

## Лабораторная работа №6

Оценка влияния ионных излучений на состояния здоровья работника  
(Продолжительность практической работы – 6 часов)

**Цель работы:** знакомство с видами радиоактивного излучения и основами дозиметрического контроля.

### Теоретическое введение

Современное развитие наук вызвало необходимость систематизации и углубления опыта по исследованию влияния на биологические объекты (человеческий организм) различных видов излучения: радиоактивного, ультразвукового, высокочастотного, ультрафиолетового и т.д. В данной работе рассмотрим виды радиоактивного излучения, познакомимся с их основными свойствами, характерными для любого радиоактивного излучения и основами дозиметрического контроля.

### Основные свойства радиоактивного излучения

**Активность источника** – мера радиоактивности, выраженная числом актов распада атомных ядер в единицу времени.

#### **Единица измерений:**

**СИ:** Беккерель [ Бк ]

1 Бк равен 1 ядерному превращению за 1 с или 0,027 нКи

**Практическая внесистемная единица:** Кюри [ Ки ]

1 Ки = 3.7 · 10<sup>10</sup> ядерных превращений за 1 секунду.

**Интенсивность излучения** – энергия излучения, проходящая через единицу поперечного сечения за единицу времени.

Единица измерений:

**СИ:** Дж с<sup>-1</sup> м<sup>-2</sup>

Практическая внесистемная единица: эВ с<sup>-1</sup> см<sup>-2</sup>

1 электрон-вольт (эВ) = 1.6 · 10<sup>-19</sup> Дж

**Проникающая способность** – способность проникать как через прозрачные, так и через непрозрачные тела.

Глубина проникновения зависит как от материала (через который проникает излучение), так и от вида и энергии (длины волны) излучения.

Закон ослабления радиоактивного излучения

$$I_d = I_0 \exp(-\mu d),$$

Где  $I_0$  - начальная интенсивность излучения;

$I_d$  - интенсивность излучения после прохождения через вещество толщиной  $d$ .

$\mu$ - линейный коэффициент ослабления интенсивности, определяемый свойствами вещества, видом и энергией излучения.

**Ионизирующая способность** – способность ионизировать вещество при прохождении через него. При этом происходит процесс, который в общем случае можно описать следующим уравнением:

$$M + E_q = M + e,$$

Где  $M$  – атом или молекула,

$E_q$  – энергия кванта или частицы,

$M^+$  - положительно заряженный ион,

$e$  – электрон.

### Виды радиоактивного излучения

**$\alpha$**  - излучение – *ионизирующее излучение*, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия  ${}^4\text{He}^{2+}$ ) с энергией 4-11 МэВ, испускаемых при ядерных превращениях. Кроме того, к данному виду излучения можно так же отнести роторное ( $1p+1$ ) излучение, а так же другие более тяжелые ядра отдачи, возникающие в результате ядерных превращений.

**$\alpha$**  - излучение обладает высокой ионизирующей и маленькой проникающей способностью. Пробег  $\alpha$ -частицы в воздухе составляет 3-11 см. Сложенный пополам лист обычной бумаги полностью поглощает эти частицы. Внешний покров тела человека также хорошо поглощает эти частицы. **Опасно при попадании внутрь организма.**

**$\beta$** - излучение – электронное и позитронное ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром (масса частиц  $\sim 5.4 \cdot 10^{-4}$  а.е.).

Удельная ионизация значительно меньше, чем  **$\alpha$**  - частиц той же энергии. Проникающая способность  **$\beta$**  - излучение значительно больше, чем  **$\alpha$**  - частиц и зависит от их энергии. Для частиц, обладающих энергией 3 МэВ, пробег в воздухе составляет около 3м. Одежда и кожный покров человеческого тела поглощает примерно 75%  **$\beta$**  - частиц и только 20-25% проникает внутрь организма на глубину 2 мм. Наибольшую опасность представляет попадание этих частиц в глаза (внешняя поверхность глаза не имеет защитного слоя) и при попадании внутрь организма.

**$\gamma$**  - и рентгеновское–излучение – электромагнитное ионизирующее излучение с длиной волны менее 10-8 м.

Удельная ионизация еще меньше, чем  **$\beta$**  - частиц, но наибольшая проникающая способность по сравнению с  **$\alpha$**  – и  **$\beta$**  - излучением. В воздухе распространяется на значительные расстояния практически без ослабления. Свинец, сталь, бетон и другие плотные материалы определенной толщины вызывают существенное ослабление. При

прохождении  $\gamma$  - квантов через среду ионизация производится электронами, выбиваемыми из атомов  $\gamma$  - квантами. Особенно опасно при внешних облучениях.

**нейтронное – излучение** – излучение, состоящее из нейтральных частиц ( ${}^1_0n$ ).

По своему воздействию на человеческий организм нейтроны делятся на две энергетические группы.

**Медленные нейтроны** (с энергией 0-20 МэВ) вызывают активацию ядер окружающей среды. Ядро, поглотившее нейтрон, увеличивает на единицу свою массу, т.е. становится новым изотопом элемента, который, как правило, не устойчив. Его распад сопровождается испусканием заряженных частиц и иногда  $\gamma$  - квантами, которые опять-таки вызывают ионизацию.

**Быстрые нейтроны** (с энергией более 20 МэВ) при столкновении с легкими атомами передают им часть своей кинетической энергии. Атомы начинают двигаться с такой скоростью, что теряют свои электроны, превращаясь в ионы, которые при движении в среде вызывают также ее ионизацию.

### **Основные дозиметрические величины и единицы измерений**

**Уровень радиации** – мощность экспозиционной дозы на высоте 0.7-1 м над зараженной поверхностью.

**Экспозиционная доза** – доза, полученная за время от начала заражения до времени полного распада радиоактивного вещества.

**Единица измерений:**

СИ: Кулон на килограмм [ Кл / кг ]

*Практическая внесистемная единица:* Рентген [Р]

$$1\text{Р} = 2.6 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

$$1\text{Кл/кг} = 3.9 \cdot 10^3 \text{Р}$$

**Мощность экспозиционной дозы** (уровень радиации)– доза, получаемая объектом в единицу времени.

**Единица измерений:**

СИ: Кл/(кг с )

*Практическая внесистемная единица:*

$$1 \text{ Р/с} = 3600 \text{ Р/ч} = 86400 \text{ Р/сут}$$

$$1 \text{ Р/ч} = 24 \text{ Р/сут} = 8760 \text{ Р/год}$$

**Поглощенная доза излучения** – энергия, переданная ионизирующим излучением единице массы облучаемого вещества:

$$D = E_q / m$$

( $m$  – масса облучаемого вещества).

**Единица измерений:**

СИ: Дж/кг или Гр (Грей)

*Практическая внесистемная единица:* рад

1 рад = 0.01 Гр = 0.01 Дж/кг = 100 эрг/г.

**Эквивалентная доза** – доза, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения:

$$H = kD$$

**D** – поглощенная доза;

**K** – коэффициент качества ионизирующего излучения.

**Единица измерений:**

СИ: Зиверт [Зв]

*Практическая внесистемная единица:* бэр (биологический эквивалент рентгена)

1 бэр = 0.01 Дж/кг = 0.01 Зв

**Коэффициент качества k** – коэффициент для учета биологической эффективности разных видов ионизирующего излучения.

**k**

*Рентгеновское и g - излучение* 1

*b - излучение (электроны и позитроны)* 1

*Быстрые нейтроны (с энергией ~ 20 МэВ)* 3

*Медленные нейтроны (с энергией 0.1 – 10 МэВ)* 10

*Протоны с энергией < 10 МэВ* 10

*a - излучение с энергией < 10 МэВ* 20

*Тяжелые ядра отдачи* 20

**Нормы радиационной безопасности**

Нормы радиационной безопасности (НРБ) устанавливают систему дозовых пределов и принципы их применения. НРБ основаны на следующих основных принципах радиационной безопасности:

- не превышение установленного основного дозового предела;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- снижение дозы излучения до возможно низкого уровня.

В основу НРБ положены отечественный опыт обеспечения условий радиационной безопасности, результаты работ советских и зарубежных ученых, а также рекомендации Международной комиссии по радиологической защите.

Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

**категория А** – лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений;

**категория Б** – лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников излучения;

**категория В** – остальная часть населения страны.

Кроме того устанавливаются так же **три группы критических органов**:

*I – все тело, гонады и красный костный мозг;*

*II – мышцы, внутренние органы, глаза;*

*III – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.*

Для каждой категории облучаемых лиц устанавливается основной **дозовый предел**.

В качестве основных дозовых пределов в зависимости от

группы критических органов для категории А устанавливается *предельно допустимая доза* за календарный год (ПДД), а для категории Б – *предел дозы* за календарный год (ПД).

**Предельно допустимая доза (ПДД)** – это такое наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течении 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

**Предел дозы (ПД)** - это такое наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год для лиц категории Б, при котором равномерное облучение в течении 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

#### Основные дозовые пределы

Дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения, бэр за календарный год	Группа критических органов		
	I	II	III
ПДД для категории А	5*	15	30
ПД для категории Б	0,5	1,5	3

\*Примечание: Для женщин до 40 лет не более 1 бэр за 2 месяца в области таза.

**Естественный фон в России:**

**4-20 мкР/ч** или **35-175 мР/год**

Общая доза облучения всего организма для категории А не должна превышать (бэр):

$$H = 5(N - 18)$$

$N$  – возраст, годы. Во всех случаях доза, накопленная за 30 лет, не должна превышать 60 бэр.

#### **Нормативы ПДД в военное время и аварийных ситуациях:**

1. Однократное облучение 50 бэр
2. Многократное облучение за 30 дн. 100 бэр
3. Многократное облучение за 3 мес. 200 бэр
4. Многократное облучение за 1 год 00 бэр

*Лучевая болезнь начинается при однократном облучении мощностью 100 бэр.*

*Тяжелая форма – 450 бэр.*

#### **Приборы дозиметрического контроля**

Приборы, предназначенные для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, называются дозиметрическими.

Основными элементами дозиметрических приборов являются регистрирующие устройства (ионизационная трубка, счетчик), электрическая схема, источник питания, блок преобразования напряжения (Рис.1). Регистрирующее устройство: ионизационная трубка или газоразрядный счетчик  $I$  представляют собой заполненный воздухом или инертным газом замкнутый объем, внутри которого находятся два электрода. К электродам приложено напряжение от источника постоянного тока. При отсутствии радиоактивного излучения в цепи регистрирующего устройства тока не будет, поскольку воздух и инертный газ являются изоляторами. При воздействии радиоактивного излучения на регистрирующее устройство молекулы воздуха (или инертного газа) в нем ионизируются. Положительно заряженные частицы перемещаются к катоду (-), а отрицательные – к аноду (+). В цепи появляется ионизационный ток, для измерения которого служит микроамперметр  $З$ .

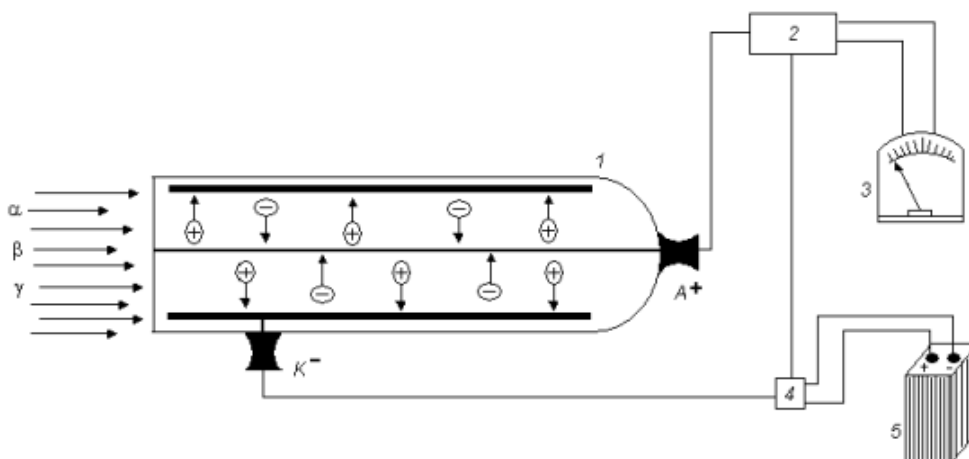


Рис. 1 Принципиальная схема устройства дозиметрических приборов:

*1 - регистрирующее устройство; 2 - усилитель ионизационного тока; 3 - измерительный прибор; 4 - преобразователь напряжения; 5 –источник питания*

Источником питания прибора служат батареи или сеть 5, напряжение которых повышается до необходимого значения с помощью специального преобразователя 4.

Для измерений используются различные дозиметрические приборы ЛУЧ-А, ДП-5В, ДРГЗ-01(02,04), ДИП-0.05 и др.

### **Порядок выполнения работы**

#### ***Задание 1. Измерение естественного фона в помещении для занятий.***

С помощью дозиметра “Мастер –1” измерить естественный фон в помещении для занятий. Дозиметр “Мастер – 1” предназначен для контроля радиационной обстановки на местности, в рабочих и жилых помещениях.

Прибор измеряет мощность эквивалентной (экспозиционной) дозы в диапазоне от 0,10 до 9,99 МкЗв/ч (от 10 до 999 МкР/ч). Диапазон энергии излучений от 0,05 до 1,5 МэВ.

Включить прибор. Для проведения измерений нажать кнопку ПУСК, при этом на цифровом табло должны появиться цифры 000, а справа от цифр мигающий знак “СЧ”. Через 36 с после нажатия кнопки ПУСК счет импульсов прекращается, о чем свидетельствует прекращение мигания знака “СЧ”. Установившееся на табло значение показывает мощность эквивалентной дозы в микрозивертах в час. Провести не менее трех измерений, найти среднее значение. Сопоставить полученное значение с соответствующими значениями Норм радиационной безопасности. Сделать соответствующие выводы о радиационной безопасности в помещении.

#### ***Задание 2. Измерение естественного фона (уровня радиации) в помещении с источником ионизирующего излучения – рентгеновским дифрактометром.***

С помощью дозиметра “Мастер –1” повторить аналогичные измерения, указанные в задании 1.

Сделать соответствующие выводы о радиационной безопасности в помещении.

**Задание 3. Проведение дозиметрического контроля защиты рентгеновского дифрактометра.**

Ознакомиться с устройством дозиметрического прибора ДРГЗ – 02.

Прибор “ДРГЗ - 02” предназначен для контроля радиационной обстановки на местности, в рабочих и жилых помещениях. Прибор измеряет мощность экспозиционной дозы в диапазоне от 0,01 до 100 МкР/с . Тип детектора – сцинтилляционный. Диапазон энергии излучений от 0,015 до 1,25 МэВ.

С помощью прибора ДРГЗ – 02 произвести замеры мощности экспозиционной дозы в непосредственной близости от рентгеновского пучка и за защитой рентгеновского дифрактометра в нескольких точках.

Сделать выводы о соответствии защиты нормам по технике безопасности.

**Требования к оформлению отчета по лабораторной работе**

Отчет должен содержать:

1. Название и цель практической работы.
  2. изучение методов измерения ионизирующих излучений.
- Анализ полученных результатов и выводы по практической работе.

**Контрольные вопросы**

1. Виды радиоактивного излучения?
2. Что такое ионизирующая способность?
3. Что такое проникающая способность?
4. Какое излучение обладает наибольшей ионизирующей способностью и какое – наибольшей проникающей способностью?
5. Что такое поглощенная доза излучения?
6. Что такое эквивалентная доза излучения?
7. Что такое предельно допустимая доза излучения?
8. Какие категории облучаемых лиц существуют?
9. При какой мощности облучения начинается лучевая болезнь?
10. Сколько составляет естественный фон России?