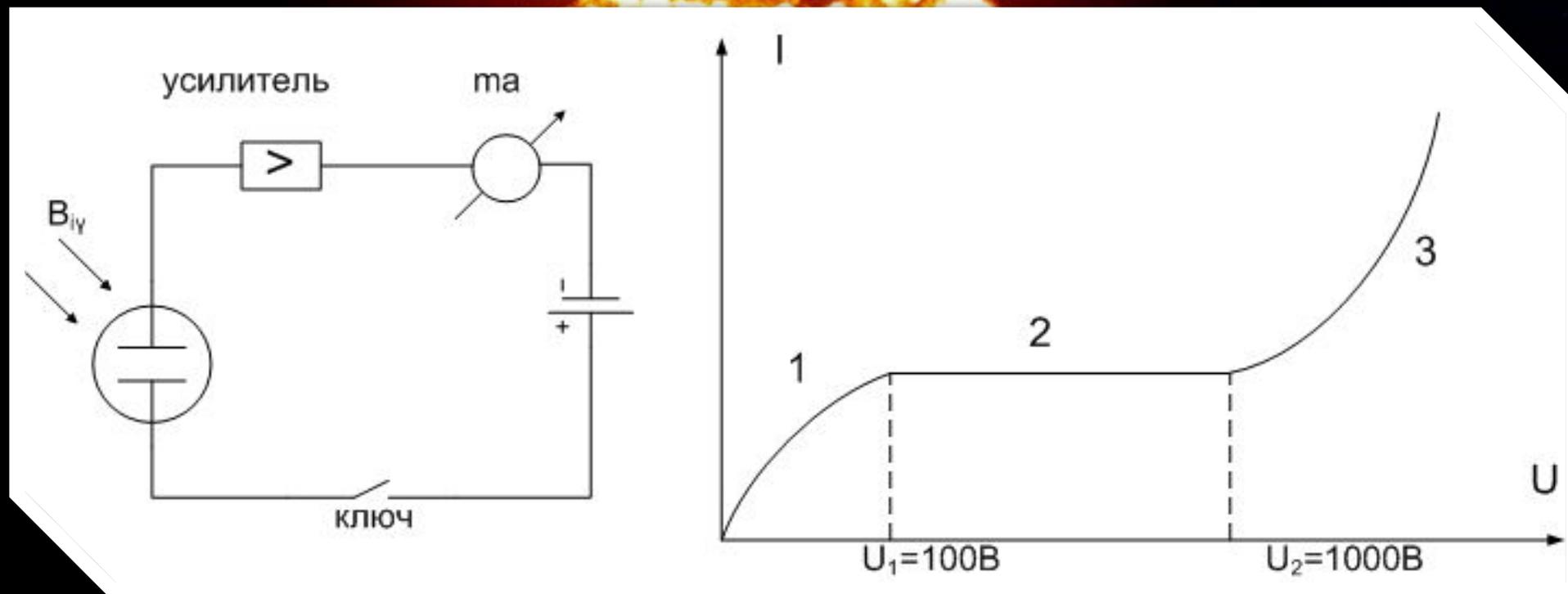
- ▶ ионизационный метод;
- ▶ газоразрядный метод;
- ▶ счётчик Гейгера-Мюллера;
- ▶ фотографический, химический;
- ▶ сцинтилляционный.



Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Детекторы радиоактивного излучения

- Простейшим ионизационным детектором является **ионизационная камера**, представляющая собой конденсатор, состоящий из двух параллельных пластин, пространство между которыми заполнено воздухом или газом.

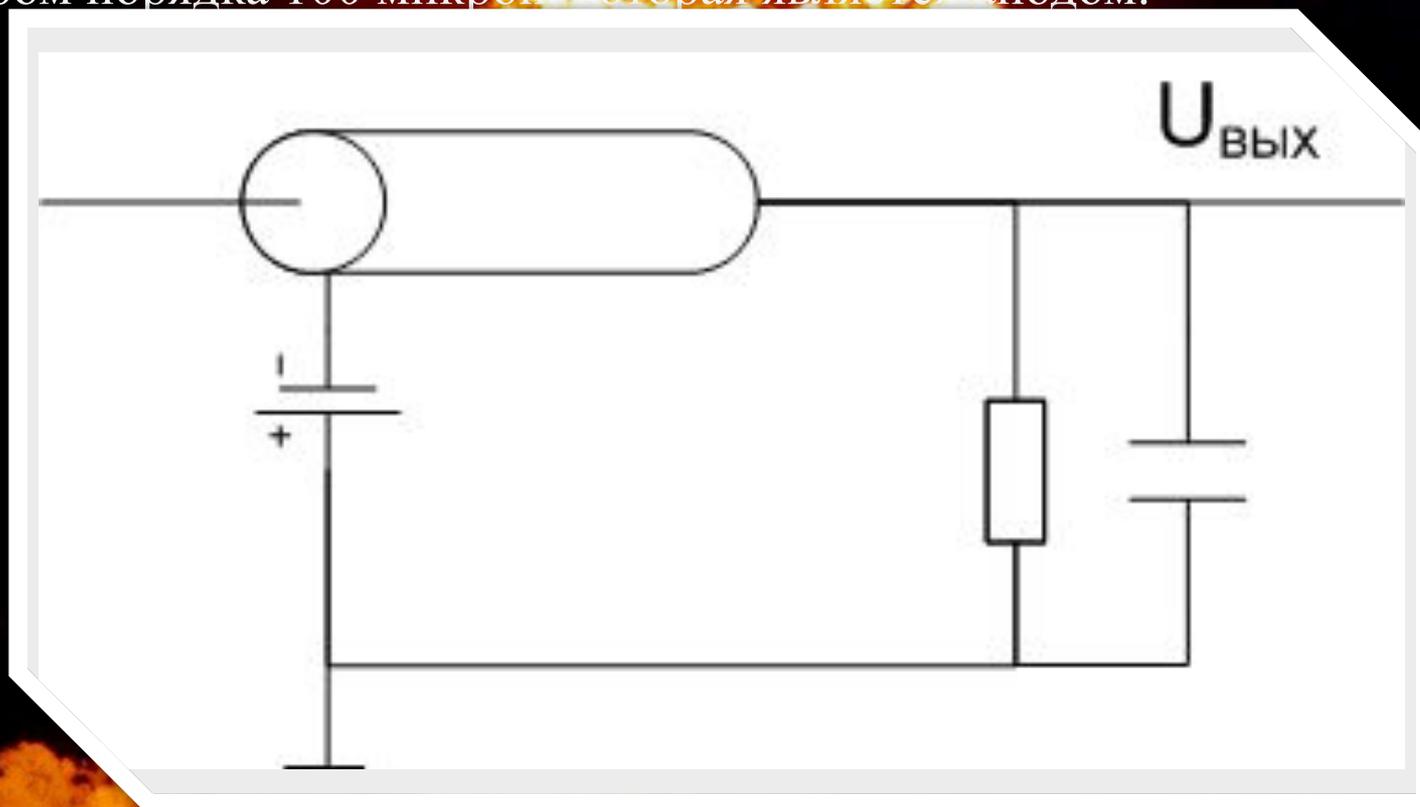


Ионизационные камеры при работе в эксплуатации, характеризуются высокой эффективностью регистрации, но недостатками является низкая чувствительность. Напряжение, подаваемое на электроды ионизационной камеры должно составлять порядка 1000 В.

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Детекторы радиоактивного излучения

● **Газоразрядный счётчик** представляет собой металлический или стеклянный цилиндр, внутренняя поверхность которого покрыта металлом и который является катодом. Вдоль оси цилиндра натягивается тонкая металлическая нить диаметром порядка 100 микрон, которая является анодом.



Счётчики Гейгера-Мюллера характеризуются высокой эффективностью регистрации и большой амплитудой сигнала (около 40 вольт). Недостатки: малая разрешающая способность и большое

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Нормативная база

Постановление

Министерства здравоохранения

Республики Беларусь 28.12.2012 №213

■ *Гигиенический норматив*

«Критерии оценки радиационного воздействия»

■ *Санитарные нормы и правила*

«Требования к радиационной безопасности»

Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

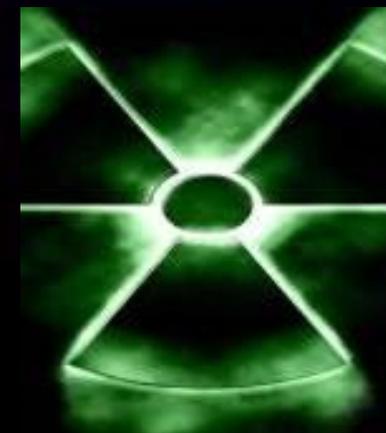
- Настоящий Гигиенический норматив устанавливает количественные и качественные значения показателей, характеризующих воздействие на человека ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения в различных ситуациях облучения и применяемых для обеспечения радиационной безопасности.
 - Настоящие Санитарные нормы и правила устанавливают требования к радиационной безопасности и применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного
- Для целей этих документов используются основные термины и их определения в значениях, установленных Законом Республики Беларусь от 5 января 1998 года «О радиационной безопасности населения», Законом Республики Беларусь от 30 июля 2008 года «Об использовании атомной энергии» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008 г., № 187, 2/1523), Законом Республики Беларусь от 6 января 2009 года «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2009 г., № 17, 2 1561)

Нормы радиационной безопасности 2012

В Гигиеническом нормативе «Критерии оценки радиационного воздействия» приведены основные пределы доз, допустимые уровни воздействия и требования по ограничению облучения человека.

Нормы распространяются на следующие виды воздействия излучения на человека:

- .В условиях нормальной эксплуатации радиоактивных источников излучения.
- .В результате радиационной аварии.
- .От природных источников излучения.
- .Излучение от медицинской аппаратуры.



Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

Нормы радиационной безопасности 2012

«Критерии оценки радиационного воздействия» включает также новые понятия и определения:

Радиационная безопасность населения – состояние защищённости людей от вредного воздействия радиоактивного излучения.

Радиационный риск – вероятность возникновения у человека вредного эффекта облучения.

Санитарно-защитная зона – территория вокруг источника радиоактивного излучения, на которой уровень облучения человека может превысить предельно-

категории облучаемых лиц

Категория А

– профессиональные работники, которые работают с источниками радиоактивного излучения.

Категория Б

– ограниченная часть населения, проживающая на территории, где дозы облучения превышают предельно-допустимые значения.

Категория В

– население городов, районов, областей, где дозы облучения не превышают предельно-допустимые значения.

Нормы радиационной безопасности 2012

Группы критических органов:

Группа органов	ПД, бэр/год	ПДД, бэр/год
1. Половые железы и костный мозг	5	0,5
2. Все остальное (кроме 1 и 3).	15	1,5
3. Кожный покров и костная ткань.	30	3

В основу группировки критических органов положена вероятность возникновения в них отдалённых эффектов облучения. В качестве основных предельных доз в зависимости от групп критических органов для категории А устанавливается предельно допустимая доза (ПДД) а для категории Б – предел дозы.

Предельно допустимая доза (ПДД) – наибольшее значение эквивалентной дозы, при которой равномерное облучение в течение 50 лет не вызывает неблагоприятных изменений в здоровье человека.

Предел дозы (ПД) – максимальная эквивалентная доза, при которой при облучении человека в течение 70 лет не приводит к неблагоприятным изменениям в здоровье человека.

Лучевая болезнь

Ионизирующее излучение в больших дозах вызывает лучевую болезнь, которая наступает при однократном облучении дозой от 1 до 10 Грей. В зависимости от полученной дозы лучевая болезнь имеет 3 *степени тяжести*:

- Лёгкая 1-2,5 Гр.
- Средняя 2,5-4 Гр.
- Тяжёлая 4-10 Гр.

Фазы острой лучевой болезни:

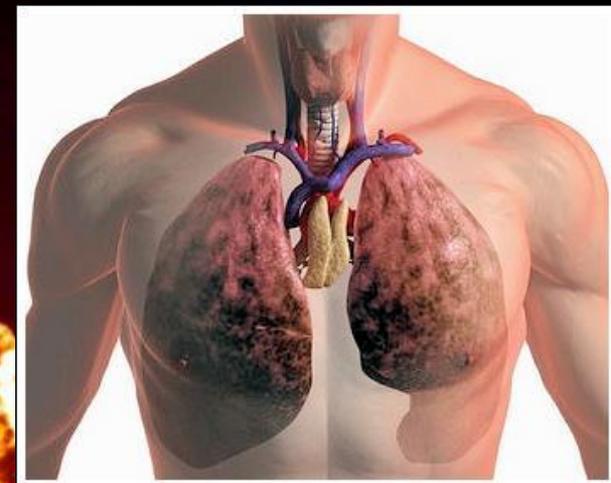
- 1 • Первичная острая реакция.
- 2 • Кажущееся благополучие.
- 3 • Выраженные клинические последствия.
- 4 • Раннее восстановление.



При длительном облучении малыми дозами радиации развивается *хроническая лучевая болезнь*. К её возникновению приводит ежедневное облучение дозой 0.5 бэра при достижении суммарной дозы в 100 бэр. При этом наблюдается волнообразное изменение в составе крови. На ряду с изменениями в составе крови наблюдается нарушение нервной сердечно-сосудистой и эндокринной системы. Профилактика хронической лучевой болезни состоит в строгом соблюдении норм и правил на заражённой местности

Биологическое воздействие внутреннего облучения

Кроме внешнего облучения организма возможен случай, когда радионуклиды попадают внутрь организма, накапливаются в нём и облучают отдельные органы. Подвергаясь радиоактивному распаду изотопы излучают альфа, бета и гамма частицы. Если изотоп излучает гамма-лучи, то значительная часть их выходит за пределы организма, причиняя вред. Альфа и бета излучения полностью поглощаются организмом, что связано с большой потерей энергии на единицу пути и происходит большой разрушительный эффект.



Пути поступления радионуклидов в организм:

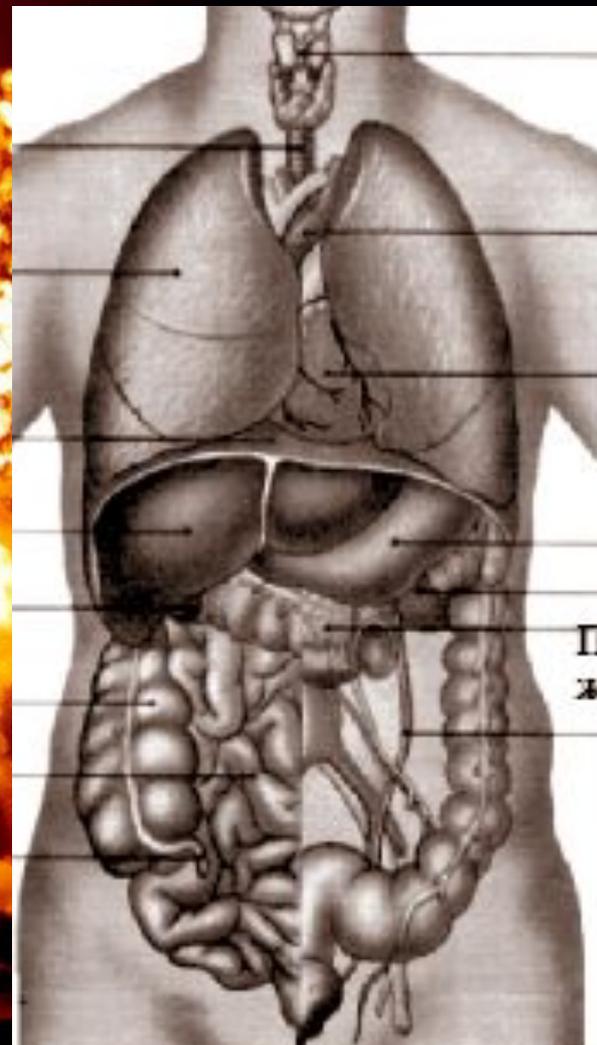
- через лёгкие;
- с пищей и водой;
- через кожу.

Исход поражения человека радионуклидами зависит прежде всего от эффективности выведения его из организма.

Действие радиоактивного излучения на ткани, органы и на весь организм человека

Радиочувствительность – чувствительность биологических объектов к действию ионизирующего излучения. Обратным понятием является **радиоустойчивость**.

В качестве меры радиочувствительности используется доза облучения. **Доза облучения** – доза, которая приводит к гибели 50% облученных клеток. На клеточном уровне радиочувствительность зависит от содержания в клетке антиоксидантов, активности ферментов интенсивности окислительно-восстановительных процессов и состояние системы ДНК.



Живой организм	ДО ₅₀ (Гр)
Овца	1-2
Человек	2-4
Рыбы	8-20
Змеи	80-200
Растения	10-1500
Птицы	8-20
Бактерии	1000-3000

Способы защиты человека от радиации

Физический:

- защита расстоянием и временем
- дезактивация продуктов питания, воды, одежды, различных поверхностей
- защита органов дыхания
- использование специальных радиационных экранов и укрытий.

Химический:

- использование радиопротекторов (вещества, обладающие радиозащитным эффектом) химического происхождения, применение специальных лекарственных средств, применение витаминов и минералов (антиоксиданты, селен, цинк)

Биологический (все натуральное):

- радиопротекторы биологического происхождения и отдельные продукты питания (витамины, такие вещества, как экстракты женьшеня, китайского лимонника повышают устойчивость организма к самым разным воздействиям, включая радиацию).

Спасибо за внимание



Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.