**Инструкция к самостоятельной работе студентов в рамках дистанционного обучения**

1. Изучите теоретический материал по теме занятия, обратив внимание на основные понятия темы, используя рекомендуемую для изучения литературу.
2. Оформите практическую часть занятия по предложенному Вам варианту (решение ситуационных задач и др.). Прикрепите в ИС выполненные задания по занятию в **ОДНОМ** файле формата Word, в который необходимо вставить фотографию (Функция: Вставка рисунок) Вашей тетради с выполненным заданием. Файл с обозначением ФИО, курса и группы прикрепите в ИС в день прохождения занятия **по Вашему расписанию**. Каждое занятие оформляется отдельным файлом!
3. При получении выполнения по всем 6-ти занятиям 1-го модуля Вам будут открыты тесты, которые необходимо решить в ИС.

**ГБОУ ВПО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава РФ**

Кафедра общей и коммунальной гигиены

Дисциплина: Радиационная гигиена Специальность 060105.65

Медико-профилактическое дело

Курс 4 Семестр 8



Модуль 1. **Гигиеническая регламентация облучения человека. Основные закономерности действия ионизирующих излучений на организм.**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

на тему: «Понятие о происхождении ионизирующих излучений. Общая характеристика радионуклидов. Виды и дозы излучения, единицы измерения»

**Методическое пособие для преподавателей**

**к проведению практического занятия**

Автор: доц. к.м.н. Карпенко И.Л.

Утверждено на заседании кафедры общей и коммунальной гигиены

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г.

**Оренбург 2014 год**

**1. Тема: Понятие о происхождении ионизирующих излучений. Общая характеристика радионуклидов. Виды и дозы излучения, единицы измерения.**

**2. Цель:** раскрыть особенности взаимодействий ионизирующих излучений с веществом и сформировать навыки расчета доз различных видов ионизирующего излучения.

**3. Задачи:**

Обучающая: сформировать у студентов четкое понимание характеристики радионуклидов и различных видов ядерных превращений, раскрыть виды взаимодействий ионизирующих излучений с веществом.

Развивающая: формировать у студентов потребности и мотивы профессионального становления и развития, умения применять методики расчета доз различных видов ионизирующего излучения.

Воспитывающая: воспитывать стремление к повышению своего общекультурного, интеллектуального и профессионального уровня, интерес к гигиене как теоретической и прикладной науке, формировать ценностное отношение к профессии врача-гигиениста.

**4. Вопросы для рассмотрения:**

1. Предмет, содержание и задачи радиационной гигиены.

2. Мирное использование атомной энергии в различных отраслях промышленности, медицине, сельском хозяйстве, науке.

3. Общая характеристика радионуклидов (строение атома, понятия: нуклида, изотопа, радионуклида, радиоактивного распада или радиоактивности).

4. Виды ядерных превращений (альфа-распад, бета-распад, К-захват, самопроизвольное деление ядер тяжелых элементов, термоядерные реакции).

5. Закон радиоактивного распада в зависимости от периода полураспада. Активность как мера количества радионуклида (единицы активности: беккерель, кюри). Понятие удельной и объемной активности.

6. Виды ионизирующего излучения и их характеристика (классификация по типу ионизации и по физическому состоянию).

7. Виды взаимодействий ионизирующих излучений с веществом:

- взаимодействие альфа-частиц с веществом;

- взаимодействие бетта-частиц с веществом;

- взаимодействие нейтронов с веществом (упругое, неупругое рассеяние);

- взаимодействие гамма- и рентгеновского излучения с веществом (фотоэффект, комптоновский эффект, образование пар).

8. Дозы излучения и единицы измерения (экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная дозы). Понятие взвешивающих коэффициентов для отдельных видов излучения и для тканей и органов.

9. Понятие мощности дозы (для поглощенной, эквивалентной и эффективной), гамма-эквивалента радия и относительной биологической эффективности (ОБЭ).

**5. Основные понятия темы**

1. Радиационная гигиена – важнейшая отрасль гигиенической науки, решающая актуальные проблемы радиационной безопасности и защиты окружающей среды от загрязнения радиоактивными веществами, направленные на охрану здоровья человека.

Конец позапрошлого века был ознаменован двумя выдающимися открытиями: в 1895 году В.К. Рентген открыл неизвестный до этого вид излучения, названный рентгеновским. В 1896 году А. Беккерель обнаружил, что уран самопроизвольно испускает невидимые лучи. Это явление было названо радиоактивностью, а само излучение – ионизирующим излучением. Спустя три года, в 1899 году английский физик Э Резерфорд открыл α- и β-излучения, испускаемые при распаде радиоактивных веществ. Таким образом, научные открытия положили начало исследованиям в области ядерной физики, позволивших в настоящее время использовать атомную энергию во всех областях науки, промышленности, медицины и сельского хозяйства. Нельзя не отметить особой значимости, высокой специфичности действия, огромного разнообразия источников, видов и путей воздействия различных излучений и нуклидов на человека.

2. В медицине и биологии широко используются рентгеновские аппараты, ускорители заряженных частиц, телегамматерапия, кобальтовая пушка, аппараты для стерилизации перевязочного материала, искусственные водители сердечного ритма (на основе плутония238), в качестве индикаторов уровня жидких и сыпучих продуктов, измерителей плотности жидкостей, толщины материалов, а также для обнаружения дефектов в различных деталях (γ-дефектоскопы), а также источники ионизирующих излучений применяются в ядерной энергетике, машиностроении (контроль технологических процессов, износоустойчивость материалов), науке (метод «меченных атомов», радиоактивационный анализ), медицине (радиоизотопная диагностика и терапия, радонолечение). Для лечебных и диагностических целей (скенирования) введение препаратов осуществляется при приеме внутрь, внутривенном введении, вдыхании и т.д.

3. Строение атома. Атомное ядро представляет собой совокупность ядерных частиц - нуклонов, к которым относятся положительно заряженные протоны и электрически нейтральные нейтроны. Сумма числа протонов и нейтронов в ядре атома данного элемента называется его массовым числом. Оболочка атома образована элементарными частицами – электронами, несущими отрицательный заряд.

**Нуклиды** – это атомы, имеющие определенный состав и структуру ядра с данным числом протонов и нейтронов, характеризующийся массовым числом и атомным номером. **Изотопы** – это атомы одного и того же элемента, имеющие разные массовые числа.

**Радионуклидами** называются нуклиды с нестабильными ядрами. **Радиоактивность** – это самопроизвольное превращение ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием ионизирующих излучений.

4. Характеристика основных видов ядерных превращений.

- **альфа-распад** – при данном виде распада из ядра радионуклида выделяется α –частица, представляющая собой ядро атома гелия с образованием нового стабильного или радиоактивного нуклида, α-распад претерпевает примерно 15 % всех радиоизотопов, он характерен для тяжелых естественных и искусственных радионуклидов;

- **бета-распад** является наиболее распространенным типом распада (57 % радионуклидов) и может протекать в трех разновидностях: электронный или отрицательный β-распад при котором ядро радионуклида испускает электрон, позитронный β-распад - ядро радионуклида испускает позиттрон, К-захват – захват орбитального электрона ядром;

**- самопроизвольное деление ядер** тяжелых элементов урана и плутония происходит при поглощении ими медленных нейтронов, при этом образуются различные пары «осколков», которые представляют собой ядра радионуклидов находящихся в средней части Периодической таблицы, а также высвобождаются 2-3 свободных нейтрона, способных вызывать деление других тяжелых ядер;

- **термоядерные реакции**- синтез ядер легких элементов (изотопов водорода – трития и дейтерия) в ядро гелия, что возможно при температуре в несколько миллионов градусов.

5. **Закон радиоактивного распада** – в равные промежутки времени распадается одна и та же доля ядер каждого конкретного радионуклида. **Период полураспада** – время, в течение которого распадается половина всех ядер данного радионуклида.

Мерой количества радионуклида служит **активность** – число ядерных превращений (распадов) в единицу времени. Единица активности – беккерель (Бк) – одно ядерное превращение в секунду.

**Объемная активность** – количество распадов на единицу объема воздуха, **удельная активность** - количество распадов на единицу массы или жидкости.

6. Классификация ионизирующих излучений:

- по типу ионизации: непосредственно ионизирующее и косвенно ионизирующее;

- по физическому состоянию: корпускулярное, фотонное.

7. Виды взаимодействий ионизирующих излучений с веществом:

- взаимодействие альфа-частиц с веществом – обладая относительно большой массой и зарядом, α-частицы имеют незначительную проникающую способность. Так для α-частиц с энергией 4 МэВ длина пробега в воздухе составляет 2,5 см, в биологической ткани – 31 мкм, в алюминии – 16 мкм. Вместе с тем для α-частиц характерны высокие показатели линейной передачи энергии;

- взаимодействие бетта-частиц с веществом – при прохождении β-частиц через вещество возможны упругие и неупругие взаимодействия с атомами поглощающей среды. Удельная плотность ионизации, создаваемая β-частицами, примерно в 1000 раз меньше, чем для α-частиц той же энергии. Для β-частиц с энергией 4 МэВ длина пробега в воздухе составляет 17,8 м, в воде – 2,6 см, в алюминии – 9,8 мм;

- взаимодействие нейтронов с веществом (упругое, неупругое рассеяние), неупругое рассеяние происходит путем поглощения нейтрона ядром с последующей реакцией того или иного типа с выделением α-частицы или протона и образованием ядра нового нуклида, упругое рассеяние заключается в том, что нейтрон, обладающий определенным запасом энергии, при столкновении с ядром атома передает ему часть энергии, а сам изменяет направление своего движения;

- взаимодействие гамма- и рентгеновского излучения с веществом (фотоэффект, компто-новский эффект, образование пар). **Фотоэффект** – полное поглощение энергии γ-кванта каким-либо орбитальным электроном, часть энергии кванта при этом затрачивается на преодоление энергии связи электрона с ядром, а остаток ее сообщается выбиваемому электрону, который покидает оболочку атома и на своем пути ионизирует атомы и молекулы вещества. **Комптоновский эффект** возникает тогда, когда γ-квант выбивает с внешней оболочки атома орбитальный электрон, передавая ему часть своей энергии, а сам продолжает движение в несколько ином направлении. **Образование пар** (электрон-позитронных) происходит при пролете γ-кванта вблизи ядра атома. Под воздействием электрического поля ядра он превращается в пару частиц: электрон и позитрон.

8. При оценке влияния радиации на здоровье человека необходимо знать, что эффект от воздействия зависит прежде всего от дозы облучения. Остановимся подробнее на некоторых терминах и определениях, использующихся в радиационной гигиене. **Поглощенная доза** (D) измеряется отношением энергии, переданной ионизирующим излучением веществу к единице массы этого вещества. Для характеристики какого-либо вида ионизирующего излучения ранее применялся коэффициент качества, который показывает, во сколько раз данный вид излучения оказывает более сильное биологическое действие, чем рентгеновское и гамма-излучение, при одинаковой поглощенной энергии в единице массы вещества. В настоящее время коэффициент качества получил название взвешивающих коэффициентов для отдельных видов излучения (WR). **Эквивалентная доза** (H) – это произведение поглощенной дозы данного вида излучения в определенной ткани на взвешивающий коэффициент этого излучения. Однако для оценки риска отдаленных последствий облучения понятие эквивалентной дозы не является исчерпывающим. Разные части тела, органы, ткани существенно отличаются с точки зрения радиочувствительности. Поэтому для учета и сравнения риска отдаленных стохастических (вероятностных) последствий облучения введена эффективная эквивалентная доза, или просто **эффективная доза** (HЭФ), которая представляет собой произведение эквивалентной дозы на взвешивающий коэффициент для тканей и органов (WT). Необходимость введения эффективной дозы становится понятной из следующего примера. Так, риск возникновения отдаленных радиационных эффектов, например рака, оказывается одинаковым при облучении щитовидной железы в дозе 1 Гр и всего тела в дозе 0,05 Гр.

9. **Мощность дозы** – отношение полученной дозы к единице времени

**Гамма-эквивалента радия** – условная масса точечного источника радия-226, создающего на данном расстоянии такую же мощность экспозиционной дозы, как и данный источник. Источник радия создает на расстоянии 1 см мощность экспозиционной дозы 8,4 Р/ч.

**Относительной биологическая эффективность (ОБЭ)** – отношение поглощенной дозы эталонного излучения к поглощенной дозе данного излучения, вызывающего тот же биологический эффект. В качестве эталонного принято рентгеновское излучение с энергией 180-200 кэВ.

**6. Рекомендуемая литература:**

1. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: учеб. для вузов. — М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. — 384 с.: ил.

2. Архангельский В.И., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: практикум: учебное пособие. — М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009. — 352 с.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ. Учебное пособие. – Оренбург, 2015. - 110 с. (электронная библиотека)

4. Лекционный материал.

**Самостоятельная работа студентов:**

* Решение ситуационных задач по расчету показателей активности, периода полураспада, массы радиоактивного вещества, эквивалентной и эффективной доз ионизирующего излучения и защиты от гамма-излучений.

**Примеры решения типовых задач по расчету**

**эквивалентной и эффективной доз ионизирующего излучения:**

**Задача №1.**

Определить эквивалентную и эффективную дозу облучения щитовидной железы весом в 20 г при одновременном воздействии не нее протонного и альфа - излучения, которые создают поглощенную дозу в 0,12 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**РЕШЕНИЕ:** Эквивалентная доза облучения определяется как сумма произведений по­глощенной дозы на взвешивающий коэффициент повреждающего действия каждого вида излучения с предварительным нахождением величины поглощенной дозы в массе щитовидной железы и рассчитывается (Рад. гиг., 1999, с.40, 62; Рук., 2001, с. 88,89) по формуле:

Н = D\*WR

1) Поглощенная доза в массе щитовидной железы составляет:

0,12Гр\*0,02 кг = 0,0024 Гр

2) Эквивалентная доза протонного излучения составляет:

0,0024\*5 = 0,012 Зв

3) Эквивалентная доза альфа-излучения составляет:

0,0024\*20 = 0,048 Зв

4) Эквивалентная доза общего излучения составляет:

0,012 + 0,048 = 0,06 Зв = 60 мЗв,

Эффективная доза облучения для щитовидной железы определяется как произведение эквивалентной дозы на взвешивающий коэффициент радиочувствительности ткани щитовидной железы

5) Эффективная доза облучения составляет:

Нэф = Н\* WT =60\*0,05 = 3 мЗв

что не превышает величину основного дозового предела согласно НРБ 99/2009 (20 мЗв-50 мЗв).

**Задача №2.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения легочной ткани органов дыхания весом в 0,5 кг при воздействии на нее любого фотонного излучения, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,05 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного дозового предела.

**РЕШЕНИЕ:** Эквивалентная доза определяется с предварительным нахождением величины поглощенной дозы по величине переходного коэффициента (Пивоваров, 1999, с. 236), ее уточнением в конкретной массе легочной ткани и учетом взвешивающего коэффициента фотонного (например, γ-излучения) излучения (Рук., 2001, с. 88). Эффективная доза облучения легочной ткани определяется как произведение эквивалентной дозы на взвешивающий коэффициент радиочувствительности легочной ткани (Рад. безопасность и защита, 1996, с. 22-23).

1) Поглощенная доза составляет:

D эксп.\*1,14 = 0,05 Кл/кг 1,14 = 0,057 Гр

2) Поглощенная доза в массе легочной ткани составляет:

0,057 . 0,5 кг = 0,0285 Гр

3) Эквивалентная доза составляет:

Нт = D\*WR =1\*0,0285 = 0,0285 Зв = 28,5 мЗв.

4) Эффективная доза облучения составляет:

Нэф = Н\* WT=28,5\*0,12 = 3,42 мЗв,

что не превышает показатель основного дозового предела для всего тела согласно НРБ 99/2009 (20 мЗв-50 мЗв).

**Задача №3.**

Определить эквивалентную дозу облучения кожи весом в 700 г при одновременном воздействии не нее протонного и бета-излучения, которые создают поглощенную дозу в 1,1 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**РЕШЕНИЕ:** Эквивалентная доза облучения определяется как сумма произведений поглощенной дозы на взвешивающий коэффициент повреждающего действия каждого вида излучения с предварительным нахождением величины поглощенной дозы в массе щитовидной железы и рассчитывается (Рад. гиг., 1999, с.40, 62; Рук., 2001, с. 88,89) по формуле:

Н = D\*WR

1) Поглощенная доза в массе кожи составляет:

1,1 Гр\*0,7 кг = 0,77 Гр

2) Эквивалентная доза протонного излучения составляет:

0,77\*5 = 3,85 Зв

3) Эквивалентная доза бетта-излучения составляет:

0,77\*1 = 0,77 Зв

4) Эквивалентная доза общего излучения составляет:

3,85 + 0,77 = 4,62 Зв = 462 мЗв

что не превышает показатель основного предела доз согласно НРБ 99/2009– эквивалентной дозы за год в коже 500 мЗв.

Решите следующие задачи:

**Задача №1.**

Определить эквивалентную и эффективную дозу облучения грудной железы весом в 300 г при одновременном воздействии не нее γ- и альфа - излучения, которые создают поглощенную дозу в 0,3 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №2.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения поджелудочной железы весом в 0,4 кг при воздействии на нее рентгеновского излучения, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,1 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №3.**

Определить эквивалентную дозу облучения кожи весом в 700 г при одновременном воздействии не нее протонного и бета-излучения, которые создают поглощенную дозу в 1,1 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №4.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения легочной ткани органов дыхания весом в 0,7 кг при воздействии на нее гамма-излуче­ния, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,7 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №5.**

Определить эквивалентную и эффективную дозу облучения костной ткани весом в 1200 г при одновременном воздействии не нее нейтронного (с энергией менее 10 кэВ) и альфа - излучения, которые создают поглощенную дозу в 0,04 Гр. Оценить по отношению к ве­личинам основного предела доз.

**Задача №6.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения правого предплечья весом в 700 г при воздействии на нее фотонного излуче­ния, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,03 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №7.**

Определить эквивалентную и эффективную дозу облучения мужских гонад весом в 50 г при одновременном воздействии не них нейтронного (с энергией от 10 кэВ до 100 кэВ) и гамма-излучения, которые создают поглощенную дозу в 0,02 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №8.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения печени весом в 0,8 кг при воздействии на нее фотонного излучения, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,4 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №9.**

Определить эквивалентную и эффективную дозу облучения толстого кишечника весом в 300 г при одновременном воздействии не него протонного и альфа - излучения, которые создают поглощенную дозу в 1,3 Гр. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.

**Задача №10.**

Рассчитать эквивалентную и эффективную дозу облучения легочной ткани весом в 1,2 кг при воздействии на нее рентгеновского излуче­ния, если экспозиционная доза этого излучения составляет 0,9 Кл/кг. Оценить по отношению к величинам основного предела доз.