Защита от ионизирующего излучения

Ионизирующее излучение (ИИ) - это электромагнитное излучение или потоки частицы, которые создаются при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образуют при взаимодействии со средой ионы различных знаков.

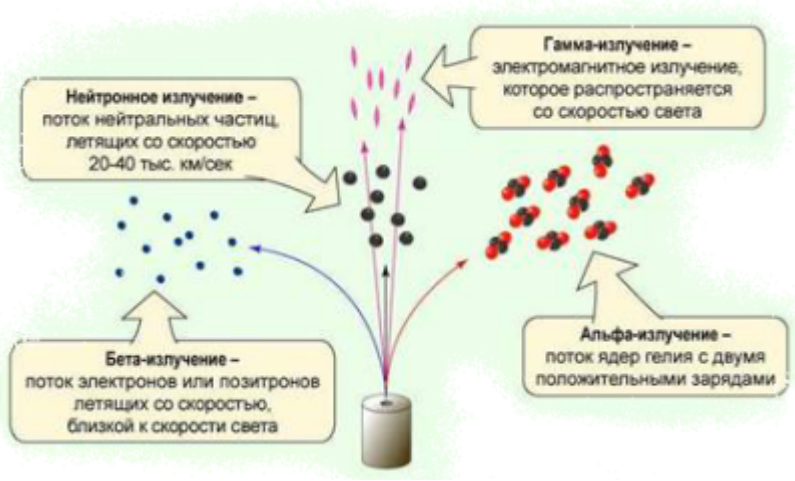
Естественные источники ИИ

- Естественный распад радионуклидов.
- Термоядерные реакции (например, Солнце).
- Космическое излучение.

Искусственные источники ИИ

- Искусственные радионуклиды.
- Ядерные реакторы.
- Рентгеновский аппарат, ускорители заряженных частиц.

Виды ионизирующего излучения



[α] Альфа-излучение

Альфа-частицы идентичны ядрам гелия $^4_2\mathrm{He}^{2+}$, образованы двумя нейтронами, двумя протонами.

Альфа-излучение обладает положительным электрическим зарядом q^+; значительной массой покоя m_α.

Движение альфа-частиц сопряжено с сильной ионизацией вещества и, как следствие, с очень быстрой потерей энергии альфа-частиц.

В результате проникающая способность альфа-излучения незначительна. Альфа-частицы, возникшие в результате радиоактивного распада, не способны преодолеть даже мёртвого слой кожи, тонкий лист бумаги. Радиационный риск при внешнем облучении такими альфа-частицами отсутствует. Внешнее альфа-облучение опасно для здоровья только в случае альфа-частиц, разогнанных в ускорителе.

Однако весьма опасно внутреннее облучение, когда воздействию альфа-излучения подвергаются

непосредственно живые ткани организма. Считается, что воздействие на организм альфа-излучения при равном энергетическом воздействии в 20 раз выше воздействия гамма-излучения.

[β] Бета-излучение

Бета-излучение представляет собой поток заряженных частиц /электронов (β−), позитронов (β+)/, образующихся в результате радиоактивного распада ядер. Бета-излучение следует отличать от вторичных и третичных электронов, образующихся в результате ионизации воздуха.

Энергия β-частиц распределена непрерывно от нуля до некоторого максимального значения (от нескольких единиц кэВ, до десятков МэВ), конкретное значение которого зависит от вида распадающегося вещества.

Из-за меньшей, чем у α-частиц массы и заряда, проникающая способность β-частиц выше, чем у альфа-частиц. Например, для полного поглощения потока β-частиц, обладающих максимальной энергией 2 МэВ, требуется защитный слой алюминия толщиной 3,5 мм.

Внешнее β-излучение вызвает лучевые ожоги кожи, лучевую болезнь. Гораздо опаснее внутреннее облучение от β-активных радионуклидов, попавших внутрь организма.

[Г] Гамма-излучение

Гамма-излучение - вид электромагнитного излучения с чрезвычайно малой длиной волны — менее $2 \cdot 10^{-10}$ м — и, вследствие этого, с ярко выраженными корпускулярными и слабо выраженными волновыми свойствами.

Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. В сравнении с α- и β-излучением Г-излучение обладает меньшей ионизирующей способностью.

Высокая энергия (0,01–3 МэВ) и малая длина волны обуславливает большую проникающую способность Г-излучения. Характерная толщина бетонного ограждения, защищающего от Г-излучения, составляет более метра. Другой пример, толщина слоя свинца половинного ослабления Г-излучения составляет 1,8 см. В целом, чем плотнее вещество, тем более эффективно оно защищает от Г-излучения

В зависимости от дозы и продолжительности Г-излучение может вызвать хроническую и острую лучевые болезни. Стохастические эффекты воздействия Г-излучения проявляются в повышении риска возникновения онкологических заболеваний. В то же время гамма-облучение подавляет рост раковых и других быстро делящихся клеток. Гамма-излучение является сильнейшим мутагенным и тератогенным фактором.

Рентгеновское

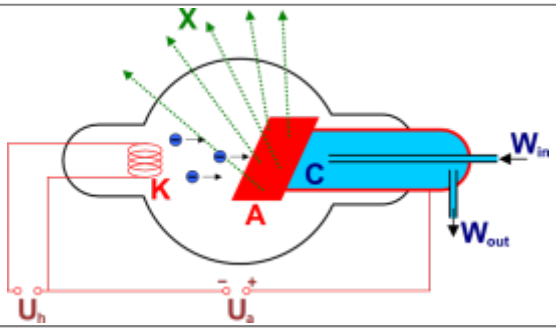
Рентгеновское излучение - электромагнитное излучение, энергия фотонов которого на шкале электромагнитных волн располагается между ультрафиолетовым и Г-излучением. Причём, в существенной области энергий рентгеновское Г- излучения перекрываются.

Будучи эквивалентными, с точки зрения физических свойств, фотоны относят к рентгеновскому или Г-излучению различая источники возникновения излучения. В случае участия атомных ядер в процессе возникновения излучения, его относят к Г-излучению, если излучение возникло в результате взаимодействия электронов с веществом, например, в рентгеновской установке, то в данном случае

говорят о рентгеновском излучении.

Рентгеновская установка

В рентгеновских трубках электроны, испущенные катодом, ускоряются под действием разности электрических потенциалов между анодом и катодом и ударяются об анод, где происходит их резкое торможение.



Схематическое изображение рентгеновской трубки. X — рентгеновские лучи, K — катод, A — анод (иногда называемый антикатодом), C — теплоотвод, Uh — напряжение накала катода, Ua — ускоряющее напряжение, Win — впуск водяного охлаждения, Wout — выпуск водяного охлаждения.

При этом за счёт тормозного излучения происходит генерация излучения рентгеновского диапазона, и одновременно выбиваются электроны из внутренних электронных оболочек атомов анода. Пустые места в оболочках занимаются другими электронами атома. При этом также испускается рентгеновское излучение с характерным для материала анода спектром энергий.

В настоящее время аноды изготавливаются главным образом из керамики, причём та их часть, куда ударяют электроны, — из молибдена или меди.

В процессе ускорения-торможения лишь около 1% кинетической энергии электрона идёт на рентгеновское излучение, 99% энергии превращается в тепло.

Нейтронное

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтральных, то есть незаряженных частиц нейтронов.

Наличие значительной массы (немного больше массы протона) и отсутствие электрического заряда определяет то, что нейтроны не взаимодействуют с электронными оболочками атомов, но участвуют в реакциях с атомным ядром.

Взаимодействие нейтрона с ядром может быть либо упругим, когда нейтрон отскакивает от ядра, либо неупругим, в результате чего нейтрон захватывается ядром атома.

Если первый случай с точки зрения воздействия на человека не очень интересен, то второй случай представляет особый интерес. Захват нейтрона ядром приводит к тому, что ядро становится не устойчивым и через некоторое время распадается, данное явление называется наведённая радиоактивность.

Последствия распада стабильного до поглощения нейтрона ядра состоят в нарушении протекающих биохимических процессов в организме (в результате распада изменяется состав вещества) с одной стороны, а с другой стороны возникающее радиоактивное излучение воздействует непосредственно на

близлежащие органы и ткани, вызывая их поражение.

Количественные характеристики

Доза излучения - величина, используемая для оценки воздействия ионизирующего излучения на любые вещества, ткани, живые организмы.

Мощность дозы (интенсивность облучения) — приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени. Имеет размерность соответствующей дозы, делённую на единицу времени.

Физическая величина	СИ	Внесистемная единца
Активность радионуклида, A	Беккерель **[Бк]**; число распадов в веществе за 1 с.	Кюри **[Ки]**; $1\ \text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}\ \text{Бк}$
Поглащённая доза, D_p	Грей **[Гр]=[Дж/кг]**; количество энергии переданное единице массы вещества.	Рад **[рад]**; $1\ \text{рад} = 0,01\ \text{Гр}$
Эквивалентная доза, $H_r = W_r D_p$, где W_r - коэффициент качества излучения. $W_r = 1\ (\gamma, \beta)$, $W_r \in [3 \dots 10]\ (^1_0 n)$, $W_r = 20\ (\alpha)$	Зиверт **[Зв]**; поглащенная доза в органе или ткани с учётом вида излучения.	Бэр **[бэр]**; **Б**иологический **Э**квивалент **Р**ада $1\ \text{бэр} = 0,01\ \text{Зв}$
Экспозиционная доза, **X**	**[Кл/кг]**; отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объёме сухого воздуха к массе воздуха в этом объёме.	Рентген **[Р]**; $1\ \text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\ \text{Кл/кг}$ $1\ \text{Р} \to 1\ \text{рад} \to \frac{\text{бэр}}{W_r}$

Эффективная доза, E - мера общего потенциального ущерба для организма от облучения как организма в целом, так и отдельных его частей. $E = W_t H_r$,
где $W_t \leq 1$ - коэффициент радиочувствительности тканей и органов человека, для общего облучения человека $W_t = 1$.

Воздействие ИИИ на человека

- Местный разогрев тканей.
- Порождение свободных радикалов - молекул содержащих один или два неспаренных электрона на внешней электронной оболочке. Такие молекулы или атомы обладают очень высокой химической активностью и разрушают оболочки клеток.
- Ионизация атомов и молекул, механизм воздействия тот же, но ещё более агрессивен.
- Разрушение молекул в т.ч., молекул ДНК, а также нарушение процесса деления клеток.

Последствия воздействия ИИ можно разделить на две группы:

- Детерминированные эффекты, например, лучевой ожог, острая лучевая болезнь и т.д. Характерны для облучения большими дозами.
- Стохастические или вероятностные эффекты, характеризуются ростом вероятности развития того или иного отклонения в здоровье работника или его потомства, например, развитие онкологических заболеваний у работника или появление мутаций у его потомства.

Некоторые характерные дозы

Фоновое излучение на Земле - 2,4 мЗв/год. При этом разброс по регионам довольно значителен от 1 до 10 мЗв/год.

50 % смертельный порог при однократном облучении

- 3 - 5 Зв. Поражение костного мозга, смерть в течение 30 - 60 суток.
- 5 - 15 Зв. Поражение лёгких и ЖКТ, смерть в течение 10 - 20 суток.
- Более 15 Зв. Поражение нервной системы, смерть в течение 1 - 5 суток.

Нормирование

С 1 сентября 2010 года в РФ введены в действие санитарные правила СанПин 2.6.1.2523-09 (НРБ 99/2009), согласно которым всё население разделено на три категории, для которых устанавливаются следующие допустимые эквивалентные эффективные дозы облучения.

Группа населения	Основные пределы доз
Группа А - лица, работающие с техногенными источниками излучения	**20 мЗв** в год в среднем за последние 5 лет, но не более **50 мЗв** в один из них.
Группа Б - лица, находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия ИИИ	**5 мЗв** в год в среднем за последние 5 лет, но не более **12,5 мЗв** в один из них.
Группа В - все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий в их производственной деятельности.	**1 мЗв** в год в среднем за последние 5 лет, но не более **2,5 мЗв** в один из них.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

ОСПОРБ 99-2010, харктерные медицинские дозы.

Методы защиты

- Подбор персонала для работы с источниками ионизирующего излучения (ИИИ) в соответствии с медицинскими показаниями.
- Профессиональное обучение приёмам безопасной работы с ИИИ.
- Контроль доз, полученных персоналом.
- Разработка мероприятий, позволяющих свести к минимуму годовые дозы облучения персонала. Следование принципу АЛЛОРА. «Так безопасно, как только возможно».
- Ограничение времени воздействия ИИИ.
- Уменьшение расстояния до ИИИ.
- Использование защитных экранов.
- Реализация социально-экономических льгот персоналу (сокращённый рабочий день, дополнительный оплачиваемый отпуск, досрочный выход на пенсию и т.д.)

From:
https://jurik-phys.net/ - **Jurik-Phys.Net**

Permanent link:
https://jurik-phys.net/lifesafety:factory:radiation

Last update: **2023/12/12 13:15**