

«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 explosion is the central focus, with a bright yellow and white core surrounded by a large, billowing cloud of fire and smoke. The background is dark, making the explosion stand out prominently.

**«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.

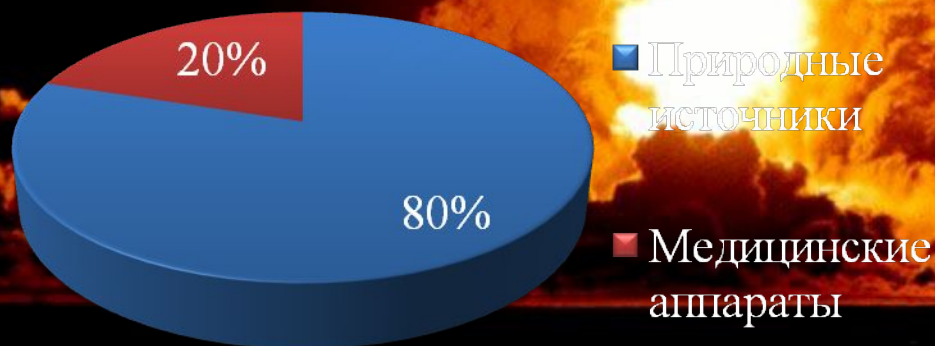
Разработчик: преп. каф. экологии Кирвель П.И.

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 такое понятие, как 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

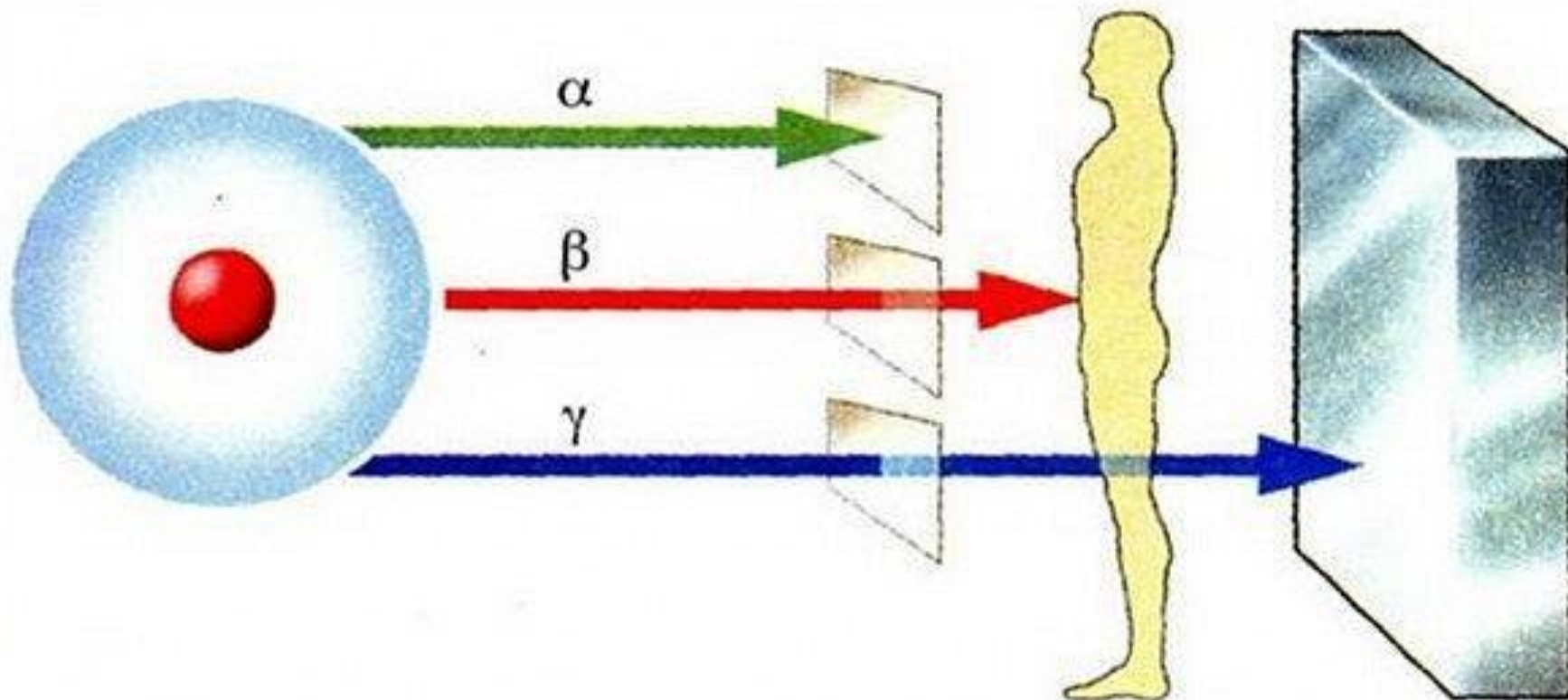
Создают радиационный фон в окружающей среде.

ИИИ ионизирующих излучений созданы человеком и обуславливают искусственный радиационный фон, который составляет глобальные выпадения из искусственных радионуклидов, связанных 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 глубокое убежище 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: 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

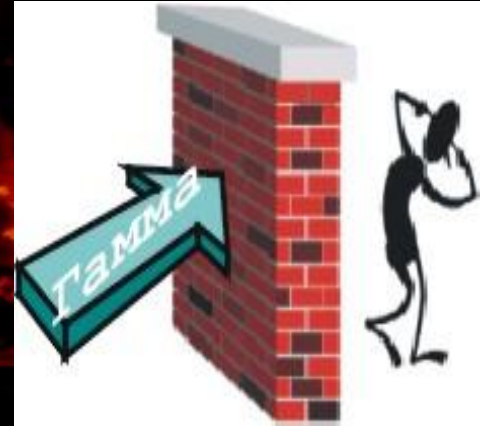


$\tilde{\nu}$ - электронное антинейтрино

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

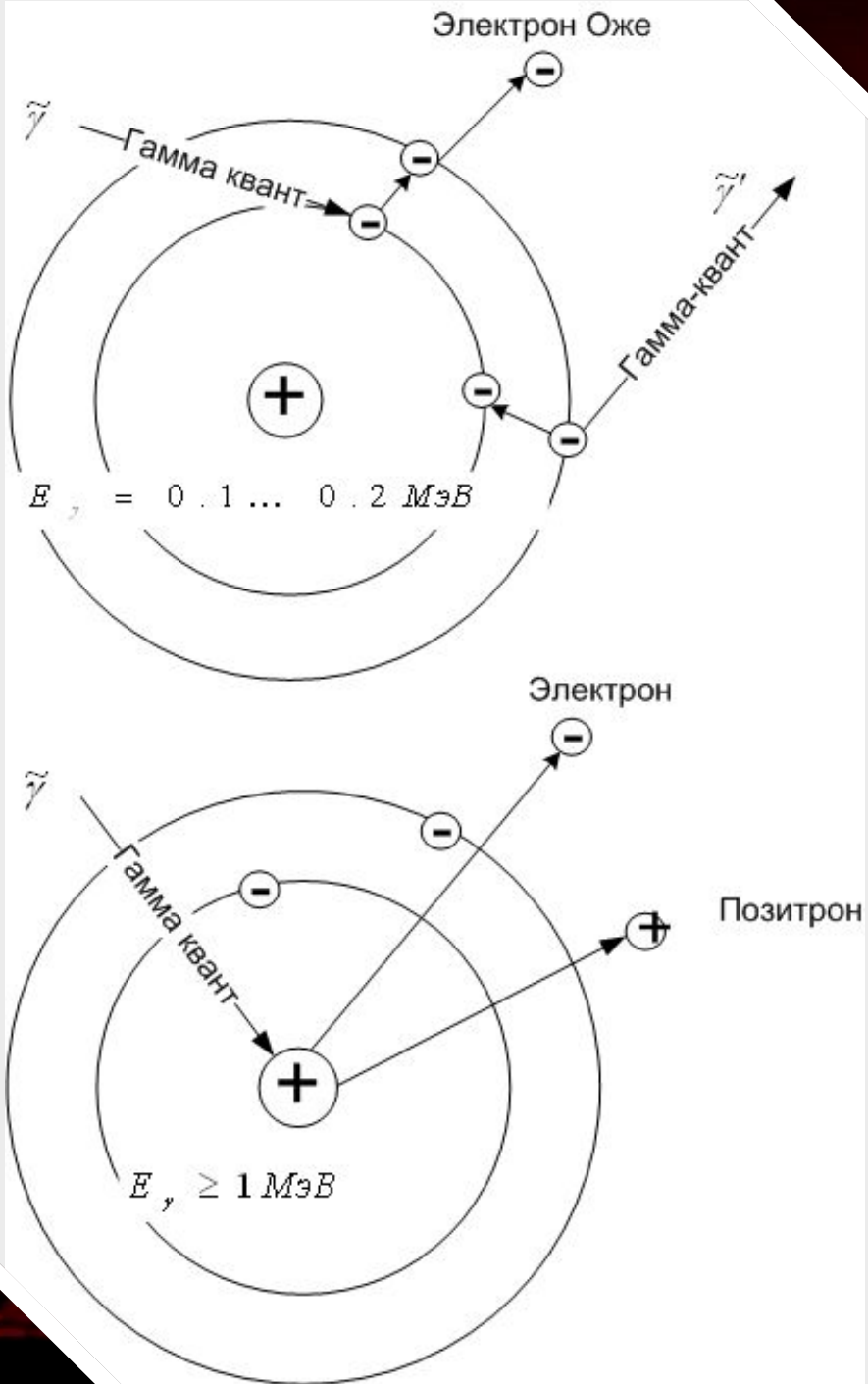
- При прохождении через вещество гамма-излучения проявляются как волновые, так и корпускулярные свойства. При прохождении гамма-излучения через вещество в результате взаимодействия с электронами и атомами интенсивность пучка уменьшается по экспоненциальному закону:

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

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 коэффициент 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.

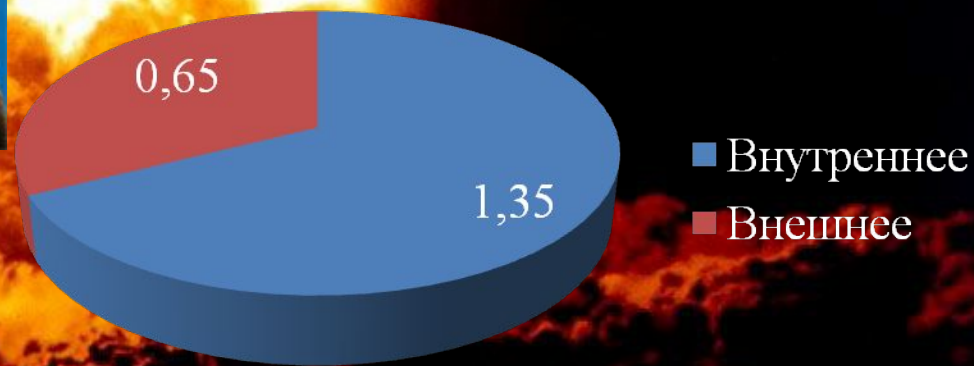
180 мкЗв/год человек получает от калия-40, который усваивается организмом вместе с нерадиоактивным калием, необходимым для жизнедеятельности организма.



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:

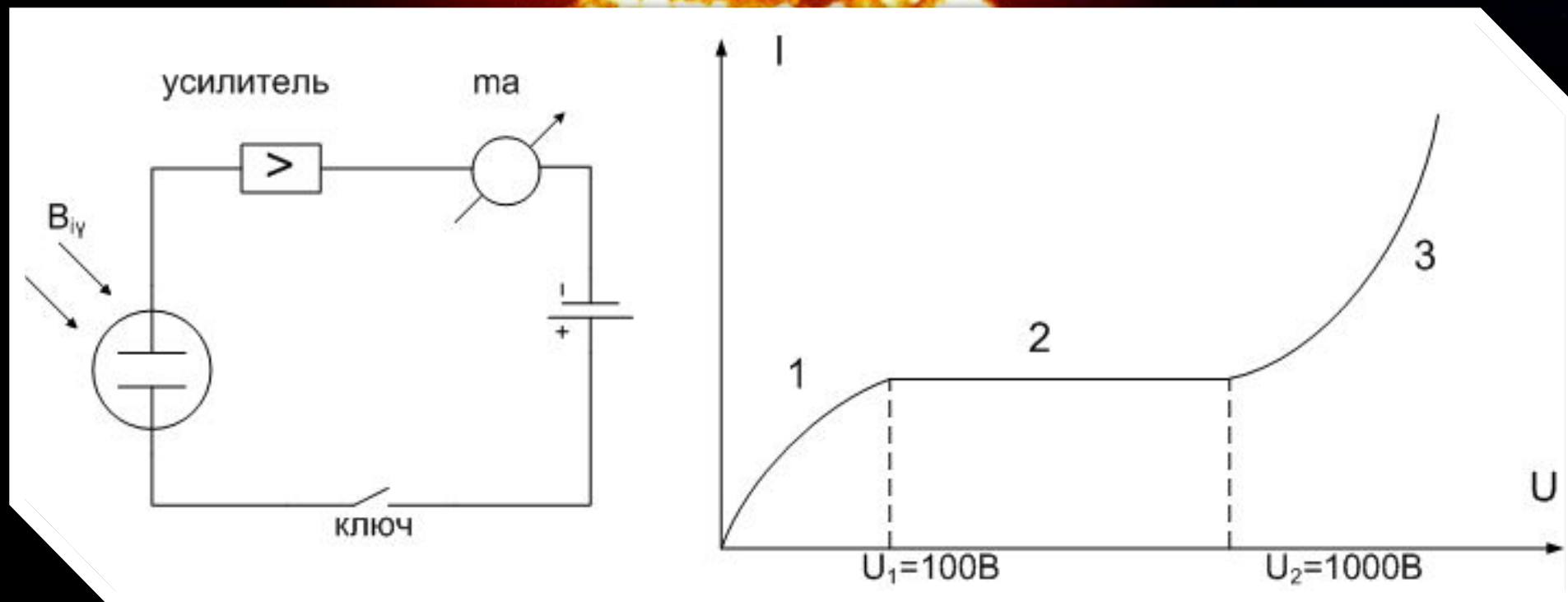
- ▶ ионизационный метод;
- ▶ газоразрядный метод;
- ▶ счётчик Гейгера-Мюллера;
- ▶ фотографический, химический;
- ▶ сцинтилляционный.



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.

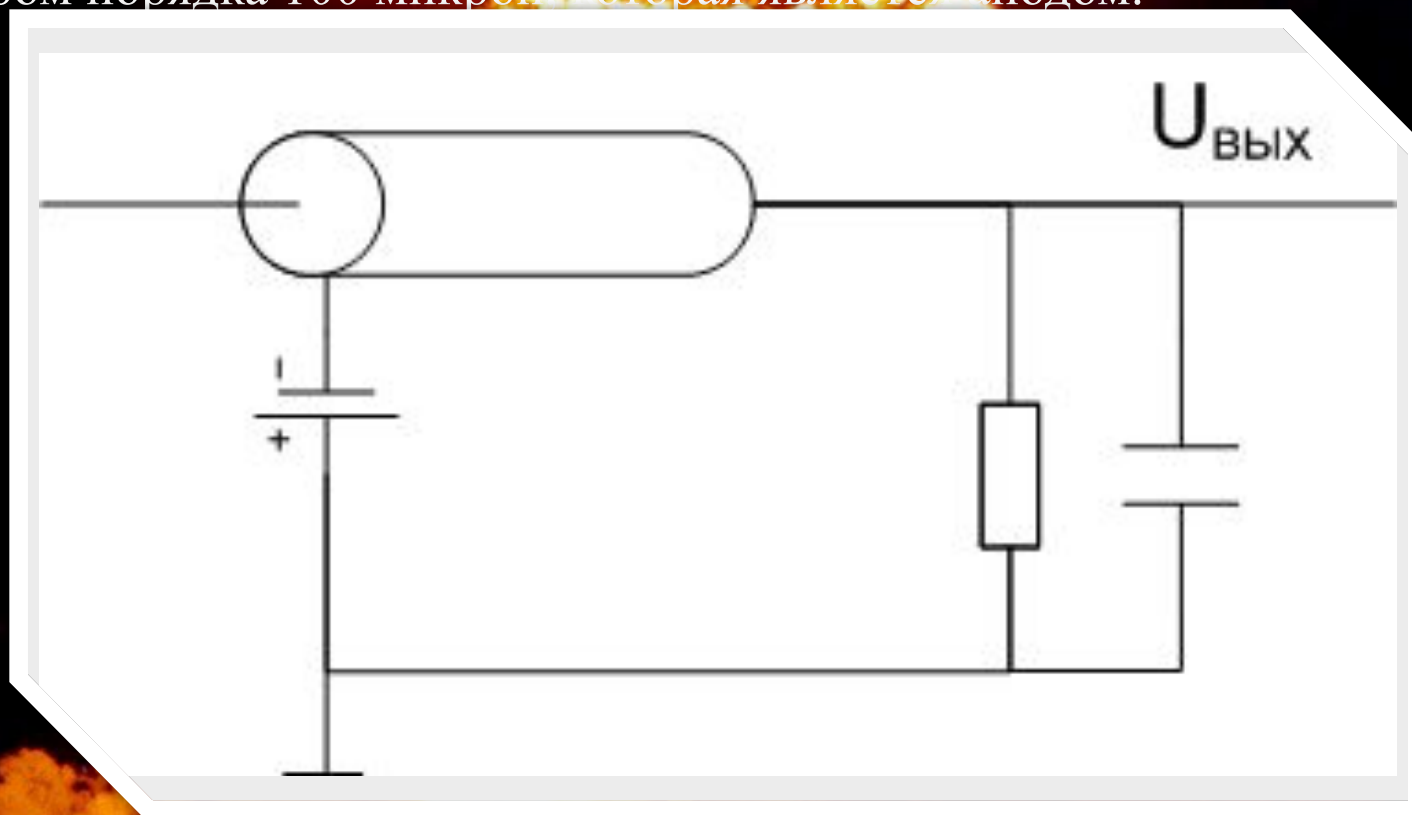


Ионизационные камеры при работе в эксплуатации, характеризуются высокой эффективностью регистрации, но недостатками является низкая чувствительность. Напряжение, подаваемое на электроды ионизационной камеры должно составлять порядка 1000 В.

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:

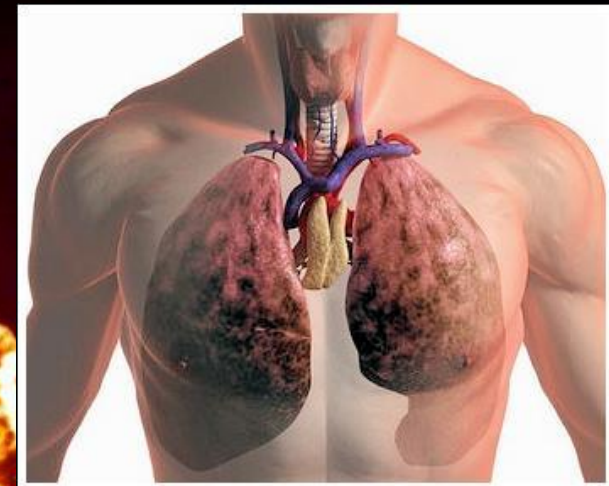
- 1 • Первичная острая реакция.
- 2 • Кажущееся благополучие.
- 3 • Выраженные клинические последствия.
- 4 • Раннее восстановление.



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:

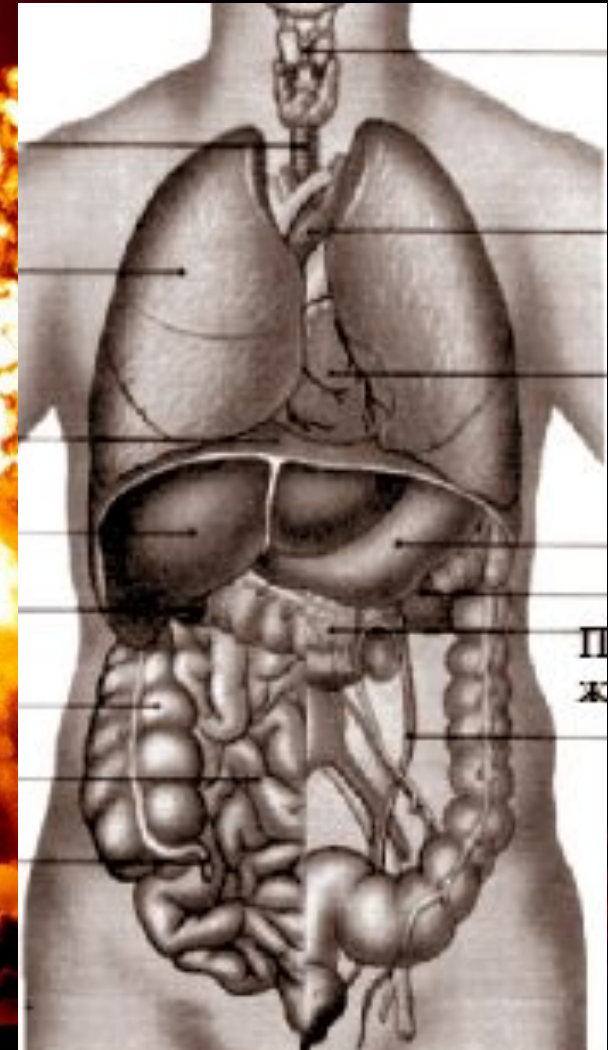
- через лёгкие;
- с пищей и водой;
- через кожу.

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).

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.