

Определение радиоактивного фона с помощью индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503

Цель работы:

1. Изучить основные виды ионизирующего излучения по степени их воздействия на биологические и небиологические объекты.
2. Определить предельно допустимое время безопасного пребывания человека в поле бета и гамма – излучения.
3. Определить воздушный слой половинного и полного поглощения β излучения источника.
4. Определить процентное соотношение β и γ излучений в данном источнике.

Приборы:

1. Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503
2. Контрольный источник типа Б-8.

Теоретическое введение:

I. Виды ионизирующих излучений

Ионизирующим называется излучение, которое в данном веществе способно вызвать ионизацию, т.е. способно вырвать электрон из атома.

Ионизирующие излучения делятся на два вида:

1) ионизирующее излучение в виде частиц, летящих с большой скоростью, а следовательно имеющих большую энергию (альфа излучение, электроны или позитроны (β -частицы), пучки протонов и ядра отдачи, возникающие при ядерных реакциях).

2) ионизирующее излучение в виде коротковолнового электромагнитного излучения (рентгеновское и γ -излучение).

2. Дозиметрия ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение способно вызывать биологический эффект и поэтому используется в медицине для диагностики и лечения.

Для оценки степени действия ионизирующего излучения на объекты живой и неживой природы необходимо измерять степень воздействия излучения на изучаемый объект, т.е. решать задачи дозиметрии.

Для измерения величины ионизирующего излучения вводятся дозы:

1. поглощенная доза
2. экспозиционная доза
3. эквивалентная доза
4. эффективная эквивалентная доза
5. коллективная эффективная эквивалентная доза
6. полная коллективная эффективная эквивалентная доза

1. **Поглощенная доза** основана на том, что при облучении какого-либо тела ионизирующим излучением, ему передается энергия ионизирующего излучения и энергия этого тела увеличивается (или иначе тело нагревается).

Поглощенной дозой D_n называется величина численно равная энергии ионизирующего излучения поглощенной единицей массы тела:

$$D_n = \frac{E}{m}$$

Единицей поглощенной дозы в системе единиц СИ является **Грей (Гр)**
1 Грей - это такая поглощенная доза, при которой в **одном килограмме** облучаемого тела остается энергия ионизирующего излучения, равная **одному Джоулю**.

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ кг}$$

Недостатком является то, что измерить поглощенную дозу технически оказывается весьма сложно, поскольку нагрев воды ионизирующим излучением будет ничтожно мал. Например, излучение поглощенной дозой в **600 Гр** (60000 рад), которая является абсолютно смертельной для человека, приводит к изменению температуры 1 кг воды менее чем на 0,02 С. Поэтому поглощенную дозу измеряют чаще всего не прямым методом, описанным выше, а при помощи косвенных методов (химических, люминесцентных и т.д.)

Внесистемной единицей поглощенной дозы является - **рад**.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Удобство измерения поглощенной дозы в радах состоит в том, что для воды и водосодержащих тканей существует очень простое соотношение между поглощенной дозой, выраженной в радах и экспозиционной дозой выраженной в рентгенах.

2. Экспозиционная доза- количественная характеристика ионизирующего излучения, основанная на величине ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении.

Экспозиционной дозой называется величина, численно равная величине заряда каждого знака, появляющегося в единице массы сухого воздуха при полной его ионизации:

$$D_0 = Q/m$$

За единицу экспозиционной дозы в системе единиц СИ принимается **1 Кл/кг**. **1 Кл/кг**-это такая доза, под воздействием которой при полной ионизации **1 кг** сухого воздуха при нормальных условиях образуется суммарный заряд равный **1 Кл**.

Часто используется внесистемная единица экспозиционной дозы-**рентген**. **1 рентген (Р)**- это такая экспозиционная доза, при которой в **1 см³** происходит полная ионизация воздуха при нормальных условиях и образуется **2,1** миллиардов пар ионов.

Доза в 1 рентген создается радиоактивным **Ra₈₈²²⁶** массой **1 г (A=1 Ки)** в течение **1 часа** на расстоянии **1 метр**.

Между экспозиционной и поглощенной дозой существует соотношение:

$$D_n = f \cdot D_0$$

где **f**- коэффициент пропорциональности, зависящий от среды в которой происходит сравнение **D_n** и **D₀**.

Если поглощенную дозу измерять в радах, а экспозиционную дозу измерять в рентгенах, то для воздуха **f = 0,88**; для воды **f = 1**.

Для воды и мягких тканей тела человека $f=1$, следовательно поглощённая доза излучения в радах численно равна экспозиционной дозе в рентгенах.

3. Эквивалентная (или биологическая) доза (D_3).

Значение последствий действия ионизирующего излучения, а так же механизма действия ионизирующего излучения на биологические объекты является одной из основных задач медицинской радиологии.

Было установлено, что различные виды ионизирующего излучения при одинаковой поглощенной дозе оказывают различный биологический эффект.

Иными словами энергия ионизирующего излучения поглощенная биологическим объектом не может дать однозначной оценки биологического действия данного излучения. Например, если две биологические ткани облучились соответственно рентгеновским излучением и пучком протонов одинаковой дозы, то ткань облученная пучком протонов будет поражена в 10 раз больше, чем ткань, облученная рентгеновским облучением. Наименьший биологический эффект оказывает рентгеновское и гамма излучение. Все остальные виды ионизирующего излучения оказывают больший биологический эффект.

Для сравнения биологического действия различных видов ионизирующего излучения используется коэффициент относительной биологической эффективности – **ОБЭ** или (**КК**-коэффициент качества).

ОБЭ показывает, во сколько раз данный вид излучений оказывает более сильное биологическое действие, чем рентгеновское или гамма-излучение, при одинаковой поглощённости энергии в 1 г ткани.

Биологический эффект воздействия на ткань ионизирующего излучения оценивается в **зивертах и бэрах**.

1 зиверт (Зв) — это количество энергии, поглощённое килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощённой дозе гамма-излучения в 1 Гр.

1 Бэр- количество энергии, поглощенное в 1 г ткани, при котором наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе излучения в 1 рад рентгеновского или гамма-излучения. **Бэр**-биологический эквивалент рада.

Значение **КК (ОБЭ)** различных видов излучения приведены в таблице N 1.

| Вид излучения | КК (ОБЭ) |
|-------------------------------------|----------|
| 1. Гамма, рентгеновские лучи | 1 |
| 2. Бета – частицы | 1 |
| 3. Протоны и частицы | 10 |
| 4. Многозарядные ионы и ядра отдачи | 20 |
| 5. Тепловые нейтроны | 3 |
| 6. Быстрые нейтроны | 10 |

Поглощенная и биологическая доза связаны соотношением: $D_{\text{экв}} = \text{КК} \cdot D_{\text{п}}$

Тогда для рентгеновского или гамма-излучения оказывается, что 1 рад рентгеновского излучения создает биологический эффект в 1 бэр. 1 рад многозарядных ионов (например, альфа-частицы) создают биологический эффект в 20 бэр.

При однократном действии радиоактивного излучения на все тело человека результат действия определяется главным образом суммарной поглощенной дозой. Чем выше суммарная поглощенная доза, тем тяжелее будут последствия для организма.

Таблица №2

| Суммарная поглощенная доза в рад | Действие на человека |
|----------------------------------|---|
| 1. 0 – 25 | Видимых нарушений нет |
| 2. 25 – 50 | Возможны изменения в крови |
| 3. 50 – 100 | Изменения в крови, нормальное состояние трудоспособности нарушается |
| 4. 100 – 200 | Нарушение нормального состояния. Возможна потеря трудоспособности. |
| 5. 200 – 400 | Потеря трудоспособности, возможен летальный исход. |
| 6. 400 – 500 | Летальные случаи составляют 50% от общего числа пострадавших |
| 7. 600 и более | Летальные случаи в 100% |

4. Эффективная эквивалентная доза ($D_{эз}$)

$D_{эз}$ -характеризует суммарный эффект, которое оказывает ионизирующее излучение на организм человека в целом, учитывая, что различные органы имеют различную чувствительность (повреждаемость) ионизирующим излучением.

Сильнее всего поражаются красный костный мозг и половые железы, а, например, нервная ткань весьма устойчива.

$$D_{эз} = \sum KPP \cdot D_{экв}$$

KPP -коэффициент радиационного риска(см. таб.3).

| ткани | ККР |
|----------------------|------|
| Красный костный мозг | 0,12 |
| Лёгкие | 0,12 |
| Молочная железа | 0,15 |
| Яичники (семенники) | 0,25 |
| Щитовидная железа | 0,03 |
| Костная ткань | 0,03 |
| Другие ткани | 0,3 |

Таким образом, если известно, какие органы и какими дозами облучены (это особенно важно при поступлении радиоактивности с пищей, водой, вдыхаемым воздухом с последующим накоплением в определённых органах), и определены коэффициенты риска, можно вычислить эффективную эквивалентную дозу, полученную человеком.

4. **Коллективная эффективная эквивалентная доза ($D_{КЭЭ}$)-**объективная оценка масштаба радиационного поражения.

$$D_{КЭЭ} = D_{ЭЭ}^1 + D_{ЭЭ}^2 + \dots + D_{ЭЭ}^n$$

$D_{КЭЭ}$ -характеризует повреждающий эффект на популяцию в целом. Единица измерения -**человеко-зиверт**.

5. **Полная коллективная эффективная эквивалентная доза ($D_{ПКЭЭ}$)-** характеризует повреждающий эффект, который получит поколение популяции людей, живущих в зоне излучения за все последующие годы жизни.

Если какое-то количество людей продолжает жить в условиях длительного хронического облучения и известны закономерности изменения радиационного воздействия, рассчитывают ожидаемую коллективную эффективную эквивалентную дозу на определённый предстоящий период времени.

Мощность дозы

Мощностью дозы облучения называется физическая величина равная дозе облучения полученной единицей массы тела в единицу времени.

$$P = D/t$$

$$[P] = \text{Вт/кг}$$

$$[P] = \text{рад/с}$$

Мощность экспозиционной дозы измеряется в **А/кг (Ампер на кг)**.

Внесистемные единицы **Р/с, мР/с, мкР/с, Р/час**.

По мере дальнейшего расширения области применения радиоактивных изотопов в науке, технике, промышленности, медицине и т.д. все большее число людей работает в помещениях с повышенным уровнем радиации, непосредственно подвергающихся действию опасного излучения. В связи с этим очень важно проводить систематический контроль за состоянием их здоровья и, в частности, измерять полученную организмом за рабочий день дозу радиоактивного излучения. Для этих целей предназначены различные дозиметрические приборы.

Для измерения мощности дозы применяются различные типы рентгеновских приборов (рентгенометров).

Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503

Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503 -измеритель мощности дозы предназначен для измерения уровней гамма – бета радиации и радиоактивной зараженности различных предметов гамма – бета излучением (рис 1

Внешний вид индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503



1. ЖК - дисплей.
2. Кнопка «МЕНЮ» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет три функции: «МЕНЮ», «ВЫБОР», «ИЗМЕН».
3. Кнопка «КУРСОР» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка используется в меню для перемещения курсора.
4. Кнопка «ВЫКЛ» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет четыре функции: включение изделия, включение подсветки ЖК-дисплея, возврат в меню, выключение изделия.
5. Батарейный отсек.

Пиктограммы подсказывают пользователю функции кнопок, облегчая тем самым использование изделия.

Работа с прибором

1. Включите прибор

Нажмите большую кнопку «ВЫКЛ», после чего на дисплее разворачивается «экран РД 1503». Начинается оценка радиационной обстановки.

2. Результат

Результат наблюдения (мощность дозы) появляется на дисплее через 10 секунд.

3. Вход в меню

Для входа в меню и изменения заводских настроек нажмите кнопку «МЕНЮ». Появляется содержание меню. По умолчанию установлены следующие настройки:

- Размерность - мкЗв/час
- Порог - 0,3мкЗв/час
- Звук - тихо
- Подсветка - выключена.

4. Перемещение по меню

Перемещение по пунктам меню осуществляется кнопкой «КУРСОР». Выбор пункта меню и его изменение осуществляется кнопкой «МЕНЮ».

5. Выход из меню. Выключение

Выход из меню осуществляется продолжительным (до исчезновения сообщения на дисплее) нажатием кнопки **«ВЫКЛ»**.

Работа в меню

Меню позволяет пользователю устанавливать удобные для конкретного случая настройки. При входе и работе в меню наблюдения прекращаются и начинаются после выхода из меню.

Для входа в главное меню нажмите кнопку **«МЕНЮ»**. Появляется содержание меню и заводской номер изделия. Для перемещения курсора по пунктам меню используется кнопка **«КУРСОР»**. Для выбора пункта меню используется кнопка **«ВЫБОР»**. Для изменения значений используется кнопка **«ИЗМЕНЕН»**. Для выхода из пунктов меню и выхода из меню используется кнопка **«ВОЗВ»**.

Разделы меню

1.Размерность

В разделе **«РАЗМЕРНОСТЬ»** осуществляется изменение размерности единиц измерения:

- мкЗв/час
- мкР/час

2.Пороги

В разделе **«ПОРОГ»** осуществляется изменение одного из трёх уровней порога. Если уровень мощности дозы превышает пороговое значение, то при регистрации каждого следующего кванта **«■»** издаётся звуковой сигнал. При отключенном пороге звуковой сигнал издаётся при регистрации каждого кванта, что полезно использовать при поиске источника излучения.

Использование индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503

Порядок обследования

После включения изделия начинается оценка радиационной обстановки. В течение времени наблюдений каждый регистрируемый квант излучения сопровождается индикацией на дисплее пиктограммы **«■»** и коротким звуковым сигналом, если звук включен и отключен порог. Частота появления пиктограммы на дисплее пропорциональна мощности дозы.

Через 10 сек. после включения изделия на дисплее выводится первый результат короткого цикла

Короткий цикл наблюдения равен 10 сек. и предназначен для быстрого получения предварительных результатов. Наиболее достоверный результат выводится на дисплей после первого 40 сек. цикла наблюдения и отображается пиктограммой **«|»**.

Второй и третий короткие циклы наблюдения автоматически усредняются.

Как правильно проводить обследование

При оценке радиационной обстановки необходимо помнить, что ионизирующее излучение имеет статистический, вероятностный характер, поэтому показания изделия в одинаковых условиях не могут оставаться строго постоянными. Для достоверного определения уровня мощности дозы следует проводить от 3 до 5 циклов наблюдения не выключая изделия.

При определении радиоактивной загрязненности продуктов питания, предметов быта и т.д. следует приблизить изделие к объекту обследования на расстояние 5-10 мм левой боковой стороной (с прорезями) и включить его.

При определении радиоактивной загрязненности жидкостей оценка мощности дозы проводится над открытой поверхностью жидкости. Не допускается попадание жидкостей на поверхность и внутрь изделия. Для защиты изделия в подобных случаях рекомендуется использовать полиэтиленовый пакет, но не более чем в один слой.

Для определения места расположения источника ионизирующего излучения следует перемещать включенное изделие над поверхностью обследуемого объекта, ориентируясь на частоту звуковых сигналов (в настройках меню: порог - откл., звонок - включен). Помните, что частота сигналов по мере приближения к источнику будет резко возрастать, а по мере удаления также резко убывать.

Практическая часть работы

I. Определение предельно допустимого безопасного времени пребывания человека в поле бета и гамма – излучения.

Для измерений используется изотоп (источник β и γ -излучений) небольшой активности (опасность облучения практически равна нулю).

Нас интересует продолжительность безопасного времени, в течение которого человек может находиться около изотопа.

Для выполнения расчетов воспользуемся формулой:

$$P = D_{\text{пр}}/t$$

При этом следует учесть, что предельно допустимая доза за рабочий день для лиц, непосредственно работающих с радиоактивными источниками, составляет 0,017 Р.

Выразим эту дозу в мкР:

$$D_{\text{пр.}} = 0.017 \text{ Р} = 17 \cdot 10^{-3} \text{ Р} = 17 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6 \text{ мкР} = 17 \cdot 10^3 \text{ мкР}$$

Чтобы измерить время нахождения вблизи от этого радиоактивного источника в часах необходимо измерить мощность дозы, создаваемой этим источником ($P_{\text{и}}$), а затем рассчитать время безопасного нахождения непосредственно около источника облучения в часах по формуле: $P = D_{\text{пр}}/t$

$$t = \frac{D_{\text{пр.}}}{P}$$

Результаты измерения занесите в таблицу:

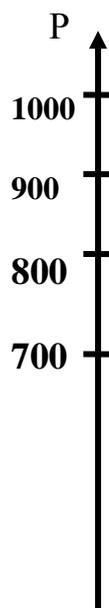
| № | Расстояние между дозиметром и | Значение мощности дозы | Предельно допустимое время облучения |
|---|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
|---|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|

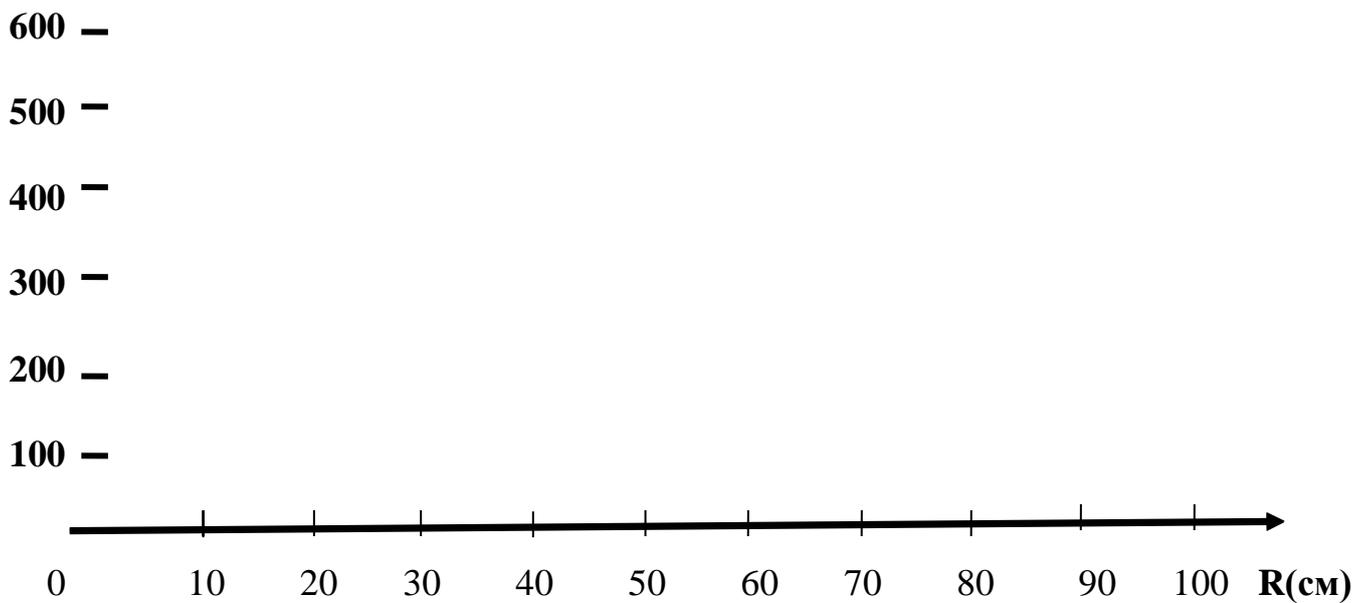
| | источником гамма – излучения см | мкР/час | час |
|---------------|---------------------------------------|---------|-----|
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| Вывод: | | | |

II. Определение воздушного слоя половинного и полного поглощения β излучения источника.

1. Измерить мощность дозы на расстоянии от 0 до 100 см через каждые 5 см от источника радиации.
2. Данные занести в таблицу и построить график зависимости мощности дозы от толщины слоя воздуха.

| Толщина воздушного слоя (см) | Мощность дозы (мкР/час) | Толщина воздушного слоя (см) | Мощность дозы (мкР/час) |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 0 | | 55 | |
| 5 | | 60 | |
| 10 | | 65 | |
| 15 | | 70 | |
| 20 | | 75 | |
| 25 | | 80 | |
| 30 | | 85 | |
| 35 | | 90 | |
| 40 | | 95 | |
| 45 | | 100 | |
| 50 | | | |





1. По графику определить толщину слоя воздуха половинного и полного поглощения бета (β) излучения.
2. Данные занести в таблицу:

| Толщина слоя воздуха половинного поглощения бета (β) излучения | Толщина слоя воздуха полного поглощения бета (β) излучения |
|--|--|
| | |
| Вывод: | |
| | |

III. Определение процентного соотношения β и γ излучений в данном источнике

1. Найти значение мощности дозы источника (присутствует только γ - излучение), которое не зависит от расстояния (остаётся постоянным при увеличении расстояния).
2. Рассчитать какой процент это значение мощности дозы составляет от начального значения, когда присутствуют β и γ излучения (при $R=0$). Значение мощности дозы при $R=0$ принять за 100%.
3. Данные занести в таблицу:

| Значение мощности дозы источника | Значение мощности дозы | Процент P_γ от значения мощности | Процент β излучений в | Процент γ излучений в |
|----------------------------------|------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| | | | | |

| | | | | |
|---|--------------------------------------|---|------------------|------------------|
| (присутствует только γ -излучение), которое не зависит от расстояния R_{γ} | излучения при $R=0$ принятое за 100% | дозы излучения при $R=0$ принятое за 100%(присутствуют β и γ излучения) | данном источнике | данном источнике |
| | | | | |

Вывод:

Контрольные вопросы

1. Виды ионизирующего облучения.
2. Определение альфа, бета и гамма излучений.
3. Дать определение доз ионизирующего излучения:
 - поглощенная доза,
 - экспозиционная доза
 - эквивалентная доза.
 - эффективная эквивалентная доза.
 - коллективная эффективная эквивалентная доза.
 - полная коллективная эффективная эквивалентная доза.
4. Дать определение единиц измерения доз ионизирующего излучения.
5. Мощность дозы, единицы измерения.
6. Биологическое действие ионизирующего излучения.
7. Подготовка к работе индикатор радиоактивности «РАДЭКС РД 1503» и работа с ним.

Литература:

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 33, стр. 598- 604.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 426-442.
3. Конспект лекции по теме: Дозиметрия ионизирующего излучения.

Тесты:

1. Раздел, в котором дается количественная оценка действия ионизирующего излучения на вещество или живые клетки, называется:
 - 1.рентгенологией
 - 2.дозиметрией

3. онкологией
- 2. Излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации атомов и молекул, называется:**
1. ионизирующим
 2. космическим
 3. тепловым
- 3. Количество энергии, поглощенной единицей массы за время облучения, называется:**
1. поглощенной дозой
 2. экспозиционной дозой
 3. эквивалентной дозой
- 4. Доза, в которой учитывается биологическое действие различных видов излучений при одинаковой поглощенной дозе, называется:**
1. экспозиционной дозой
 2. эквивалентной дозой
 3. поглощенной дозой
- 5. Внесистемная единица измерения экспозиционной дозы:**
1. рад
 2. бэр
 3. Рентген
 4. Зиверт
- 6. Доза рентгеновского или гамма-излучения, под воздействием которой в 1 см³ сухого воздуха образуется 2 млрд. пар ионов (обою знака) при нормальных условиях, есть:**
1. 1 Грей
 2. 1 Зиверт
 3. 1 Рентген
 4. 1 рад
- 7. Связь между эквивалентной и поглощенной дозой выражается формулой:**
1. $D_{\text{экв}} = K \cdot D_{\text{п}}$
 2. $D_{\text{п}} = f \cdot D_{\text{о}}$
 3. $D_{\text{ээ}} = K_{\text{РР}} \cdot D_{\text{экв}}$
- 8. Эквивалентная доза в системе СИ измеряется в:**
1. Кулон на кг
 2. Зиверт
 3. человеко-зиверт
 4. Грей
- 9. Предельно допустимой эквивалентной дозой облучения населения за год считается:**
1. 5 бэр
 2. 0,5 бэр
 3. 50 мбэр
 4. 100 мбэр
 5. 600 бэр

10. Коэффициент качества альфа-излучения равен:

1. 3
2. 10
3. 1
4. 20