

ЗАНЯТИЕ № 5 (Практическое). Часть 1.

Тема: Методы обнаружения и регистрации ионизирующих излучений.

Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.

1. Методы обнаружения и измерения ионизирующих излучений
2. Детекторы ионизирующих излучений
3. Ионизационного метода измерения ионизирующих излучений.
4. Принцип работы ионизационной камеры.
5. Принцип работы газоразрядных счетчиков.
6. Сцинтилляционный метод измерения ионизирующих излучений.
7. Характеристика неорганические сцинтилляторы. Преимущества и недостатки сцинтилляционных неорганических детекторов.
8. Характеристика органического сцинтиллятора.
9. Люминесцентный метод регистрации ионизирующих излучений.
10. На чем основан фотографический метод обнаружения ионизирующих излучений? Преимущества и недостатки фотографического метода обнаружения ионизирующих излучений.
11. Сущность химического метода регистрации ионизирующих излучений?
12. Принцип работы жидкостных химических детекторов.
13. Принцип работы химических детекторов на основе хлорзамещенных углеводородов.
14. Достоинства и недостатки химических методов регистрации ионизирующих излучений.
15. Характеристика полупроводникового детектора.

Краткое содержание темы.

В настоящее время существует достаточно много методов регистрации ионизирующих излучений. Выбор того или иного метода производится с учетом вида излучения и той информации, которую хотят получать: простое обнаружение излучения, измерение энергии частиц, определение активности и т. д. В соответствии с поставленными задачами выбирают тип измерительных приборов. Для измерения активности и плотности потоков ионизирующих излучений используют радиометры, для определения дозы излучений — дозиметры, для нахождения распределения излучения по определенным параметрам (энергии, заряду, массе) — спектрометры. Прибор для регистрации ионизирующих излучений состоит из чувствительного элемента — детектора (датчика) и измерительной

аппаратуры. В детектор входит вещество, с которым взаимодействуют частицы, и преобразователь эффектов взаимодействия в регистрируемые величины (импульсы, ток, химический осадок и т. д.), которые фиксируются измерительной аппаратурой.

В результате взаимодействия радиоактивного излучения с внешней средой происходит ионизация и возбуждение ее нейтральных атомов и молекул. Эти процессы изменяют физико-химические свойства облучаемой среды. Взяв за основу эти явления, для регистрации и измерения ионизирующих излучений используют **ионизационный, химический люминесцентный, фотографический и сцинтилляционный методы.**

Ионизационный метод. Сущность его заключается в том, что под воздействием ионизирующих излучений в среде (газовом объеме) происходит ионизация молекул, в результате чего электропроводность этой среды увеличивается. Если в нее поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, то между электродами возникает направленное движение ионов, т.е. Проходит так называемый ионизационный ток, который легко может быть измерен. Такие устройства называют детекторами излучений. В качестве детекторов в дозиметрических приборах используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики различных типов.

Ионизационный метод положен в основу работы таких дозиметрических приборов, как ДП-5А (Б,В), ДП-22В и ИД-1.

Измерители мощности дозы - рентгенометры.

Измерители мощности дозы (рентгенометры) ДП-5А, ДП-5Б и ДП-5В (рис. 1) являются основными дозиметрическими приборами для измерения уровней радиации (мощности дозы излучения) и радиоактивной зараженности различных предметов по **гамма-излучению.**

Основные части прибора — измерительный пульт и зонд, соединенный с пультом с помощью гибкого кабеля длиной 1,2 м. Кроме того, в комплект рентгенометра входят: телефон, удлинительная штанга, аккумуляторная колодка для подключения прибора к внешнему источнику постоянного тока, футляр с ремнями и контрольным препаратом (радиоактивным источником), запасное имущество.

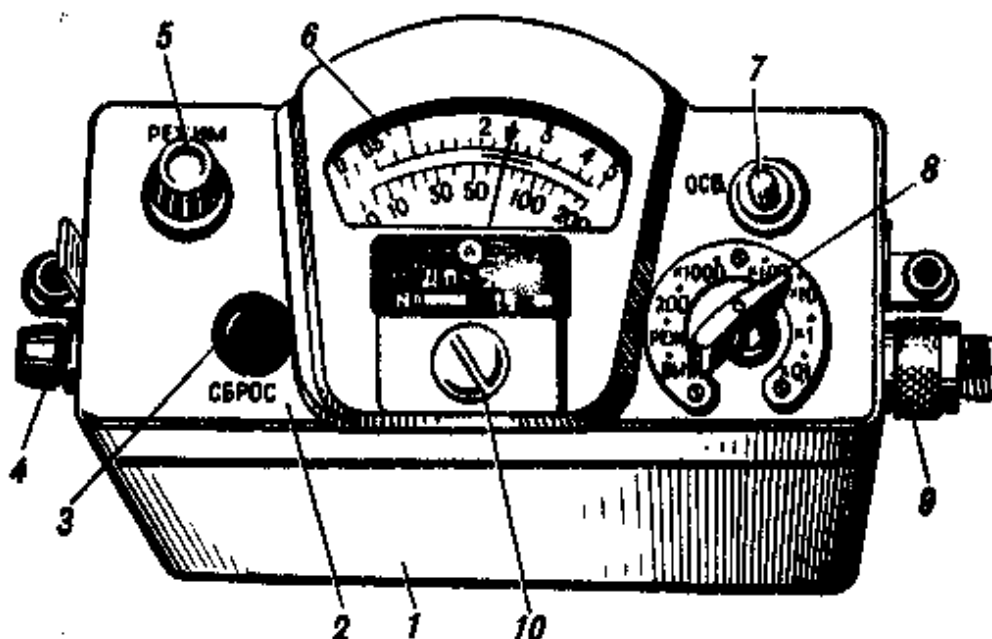


Рис. 1. Измерительный пульт рентгенометра дозиметра ДП-5 А: 1 — кожух; 2 — панель; 3 — кнопка сброса показаний микроамперметра; 4 — гнездо включения телефонов; 5 — ручка потенциометра регулировки режима работы; 6 — микроамперметр; 7 — тумблер подсвета шкал; 8 — переключатель поддиапазонов; 9 — разъемное соединение для подключения кабеля зонда; 10 — пробка корректора механической установки нуля

Диапазон измерений ДП-5А разбит на шесть поддиапазонов (табл. 1). На панели измерительного пульта размещаются (см. рис. 1): микроамперметр (6), переключатель поддиапазонов (8), ручка потенциометра регулировки режима работы (5), кнопка сброса показаний (3), тумблер подсвета шкал (7), гнездо включения телефонов (4).

Таблица 1

Диапазон измерений рентгенометра (дозиметр ДП-5А)

Поддиапазон	Положение ручки переключателя	Шкала	Единица измерения	Пределы измерений
I	200	0-200	Р/ч	5-200
II	x1000	0-5	мР/ч	500-5000
III	x100	0-5	мР/ч	50-500
IV	x10	0-5	мР/ч	5-50
V	x1	0-5	мР/ч	0,5-5
VI	x0,1	0-5	мР/ч	0,05-0,5

Зонд герметичен. В нем размещены два газоразрядных счетчика и другие элементы электрической схемы, имеется окно для индикации бета-излучения, заклеенное водостойкой пленкой, а также поворотный экран, который

фиксируется в двух положениях — «Б» и «Г» (ДП-5В — положения «Г», «Б», «К»).

Питается прибор от трех элементов, которые обеспечивают его непрерывную работу в течение 40 ч, или от посторонних источников постоянного тока напряжением 3,6 или 12 В. Масса прибора 2,1 кг. Подготовка прибора к работе. При подготовке прибора к работе нужно:

а) установить батареи питания или подключиться к постороннему источнику и проверить их эффективность. Для этого установить стрелку микроамперметра на ноль, ручку РЕЖИМ повернуть против хода часовой стрелки до упора, ручку переключателя поддиапазонов установить в положение ВЫКЛ., вскрыть отсек питания и подсоединить сухие элементы (подключиться к постороннему источнику с помощью переходной колодки), соблюдая при этом полярность. Затем включить прибор, поставив переключатель в положение РЕЖИМ, и, плавно вращая ручку РЕЖИМ по ходу часовой стрелки, установить стрелку микроамперметра на треугольную метку шкалы;

б) проверить работоспособность прибора по контрольному препарату. Для этого установить экран-головку зонда в положение «Б» (для ДП-5В — в положение «К») и поднести его к радиоактивному источнику, предварительно открыв его, вращая защитную пластинку вокруг оси. Для ДП-5В этого делать не следует, так как радиоактивный источник размещен в металлическом экране. Затем, подключив телефон, переключатель последовательно устанавливают в положения: $\times 1000$, $\times 100$, $\times 10$, $\times 1$, $\times 0,1$. При этом на первых поддиапазонах ($\times 1000$, $\times 100$) в телефоне должны прослушиваться щелчки, на поддиапазоне $\times 10$ звук зуммера и стрелка прибора отклонится примерно до середины шкалы, а на поддиапазонах $\times 1$ и $\times 0,1$ при громком звучании зуммера стрелка выходит за середину и пределы шкалы.

Измерение уровней радиации. Измерение уровней радиации на местности производится по шкале 0 — 5 (при уровнях радиации до 5 Р/ч) при положении переключателя $\times 1000$, а при более высоких уровнях — по шкале 0 — 200 при положении переключателя 200. Пульт прибора с зондом должен находиться на уровне груди.

Определение степени заражения кожных покровов людей, одежды, техники, транспорта, продовольствия, воды и различных предметов производят на поддиапазонах $\times 1000$, $\times 100$, $\times 10$, $\times 1$, $\times 0,1$, снимая показания по верхней шкале (0 — 5) прибора и умножая их на коэффициент, соответствующий положению переключателя поддиапазонов. Так, если при измерении степени заражения кожного покрова человека показания по верхней шкале прибора

составят 2,5 мР/ч, а переключатель поддиапазонов находится в положении х10, степень заражения составит 25 мР/ч. Перед измерениями степени заражения рентгенометром определяют величину гамма-фона. Для этого измеряют уровни радиации на расстоянии 15 — 20 м от зараженного объекта.

Затем зонд прибора подносят к поверхности зараженного объекта и перемещением вдоль нее по частоте щелчков в телефонах отыскивают наиболее зараженный участок. Зонд устанавливают на высоте 1 — 1,5 см над местом максимального заражения, переключатель ставят в положение, при котором стрелка прибора дает показания в пределах шкалы, и снимают показания. Из полученных показаний вычитают значения гамма-фона. Например, если при измерении величина гамма-фона составит 200 мР/ч, а величина показаний при обследовании объекта составила 250 мР/ч, то степень зараженности объекта составит 50 мР/ч. Устройство приборов ДП-5Б и ДП-5В и работа с ними имеют некоторые отличия, облегчающие их применение.

Уход за приборами. Дозиметрические приборы должны храниться в помещениях, температура воздуха в которых поддерживается от 10 до 25 °С, относительная влажность — от 50 до 60%. Они размещаются в шкафах на полках.

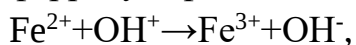
При хранении приборов более десяти суток источники питания необходимо отключить, вынуть из приборов и хранить отдельно в сухом прохладном и затемненном помещении.

При эксплуатации дозиметра необходимо обращаться с ними осторожно и правильно использовать. Нельзя, например, подвергать дозиметр длительному воздействию прямых солнечных лучей, дождя или снега, следует защищать дозиметр от грязи и пыли, от ударов и сотрясений, при перевозках в автомобилях не ставить на дно кузова. Запрещается вскрывать контрольные радиоактивные препараты, прикасаться к их поверхности голой рукой.

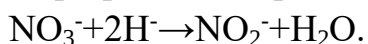
Химический метод. Его сущность состоит в том, что молекулы некоторых веществ в результате воздействия ионизирующих излучений распадаются, образуя новые химические соединения. Количество вновь образованных химических веществ можно определить различными способами. Наиболее удобным для этого является способ, основанный на изменении плотности окраски реактива, с которым вновь образованное химическое соединение вступает в реакцию.

На этом методе основан принцип работы химического дозиметра гамма- и нейтронного излучения ДП-70 МП.

При действии излучений на воду образуются свободные радикалы H^+ и OH^+ . Продукты радиолиза воды могут взаимодействовать с растворенными в ней веществами, вызывая различные окислительно-восстановительные реакции, сопровождающиеся изменением цвета индикатора (например, реактива Грисса для нитратного метода). В частности, в основе работы ферросульфатного дозиметра лежит реакция:



а при работе нитратного дозиметра



Приборы контроля радиоактивного облучения предназначены для измерения дозы внешнего облучения людей, находящихся на местности, зараженной радиоактивными веществами.

Дозиметр во время работы носят в кармане одежды в вертикальном положении (как авторучку). Периодически наблюдая в окуляр дозиметра за положением нити на шкале, определяют дозу облучения, полученную во время работы на зараженной местности. Отсчет производится при вертикальном положении нити.

Коллективный и индивидуальный контроль облучения. Контроль радиоактивного облучения производится индивидуальным и групповым методом. При индивидуальном методе дозиметры получают командиры формирований, а также разведчики, водители машин и другие лица, выполняющие задачи отдельно от своих формирований. Групповой метод контроля применяется для остального личного состава формирований и населения. В этом случае индивидуальные дозиметры выдают одному-двум лицам из одного звена, группы или людям, находящимся в одном помещении, укрытии. Зарегистрированная доза засчитывается каждому как индивидуальная.

Одним из вариантов химического метода является **фотографический метод**. В его основе лежит восстановление атомов металлического серебра из галоидной соли под влиянием излучений. Плотность почернения фотопленки после проявления зависит от дозы излучения. Данный метод часто используется в приборах контроля профессионального облучения.

Фотографический метод основан на свойстве ионизирующих излучений воздействовать на чувствительный слой фотоматериалов аналогично видимому свету. Для этого применяют рентгеновские пленки, представляющие собой чувствительную эмульсию, нанесенную с одной или с двух сторон на целлулоидную подложку. В состав чувствительной эмульсии входит бромистое или хлористое серебро, равномерно распределенное в слое желатина. При воздействии ионизирующих излучений на чувствительную

эмульсию образуется скрытое изображение: на поверхности зерен AgCl или AgBr происходит возникновение «центров проявления» - атомов металлического серебра. Проявление скрытого изображения заключается в восстановлении металлического серебра в зернах, содержащих центры проявления. После фиксации и промывки фотопленки на ней отмечается почернение.

К числу достоинств данного метода следует отнести:

- 1) возможность массового применения для индивидуального контроля доз, документальность регистрации полученной дозы;
- 2) совместную и раздельную регистрацию дозы от бета- и гамма-излучений;
- 3) регистрацию дозы нейтронного излучения;
- 4) невосприимчивость к резкому изменению температур.

Сцинтилляционный метод. Этот метод основывается на том, что некоторые вещества (сернистый цинк, йодистый натрий, вольфрамат кальция) светятся при воздействии на них ионизирующих излучений. Возникновение свечения является следствием возбуждения атомов под воздействием излучений: при возвращении в основное состояние атомы испускают фотоны видимого света различной яркости (сцинтилляции). Фотоны видимого света улавливаются специальным прибором – так называемым фотоэлектронным умножителем, способным регистрировать каждую вспышку.

В основу работы индивидуального измерителя дозы ИД-11 положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений.

Современные сцинтилляционные счетчики подразделяют на счетчики с **твердым** и **жидким** сцинтилляторами. Жидкостно-сцинтилляционные счетчики предназначены для регистрации бета-излучения низкой энергии. Для регистрации гамма-излучения удобно использовать твердые сцинтилляторы.

Жидкие сцинтилляторы — это растворы, содержащие соединения, способные флуоресцировать под действием ионизирующей радиации. Наиболее широко в качестве такого соединения используют 2,5-дифенилоксазол (ППО). Радиоактивное соединение вводят в сцинтиллятор, что обеспечивает наибольший его контакт с флуоресцирующим веществом.

В качестве твердых сцинтилляторов чаще всего используют кристалл йодистого натрия, которому придают форму колодца. Под действием излучения молекулы кристаллической решетки подвергаются ионизации и возбуждению, сопровождающемуся световой вспышкой. Интенсивность вспышки зависит от энергии излучения. Световые вспышки фиксируются фотоумножителем, который превращает их в электрические импульсы.

Амплитуда этих импульсов пропорциональна интенсивности вспышек, а следовательно, энергии излучения, вызывающего эти вспышки.

Большинство жидких сцинтилляторов, применяемых в настоящее время, приготовлено на основе толуола или диоксана. Толуоловые сцинтилляторы имеют более высокую эффективность регистрации низкоэнергетического бета-излучения. Однако водные образцы в толуоловых сцинтилляторах измерять неудобно из-за малой растворимости воды в толуоле и сильного тушения сцинтилляторов, которое вызвано введением воды.

В качестве растворителя в сцинтилляционных смесях, предназначенных для измерения водных образцов, чаще применяют диоксан. В диоксане можно растворить большое количество воды (до 30%). Основными компонентами любого сцинтилляционного счетчика являются сцинтиллятор, фотоумножитель, логарифмический усилитель электрических импульсов, электронная система анализа и регистрация (рис. 1).

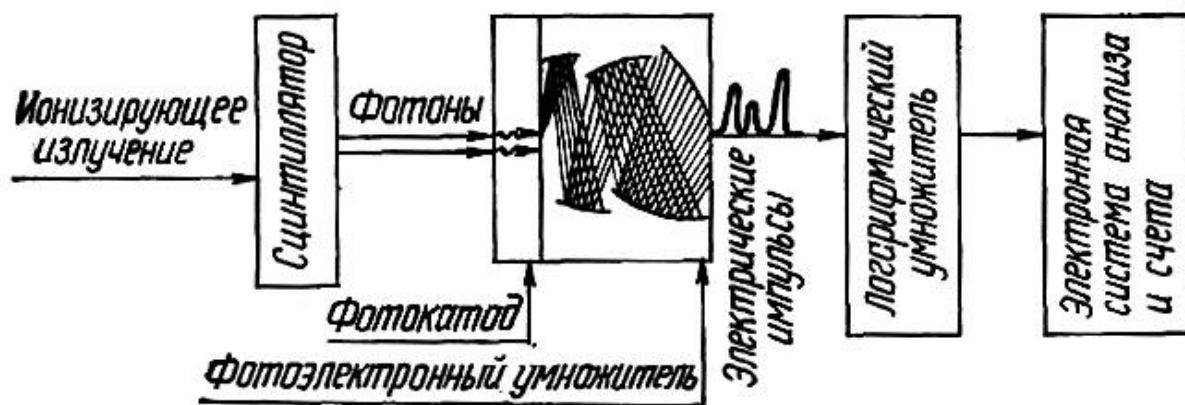


Рис. 1. Принцип устройства сцинтилляционного датчика

Процессы, протекающие в детекторе, можно условно разделить на пять промежуточных стадий:

- 1) поглощение энергии частицы в сцинтилляторе;
- 2) возбуждение атомов и молекул сцинтиллятора за счет поглощенной в нем энергии частицы и испускание квантов видимого света - фотонов;
- 3) бомбардировка катода ФЭУ фотонами, испускаемыми сцинтиллятором;
- 4) поглощение фотонов в катоде и испускание им фотоэлектронов;
- 5) умножение электронов системой динодов ФЭУ и сбор электронов на аноде.

С целью исключения импульсов, соответствующих фону фотоумножителей, сцинтилляции детектируются не одним, а двумя фотоумножителями, соединенными в электронной схеме совпадения, что позволяет почти полностью исключить импульсы, соответствующие фону фотоэлектронного умножителя.

Основные источники фона сцинтилляционных счетчиков.

1. Внешнее излучение (космическое и излучение от источников в помещении лаборатории). Внешний фон в значительной степени ослабляется защитой и дискриминацией импульсов с большой амплитудой.
2. Внутреннее излучение, обусловленное загрязненностью радиоактивными изотопами материалов защиты с самого счетчика, а также присутствием в воздухе эманации радия и тория.
3. Случайные совпадения между двумя фотоэлектрическими умножителями оптической обратной связи (свечение остаточных газов, люминесценция стекла колб ФЭУ или динодов).
4. Случайные совпадения из-за термозумов фотоэлектрического умножителя и конечного разрешающего времени схемы совпадений.

Для уменьшения фона используют материалы, содержащие минимальное количество радиоактивных изотопов. Для каждого изотопа характерно непрерывное распределение энергии спектра, максимум которого является специфической характеристикой данного изотопа. Современные сцинтилляционные счетчики настроены таким образом, чтобы фиксировать импульсы в узком диапазоне амплитуд. Это позволяет уменьшить влияние других изотопов и фонового излучения на определение активности нужного изотопа путем амплитудного анализа. При установке окна счетчика таким образом, чтобы регистрировались только импульсы, энергия которых лежит в интервале $x—y$, будут просчитываться основная часть излучения изотопа А и незначительная часть излучения изотопа Б.

Определение гамма-излучения — более простая операция, чем определение бета-излучения методом жидкостной сцинтилляции. Оно не требует подготовки образцов, что позволяет экономить время и реактивы, а также сокращается время измерения за счет более высокой удельной их активности, чем бета-радиоактивных изотопов.

Люминесцентный метод основан на накапливании части энергии поглощенного ионизирующего излучения люминофором и отдачи его в виде светового свечения после дополнительного воздействия ультрафиолетовым излучением, видимым светом (радиофотолюминесценция) или его тепловым нагревом (термолюминесценция).

Радиофотолюминесценция. Под воздействием излучения в люминофоре (щелочно-галогидных соединениях типа LiF, NaI, фосфатных стекол, активированных серебром) создаются центры фотолюминесценции, содержащие атомы и ионы серебра. Последующее освещение люминофоров ультрафиолетовым светом вызывает видимую люминесценцию.

Термолюминесценция. Люминесценция, возникающая при нагревании вещества. Наблюдается у многих минералов, некоторых стекол,

неорганических и органических люминофоров. При нагревании люминофора электроны, захваченные ловушками, освобождаются и происходит рекомбинация их с ионизированными при возбуждении центрами люминесценции.

Полупроводниковые детекторы (ППД) ионизирующих излучений представляют собой твердотельную ионизационную камеру, в которой роль носителей электрического заряда выполняют электроны и так называемые дырки. Электрон, выбитый из зоны проводимости, обладает очень большой энергией, которой достаточно для проведения ионизации многих других атомов полупроводника, что приводит к увеличению концентрации электронов, дырок и, следовательно, к увеличению проводимости полупроводника. Действие ППД основано на свойствах полупроводников проводить электрический импульс под действием ионизирующих излучений. Следует заметить, что увеличение температуры, освещенности и радиационного облучения полупроводника приводят к увеличению его проводимости. Поэтому при использовании полупроводниковых датчиков для измерения одной из трех перечисленных величин стремятся уменьшить или хотя бы стабилизировать влияние двух других. Чувствительные полупроводниковые датчики охлаждают до температуры порядка 200 К и ниже, чтобы уменьшить влияние проводимости, обусловленной возбуждением электронов, и увеличить чувствительность к слабым потокам излучения. Если такой датчик не охлаждать, то малое число носителей заряда, образовавшееся в нем из-за воздействия излучения, будет незаметным на фоне большого числа носителей заряда, образовавшихся при воздействии ионизирующего излучения. Из всех полупроводников наиболее пригодны для детекторов монокристаллы германия и кремния.

Существует много признаков, по которым можно классифицировать детекторы и аппаратуру, используемую в области радиационной безопасности. В связи с широким использованием источников ионизирующих излучений в народном хозяйстве страны отечественная промышленность выпускает приборы для радиационного контроля различного назначения: индикаторы, радиометры, дозиметры, спектрометры и комбинационную аппаратуру. При этом необходимо отметить следующие положения:

- для регистрации ионизирующих излучений не существует универсальных методов и приборов, применимых в каких угодно условиях;
- каждый метод и прибор должен иметь свою область применения;

- использование конкретного метода и прибора за пределами этой области может привести к грубым, недопустимым ошибкам при измерении активности радионуклидов и доз ионизирующих излучений

Практическая часть занятия.

Ознакомиться с инструкцией по работе бытовых дозиметров.

«Белла» – индикатор внешнего гамма-излучения. Оперативно оценивает радиационную обстановку в бытовых условиях, определяет уровень мощности эквивалентной дозы гамма-излучения. Диапазон измерения мощности прибора составляет 0.20 - 99,99 мкЗв/ч; основная погрешность измерения - 30%; время измерения - 45 с.

Органы управления прибора табло, индикаторы, крышка отсека батарейного питания расположены на боковой части корпуса и передней панели. На верхней боковой поверхности расположены лампочка индикатора напряжения элемента питания и кнопка КОНТР. ПИТАНИЯ. Прибор имеет два режима работы. В режиме ПОИСК прибор служит для грубой оценки радиационной обстановки: прибор ведёт счёт импульсов от счетчика прибора и подает звуковые сигналы. В режиме ИЗМЕРЕНИЯ мощности эквивалентной дозы прибор считает импульсы от счётчика прибора. По окончании счета, время которого определяется внутренним таймером, на цифровом табло индуцируется число, соответствующее мощности эквивалентной дозы γ -излучения в мкЗв/ч.

Бета-гамма радиометр «Сосна» предназначен для индивидуального контроля населением радиационной обстановки. Позволяет осуществлять в бытовых условиях индивидуальный радиационный контроль окружающей среды:

- измеряет мощность эквивалентной дозы гамма-излучения;
- плотность потока β -излучения с загрязненных радионуклидами поверхностей;
- удельную активность β -излучений радионуклидов в веществах (продуктах, кормах).

Измерение можно производить как в районах с естественным радиационным фоном, так и в районах, загрязненных долгоживущими нуклидами, а также в местах размещения радиационно-опасных объектов и на объектах народного хозяйства, где используются источники γ -излучения.

Диапазоны измерений: мощности экспозиционной дозы - 0.01-9,99 мР/ч; измерения плотности потока β -излучения - 10-5000 част/см² мин; измерения объемной активности растворов (по изотопу Cs-137) = 10^{-7} - 10^{-6} Ки/л. Время измерения - 20 ± 5 с.

Корпус прибора состоит из 2-х частей, соединенных между собой винтами. В *верхней части* на лицевой панели расположены органы управления и индикации, отсек элемента питания с крышкой. Внутри верхней части корпуса размещены 2 печатные платы. В *нижней части* корпуса расположена плата с установленными на ней счетчиками излучений. К нижней части корпуса крепится поворотная задняя крышка, являющаяся экранирующим фильтром. Между датчиками и задней крышкой установлена тонкая пленочная прокладка.

При установке переключателя режимов работы в положение "МД", в приборе работает внутренний таймер, который через заданное время прекращает счёт импульсов. Импульсы возникают при попадании ионизирующих частиц в рабочие объёмы счетчиков.

При установке переключателя режимов работы в положение "Т", таймер прибора не работает. Время счета импульсов контролируется по часам. На цифровом табло индуцируется количество импульсов на заданный период времени.

Схема сигнализации выдает звуковой сигнал по окончании времени измерения, если переключатель режима работы находится в положении "МД" и короткий звуковой сигнал при прохождении каждого десятого импульса, если переключатель режима работы находится в положении "Т".

3.5.1. Проверка работоспособности приборов «Белла» Включить прибор: выключатель питания переведите в положение "ВКЛ". Включение прибора должно сопровождаться коротким звуковым сигналом. Постоянный звуковой сигнал требует установить новый элемент питания.

Если переключатель режима работы находится в положении "МД" или в положении "Т", то на цифровом табло должно появиться 0.000, либо - 0. 0. 0. 0.

«Сосна» Проверить исправность электронной пересчетной схемы и таймера прибора. Перевести переключатель режима работы в положение "МД", нажать кнопку "КОНТР" и удерживать ее в нажатом состоянии до конца проведения контрольной проверки, а затем кратковременно нажать кнопку "ПУСК". На цифровом табло должны появиться три точки между цифровыми знаками и начаться отсчет чисел. Через 20 ± 5 с отсчет чисел заканчивается, звучит короткий звуковой сигналом, а на табло появится число. Например, 1.024.

После окончания отсчета отпустить кнопку "КОНТР". Если полученное число отличается от 1.024, то прибор считается неисправным.

Проверить исправность преобразователя напряжения и счетчиков. Установить переключатель режима работы в положение "МД" и нажать

кнопку "ПУСК". После окончания измерения на табло должно появиться число, по величине близкое к естественному фону гамма-излучения, но не меньше 0.005. В противном случае прибор считается неисправным.

ВНИМАНИЕ! Приборы включать только перед непосредственным измерением. В остальное время приборы должны быть выключены. Необходимо оберегать приборы от ударов и механических повреждений. Особую осторожность соблюдать при замерах с открытой задней крышкой, чтобы не повредить тонкую защитную пленку, закрывающую счетчики прибора.

3.5.2. Подготовка приборов к работе. Перед включением прибора ВНИМАТЕЛЬНО ознакомьтесь с устройством приборов, руководством по их эксплуатации, с порядком подготовки к работе.

1. Включить прибор «Белла». На цифровом табло высвечиваются нули и точки после каждого разряда - 0. 0. 0. 0. Измерение мощности эквивалентной дозы длится 40 с. Затем точки исчезнут, и останется только одна, фиксирующая показания в мкЗв/ч, например, - 0,15. Показания на табло будут сохраняться в течение 40 с, после чего они автоматически сбросятся, и начнется следующее измерение. Измерение можно начать, не дожидаясь 40 с. Для этого необходимо нажать кнопку КОНТР. ПИТАНИЯ.

2. «Сосна». Проверить, выключен ли прибор, закрыта ли задняя крышка прибора. Перевести переключатель режима работы в положение "МД". Включить прибор. Нажать кнопку "ПУСК", на цифровом табло должны появиться точки после каждого разряда 0.0.0.0. и начаться счет импульсов. Через 20 ± 5 с измерение закончится, что сопровождается звуковым сигналом, а на цифровом табло фиксируется число с одной точкой, например, 0.012.

Это показание прибора и будет соответствовать мощности экспозиционной дозы γ -излучения, измеренной в мР/ч. Измерения провести 5 раз. Полученные значения записать в табл. 2.6. Рассчитать среднее значение. Перевести среднее значение в мкР/ч. Перевести полученное значение мкЗв/ч на приборе Белла в мкР/ч. Для этого следует вспомнить (лабораторная работа № 1), что для γ -излучения $1 \text{ Зв} = 114,5 \text{ Р}$. Сделать вывод о соответствии полученного значения мощности экспозиционной дозы естественному фону. Сравнить величину естественного фона, полученного на приборах «БЕЛЛА» и «СОСНА».

Таблица 2.6.

Измеренная мощность дозы

Прибор	Число измерений						
	1	2	3	4	5	Среднее значение показаний	Среднее значение замеренной
Белла (мощность)							
Сосна (мощность)							

По результатам измерений сделать заключение об уровне естественного радиационного фона в данной аудитории.

3.5.3. Измерение плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей. Проверить, закрыта ли задняя крышка прибора.

1. Перевести переключатель режима работы в положение "МД".
2. Положить прибор плоскостью закрытой задней крышки на исследуемую поверхность.
3. Включить прибор. Нажать кнопку ПУСК.
4. Показания прибора (число импульсов γ -излучения N_γ) занести в табл. 2.7. Измерения провести не менее 3-х раз. Осторожно открыть заднюю крышку прибора.
5. Выполнить измерение с открытой задней крышкой аналогично пункту 3. Показание прибора (суммарное число импульсов γ - + β -излучения и отдельно - N_γ) занести в табл. 2.7. Измерения провести не менее 3-х раз.
6. Выключить прибор.
7. Закрыть заднюю крышку прибора.
8. Рассчитать средние значения для N_γ и $N_{\gamma+\beta}$. Данные занести в табл. 2.7.
9. Вычислить величину плотности потока β -излучения с поверхности по формуле:

$$q = K_s \cdot (N_{\gamma+\beta} \text{ ср} - N_\gamma \text{ ср.}), \text{ част./}(\text{см}^2 \cdot \text{мин}),$$

где $N_{\gamma+\beta} \text{ ср}$ и $N_\gamma \text{ ср.}$ - средние значения показаний прибора с открытой и закрытой задней крышкой (число импульсов соответствует числу радиоактивных распадов в исследуемом веществе). Коэффициент счета прибора K_s равен $0.5 \text{ част./}(\text{см}^2 \cdot \text{мин} \cdot \text{имп.})$.

Значения числа импульсов подставляются в формулу без учета точки на табло. Например, если показания на табло 0,040, то в формулу необходимо

подставить значение 40. Полученные значения плотности β -потока исследуемой поверхности сравнить с допустимыми по табл. 2.5.

3.5.4. Оценка удельной активности радионуклидов в пробах.

1. Взять чисто вымытую сухую кювету.
2. Установить переключатель режима работы в положение "Т".
3. Открыть заднюю крышку прибора.
4. Включить прибор.
5. Подготовить часы или секундомер для фиксации времени измерения.

Таблица 2.7.

Исследуемая	Показание табло (имп.)				Среднее значение	Плотность потока исследуемой
	N_{γ}					
	$N_{\gamma+\beta}$					
	N_{γ}					
	$N_{\gamma+\beta}$					
	N_{γ}					
	$N_{\gamma+\beta}$					

6. Установить прибор на пустую кювету и выполнить измерение исследуемого вещества. Время измерения $t = 10$ мин. Показания прибора N_{ϕ} занести в табл. 2.8.

7. Установить прибор на кювету с исследуемым веществом.

8. Нажать кнопку "ПУСК". Провести исследования аналогично пункту 6. Через $t = 10 \text{ мин} \pm 5 \text{ с}$ нажать кнопку "СТОП". Показания прибора ($N_{\phi} + n$) занести в табл. 2.8.

9. Выключить прибор. Снять его с кюветы и закрыть заднюю крышку.

Таблица 2.8.

Исследуемая проба	Длительность измерения	Показание прибора	Длительность измерения	Показание прибора	Удельная активность

ПРИМЕЧАНИЕ. В таблицу 2.8 показания прибора записываются без учета знака, например, показание 0,525 записывают в таблице как 525. Если показания прибора более 1500 имп., то необходимо заменить кювету и повторить измерения.

10. Произвести оценку величины объемной активности радионуклидов в пробе по формуле:

$$A = K_n(N_{\phi} + n_{\text{пр.}}/t_2 - N_{\phi}/t_1) \cdot B_k / K_{\text{и}},$$

где K_n - коэффициент прибора, равен 300 при размерности Бк мин/ (кг имп.), или $8 \cdot 10^{-9}$ Ки мин/(кг имп.).

11. Полученное значение активности пищевого продукта сравнить с РДУ – 2001 (см табл. 4.2, стр. 78). Сделать вывод о пригодности использования исследуемого образца.

Все расчёты следует производить с точностью до второго знака.

ЗАНЯТИЕ № 5 (Практическое). Часть 2.

Тема: Радиационный контроль. Средства измерений, применяемые в радиационной гигиене.

Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.

1. Радиационный контроль, его основные задачи.
2. Виды радиационного контроля.
3. Система дозиметрических величин.
4. Контролируемые радиационные параметры и классификация аппаратуры радиационного контроля.
5. Виды приборов для измерения ионизирующего излучения.
6. Приборы, системы и средства радиационного контроля.
7. Системы радиационного экологического мониторинга окружающей среды.
8. Приборы дозиметрического контроля населения.
9. Применение приборов, систем и средств радиационного контроля для наблюдения за радиационной обстановкой.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЯ.

Технологическая карта занятия.

№	Этап занятия	Время
1	Проверка посещаемости. Общий инструктаж по теме занятия и работе с методическими указаниями.	10 мин
2	Контроль уровня усвоения теоретического материала.	35 мин
3	Перерыв	10 мин
4	Общий инструктаж по практикуму и самоконтролю. Выполнение практической части занятия.	45 мин
5	Перерыв.	10 мин
6	Самоконтроль уровня усвоения материала, оформление протокола.	40 мин
7	Перерыв.	5 мин
8	Проверка протокола, резюме преподавателя, задание на следующее занятие.	25мин

Материалы и оборудование

Средства обучения	Таблицы (презентационный материал)
--------------------------	---

Учебно-методическое пособие	«Радиация и ЖИЗНЬ. Фильм 1: Воздействие на человека.» Леннаучфильм 1992 ПТО "ВЫБОР". Российский институт радиационной гигиены / http://youtu.be/MZQcHRA40xg
-----------------------------	---

Краткое содержание темы.

1. Радиационный контроль, его основные задачи.

Для оценки и прогнозирования радиационной обстановки и принятия на их основе решений по защите от воздействия излучения необходима как можно более полная информация о радиационных параметрах, характеризующих радиационную обстановку. Одним из основных путей получения такой информации является организация эффективной системы радиационного контроля (РК).

Радиационный контроль (РК) – получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Основной задачей радиационного контроля является предупреждение вредного воздействия радиации на организм человека и животных, а также различные объекты природной среды (почву, воду, воздух, растения и т.д.). Имеется в виду неукоснительное (регламентируемое) выполнение санитарно-гигиенических правил и норм, а также радиационной безопасности при:

- размещении объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения объектов природной среды радиоактивными веществами;
- использовании ядерных взрывов в научных и производственных целях;
- удалении и обезвреживании радиоактивных отходов;
- определении допустимых уровней содержания радиоактивных веществ в объектах природной среды и организме человека, а также пределов доз излучения для отдельных лиц и всего населения.

Контроль, как таковой, предполагает два важных мероприятия, выполнение которых регламентирует безопасные условия проживания человека и обитание животного мира: осуществление предупредительного надзора и текущего контроля.

Предупредительный надзор проводится при проектировании и строительстве различных объектов, являющихся потенциальными источниками облучения человека, а текущий контроль - в период их эксплуатации. Подходы в их реализации различны, но цель одна - предупреждение отрицательного

воздействия радиационного облучения на человека и животных и загрязнения природной среды радиоактивными веществами.

При текущем контроле выполняются четыре основных задачи:

- 1) контроль за производственными отходами предприятий и учреждений, добывающих, производящих или же использующих радиоактивные материалы;
- 2) контроль за содержанием радиоактивных веществ в объектах природной среды (воздух, почва, вода, пищевые продукты, исходное растительное сырье) с последующим выявлением основных путей их воздействия на человека и сельскохозяйственных животных (ингаляционный, пероральный);
- 3) определение доз радиоактивного облучения населения (внешнего, внутреннего);
- 4) оценка радиационной обстановки в масштабах области, региона и на территории всей страны с целью информации органов гражданской обороны и других государственных служб.

2. Виды радиационного контроля.

Контроль дозиметрический – измерение мощности дозы излучений в местах производственной деятельности человека, определение эффективных или эквивалентных индивидуальных и коллективных доз от различных источников ИИ.

Контроль радиометрический – прямое или расчетное определение содержания радионуклидов в воздухе, в воде, в пищевых продуктах, в теле, отдельных тканях человека, на поверхности кожи, одежды, на других поверхностях и в средах, измерение флюенса ИИ. Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками излучения, кроме случаев, когда индивидуальная годовая эффективная доза не более 10 мкЗв, эквивалентная доза в коже не более 50 мЗв и в хрусталике не более 15 мЗв.

Выделяют три основных вида дозиметрического контроля:

- **текущий контроль**, который заключается в определении индивидуальной дозы работника в нормальных условиях эксплуатации источника ИИ;
 - **оперативный контроль** – определение индивидуальной дозы при выполнении запланированных работ по дозиметрическим нарядам, связанных с возможным повышенным облучением, включая работы по ликвидации последствий радиационных аварий;
 - **аварийный контроль** – определение больших доз облучения работника в случае радиационной аварии, т.е. при выходе источника ИИ из-под контроля.
- Для контроля **профессионального облучения** применяют два способа контроля:

- **групповой дозиметрический контроль (ГДК)**, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении с учетом времени пребывания персонала в этом помещении;
- **индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК)**, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника, либо индивидуального поступления радионуклидов в организм каждого работника.

Индивидуальный контроль за облучением включает:

- радиометрический контроль за загрязненностью кожных покровов и средств защиты;
- контроль за поступлением р/а веществ в организм;
- контроль за дозами внешнего бета-, гамма- и рентгеновского и нейтронного излучений с использованием индивидуальных дозиметров. Указанные виды дозиметрического контроля используются при внешнем и внутреннем облучении персонала.

Под **внешним облучением** понимается облучение органов и тканей человека в результате воздействия излучения, падающего на тело извне.

При **внутреннем облучении** происходит облучение органов и тканей в результате поступления радионуклидов в организм человека. Методы и средства контроля внешнего и внутреннего облучения существенно различаются, поэтому они рассматриваются отдельно друг от друга.

Кроме отмеченных видов дозиметрического контроля для обеспечения радиационной безопасности проводится **контроль радиационной обстановки**, который заключается в определении уровней полей излучений, загрязнений различных сред радионуклидами, и используются счетчики излучения человека.

3. Система дозиметрических величин.

В настоящее время сформирована система дозиметрических величин, которые применяются при проведении радиационного контроля и оценке вредного действия ИИ. Основу этой системы составляют следующие величины.

Физические величины, которые являются характеристиками источников и полей ИИ и их взаимодействия с веществом. К ним относятся плотность потока или флюенс частиц, активность, поглощенная доза и др. Эти величины являются измеряемыми с помощью различных приборов физическими параметрами поля ИИ.

Нормируемые величины, характеризующие меру ущерба (вреда) от воздействия излучения на человек. Эти величины используются для радиационного нормирования облучения людей и опираются на гипотезу беспорогового действия ИИ при малых дозах. В качестве таких величин используются эффективная доза, эквивалентная доза облучения органа или ткани. Нормируемые величины экспериментально не измеряются и определяются расчетным путем.

Операционные величины, которые определяются через физические характеристики поля излучения в точке. Эти величины измеряются с помощью дозиметрических и радиометрических приборов при проведении радиационного контроля и служат для консервативной оценки нормируемых величин. К таким величинам относятся эквивалент дозы (амбиентный и индивидуальный) на глубине ткани d для внешнего облучения. Параметр d характеризует соответствие операционной и нормируемой величины. При d , равном 10 мм, операционная величина соответствует эффективной дозе; при d , равной 3 и 0,07 мм, она соответствует эквивалентной дозе облучения хрусталика и кожи соответственно.

Кроме перечисленных дозиметрических величин в радиационном контроле используются широко применявшиеся ранее величины, такие, как **экспозиционная доза** для оценки поля фотонного излучения и керма как мера взаимодействия косвенно ионизирующего излучения с веществом. Использование экспозиционной дозы в основном связано с наличием и использованием до настоящего времени большого числа приборов, предназначенных для измерения этой величины.

Рассмотренные выше дозиметрические величины используются для внешнего облучения. Для оценки доз *внутреннего облучения* введены **специальные дозиметрические величины**:

- ожидаемая эквивалентная доза в органе или ткани, которая является аналогом одноименной величины для внешнего облучения и представляет собой дозу за время, прошедшее после поступления p/a веществ в организм;
- ожидаемая эффективная доза — аналог эффективной дозы для внешнего облучения и используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела и отдельных органов и тканей.

Термин **ожидаемая** характеризует специфику формирования дозы при внутреннем облучении, которая связана с длительным процессом облучения органов после поступления радиоактивного вещества в организм. Непосредственно измерить дозу внутреннего облучения невозможно и она оценивается по результатам измерения поступления радиоактивных веществ в организм человека с последующим расчетом доз внутреннего облучения с

использованием дозиметрических моделей поведения р/а веществ в теле человека.

4. Контролируемые радиационные параметры и классификация аппаратуры радиационного контроля.

Как было сказано выше, задачей радиационного контроля является получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей. При этом радиационная обстановка и уровни облучения людей характеризуются определенными параметрами, которые подлежат контролю — так называемыми **контролируемыми радиационными параметрами**.

Контролируемый радиационный параметр — физическая величина, характеризующая источник или поле ИИ или взаимодействие ИИ с веществом.

Контролируемые радиационные параметры устанавливаются на основе принятой системы дозиметрических величин, рассмотренной выше.

Основными контролируемым параметрами при проведении РК для целей радиационной безопасности являются:

- годовая эффективная и эквивалентная дозы;
- поступление и содержание радионуклидов в организме;
- объемная или удельная активность радионуклидов в воздухе, воде, продуктах питания и др.;
- р/а загрязнение кожных покровов, одежды, рабочих поверхностей и т. д.;
- доза и мощность дозы внешнего излучения;
- плотность потока частиц и фотонов.

Значения контролируемых радиационных параметров определяются с помощью аппаратуры контроля радиационной обстановки, которая классифицируется по различным признакам: по измеряемому радиационному параметру, по виду регистрируемого излучения, по способу регистрации и т. п.

По контролируемому радиационному параметру она делится на аппаратуру для контроля:

- эквивалентной (экспозиционной) дозы, эквивалента амбиентной и индивидуальной доз и их мощностей;
- плотности потока частиц;
- поверхностной активности радионуклидов;⁷ - объемной активности р/а газов, аэрозолей и радионуклидов в воздухе;
- удельной активности радионуклидов в жидкостях и твердых телах;
- активности радионуклидов в организме или органе;
- плотности р/а загрязнения почвы;

- энергетического распределения ИИ (спектрометры).

По виду контролируемого излучения она подразделяется на приборы для контроля альфа-, бета-, фотонного, нейтронного и смешанного излучений.

По назначению приборов аппаратура делится на средства измерений и индикаторы. По исполнению технических средств, связанному с местом размещения и способом применения, средств измерений подразделяют на следующие типы:

- стационарные (в т. ч. лабораторные);
- переносные;
- средства для индивидуального контроля;
- носимые.

По методу и способу контроля радиационных параметров аппаратура делится на приборы: - непосредственного контроля (погруженные, проточные, в полях протяженных источников); - контроля с отбором и подготовкой проб; - контроль с накоплением радиационного воздействия.

5. Виды приборов для измерения ионизирующего излучения.

Приборы радиационного контроля можно разделить на четыре основные группы в зависимости от измеряемых величин:

- дозиметрические приборы (дозиметры) – приборы, предназначенные для измерения дозы (мощности дозы) ИИ или энергии, переносимой или переданной им объекту, находящемуся в поле его действия;
- радиометрические приборы (радиометры) – приборы для измерения содержания радионуклидов в теле, в отдельных тканях и на поверхности кожных покровов человека, на единицу объема, веса или поверхности различных сред (воздуха, воды, пищевых продуктов и т.д.); для измерения флюенса или мощности флюенса ИИ;
- спектрометрические приборы (спектрометры), измеряющие распределения частиц по различным параметрам (энергии, виду излучения, зарядам, массам и др.);
- универсальные приборы, которые предназначены для измерения нескольких величин, например, дозиметры-радиометры.

Внутри перечисленной выше классификации приборы делятся на группы по различным параметрам: по **видам** измеряемого ИИ (например, дозиметры фотонов), по **применяемому детектору** (например, сцинтилляционные радиометры), по **пределам измерений, погрешности, назначению** (рабочие или эталоны), **способу представления результатов** (аналоговые или цифровые).

Область применения дозиметров условно можно разделить на **биологическую** дозиметрию, где определяют воздействие ИИ на живые

организмы и ткани, и **промышленную**, где измеряются дозы облучения в небиологических объектах.

В **биологической дозиметрии** выделяют измерение доз облучения человека и других живых объектов. Измерение доз облучения человека осуществляется для обеспечения радиационной безопасности (РБ) и в медицине при диагностике и терапии различных заболеваний.

К **промышленной дозиметрии** относятся задачи по измерению доз при контроле различных радиационно-химических процессов, при измерении радиационной стойкости материалов и т. п.

В зависимости от областей использования дозиметры должны иметь различные характеристики, такие, например, как **диапазон измеряемых величин**. Так, для целей РБ необходимы дозиметры с диапазоном от 0,2 до 500 мЗв (при аварийном контроле от 10 до 5000 мЗв). Для целей радиотерапии верхний предел возрастает до сотен Зв. При определении радиационной стойкости материалов поглощенные дозы могут достигать значений (10⁴ – 10¹⁰) Гр.

Другой такой характеристикой является **энергия излучения**. Так, вопросы измерения энергетических характеристик фотонного излучения высоких энергий (до сотен МэВ) в единицах дозы весьма сложны или просто непригодны. Это связано как с возрастанием доли энергии электронов, преобразуемых в энергию тормозного излучения, которое трудно учесть, так и с поглощением первичного фотонного излучения в стенках камер большой толщины, которые необходимо использовать для регистрации излучения такой энергии. Поэтому для описания параметров полей высокоэнергетического излучения применяют приборы для измерения таких величин, как интенсивность, перенос энергии и др.

Предметом дальнейшего рассмотрения будут дозиметры, используемые для обеспечения радиационной безопасности и контроля окружающей среды.

Дозиметры по своему **назначению и способу применения** можно разделить на два больших класса: **инспекционные** и **индивидуальные**, что соответствует приведенному выше их разделению на приборы для группового и индивидуального контроля соответственно.

Инспекционные дозиметры предназначены для определения дозовых характеристик поля ИИ и должны измерять **амбиентный эквивалент дозы** или его мощность на разной глубине в шаровом фантоме из тканеэквивалентного вещества диаметром 30 см, моделирующим тело человека. Инспекционные дозиметры используются в полях излучения без фантома, а их показания, умноженные на время пребывания человека в данном поле излучения, используются для оценки эффективной дозы,

которую получил бы человек в этом поле излучения. Инспекционные дозиметры измеряют, как правило, мощность амбиентного эквивалента дозы в 14 мкЗв/ч.

Индивидуальные дозиметры должны находиться на теле человека и измерять **индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$** на глубине тела d . Для оценки эффективной дозы определяется доза облучения на глубине 10 мм — $H_p(10)$, для оценки эквивалентных доз облучения отдельных органов — доза на глубинах 3 мм (хрусталика глаза) и 0,07 мм (кожи). Поверка таких дозиметров проводится на фантомах, которые моделирует тело человека или отдельные органы. Для поверки индивидуальных дозиметров по величине $H_p(10)$ используется плоскопараллельный тканеэквивалентный фантом размерами 30х30х15 см. Индивидуальные дозиметры обычно измеряют индивидуальный эквивалент дозы в мЗв.

Индивидуальные дозиметры, в свою очередь, подразделяют на **прямопоказывающие** (или **показывающие**), у которых детектор и устройство визуальной индикации величины дозы находятся в одном корпусе. Но до сих пор в РК используются и так называемые «слепые» дозиметры, у которых датчик (детектор с частью элементов электронной схемы) находится у персонала, а измерительное устройство, блок зарядки и т. п. — вне его и доза облучения определяется на измерительном устройстве после экспозиции дозиметра в поле излучения.

6. Приборы, системы и средства радиационного контроля.

1) Приборы контроля радиационной обстановки.

А) Радиометрические приборы.

Радиометры (измерители радиоактивности. Приборы применяются для обнаружения и определения степени радиоактивного загрязнения различных поверхностей, оборудования, транспорта, одежды, кожных покровов, удельной и объемной активности проб объектов внешней среды, проб различных пищевых продуктов. К таким приборам относятся (РУБ-ОШ и РУБ-01П7, РПП-09.

Радиометры-дозиметр (приборы, решающие задачи как радиометрии, так и дозиметрии, причем основной задачей этих приборов считается измерение степени загрязнения объектов, т. е. радиометрия: МКС-05Н, РЗС-10НР, ИРД-02.

Сигнальные установки (предназначены для контроля и сигнализации о загрязнении различных поверхностей (рук, обуви, спецодежды) (РЭБ-05, СЗБ-03, сигнализатор радиоактивных денег «Ирида».

Б) Дозиметрические приборы.

В эту группу входят дозиметры, дозиметры-радиометры и индикаторы-сигнализаторы мощности дозы гамма-излучения. По специфике использования среди этих типов приборов можно условно выделить приборы, выпускаемые промышленностью для населения, так называемые бытовые дозиметрические приборы, предназначенные для оценки населением радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях; некоторые из них позволяют также определять и измерять загрязнение продуктов питания. Эти приборы, как правило, характеризуются простотой конструкции и эксплуатации, достаточно высокой надежностью и относительно малой стоимостью.

При пользовании бытовыми дозиметрическими приборами следует учитывать, что они обеспечивают измерение в основном мощности дозы гамма-излучения, но не все из них чувствительны к бета-излучению. Они также не чувствительны к мягкому рентгеновскому и тормозному излучению (цветные телевизоры, цветные дисплеи компьютеров), альфа-частицам и нейтронам.

Дозиметры (измерители доз излучения или величин, связанных с ними. В сфере радиационного контроля окружающей среды используются дозиметры, измеряющие мощность дозы излучения.

Непосредственно к дозиметрам относятся приборы типа ДПГ-06Т, ДРГ-01Т, к бытовым дозиметрам "Белла", "Юпитер", карманный дозиметр DG-101.

Дозиметры-радиометры решают задачи как дозиметрического, так и радиометрического контроля, причем основной задачей является измерение мощности дозы, т. е. дозиметрия. К таким приборам относятся МКС-02С \ МКС-03С, измеритель радиоактивности РСМ-101 и др., к бытовым приборам Анри-01 "Сосна", ДБГ-07 "Эксперт".

Дозиметры и дозиметры-радиометры дают на выходе, как правило, цифровую индикацию.

Индикаторы-сигнализаторы, в том числе пороговые индикаторы-сигнализаторы мощности дозы гамма-излучения, (это наиболее простые по конструкции приборы, фиксирующие наличие ионизации в определенном диапазоне. Приборы имеют, как правило, световую и звуковую индикацию. Это в основном бытовые сигнализаторы-индикаторы мощности дозы "Свсрчок-4М", "Светофор", РМ-121, РМ-122.

В) Спектрометрические приборы.

Спектрометры (приборы, предназначенные для регистрации и измерения энергетического спектра ионизирующих излучений. Они классифицируются по виду излучений (альфа-, альфа-бета-, альфа-бета-гамма - спектрометры), по принципу действия и по конструктивным особенностям.

В сфере радиационного контроля окружающей среды с помощью спектрометров решается задача определения наличия в окружающей среде радионуклидов, отсутствующих в составе природного фона, т. е. фиксируется наличие радиоактивного загрязнения техногенного характера, причем учитывается тип изотопов и их активность. Индикация приборов цифровая и графическая.

К приборам такого вида относятся спектрометры "MS PS-40Ge", "Перспект-НРФ", "СКЗ-50".

2). Системы контроля радиационной обстановки.

Системы контроля радиационной обстановки представляют собой комплектацию приборов радиационного контроля различного назначения со средствами связи, обработки данных и выдачи информации для постоянного контроля радиационной обстановки, в том числе при авариях на ЯОО (РОО), а также контроля радиационной безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок.

7. Системы радиационного экологического мониторинга окружающей среды.

Пробоотборники (предназначены для отбора проб воздуха, почвы и воды с целью последующего анализа в лаборатории, если при контроле радиоактивного загрязнения нет возможности сделать это на местности, а также для более детального анализа изотопного состава загрязнителя.

Оборудование радиометрических лабораторий, как правило, кроме различных приборов радиометрического контроля включает блоки свинцовые для экранной защиты, тигли, муфельные печи, атомноабсорбционные спектрографы, центрифуги.

8. Приборы дозиметрического контроля населения.

Приборами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) населения являются дозиметры, радиометры и спектрометры различных модификаций, с помощью которых определяют полученную человеком (персонально) дозу как внешнего, так и внутреннего облучения за определенный период времени в конкретной радиационной обстановке.

Приборами ИДК в обязательном порядке обеспечиваются персонал ЯОО (ГОО), персонал спасательных подразделений РСЧС, предназначенных для работы в зонах радиоактивного загрязнения.

Приборы индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения представляют собой, как правило, миниатюрные дозиметры, которые используются обычно в составе комплектов, включающих определенный набор дозиметров, зарядное устройство или устройство, считывающее показания дозиметров и хранящее данные измерений. Приборы

предназначены для практического применения в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным загрязнением в мирное либо военное время. Они хранятся и выдаются населению соответствующими службами РСЧС различных уровней. Наиболее распространенными являются комплекты индивидуальных дозиметров: ИД-11, КДТ-02М, ДФК-2.1.

Конструктивно индивидуальные дозиметры делятся на прямопоказывающие, имеющие автоматическое считывающее устройство (ДК - 02, ДКП - 50А, ИД-1, и непрямопоказывающие, имеющие переносное (ИД-11, ДС-50, КДТ и др.) или стационарное измерительное устройство (ИФК-2, ИФКУ - и др.).

ИД-1 (прямопоказывающий прибор, аналогичный ДКП-50А, работающий в диапазоне измерения поглощенной дозы 20-500 рад. Имеет зарядное устройство. Входит в состав одноименного комплекта.

Комплект индивидуальных измерителей дозы ИД-11 предназначен для регистрации индивидуальных доз гамма - и нейтронных излучений и состоит из 500 индивидуальных измерителей дозы ИД-11 и измерительного устройства ИУ-1, которые измеряют зарегистрированную дозу в диапазоне от 10 до 1500 рад. Доза излучения накапливается (суммируется) при периодическом облучении и сохраняется в дозиметре в течение 12 месяцев.

Комплект дозиметров термолюминесцентных КДТ-02М предназначен для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения и индицирования экспозиционной дозы бета-излучения. Прибор и его модификации состоят из набора дозиметров (ДПГ-02, ДПГ-03, ДПС-11), устройства преобразования термолюминесцентного УПФ-02 и контрольного облучателя.

Диапазон измерения экспозиционной дозы гамма-излучения дозиметром ДПГ-02 (0,1-1000 Р, дозиметром ДПГ-03 (0,005-1000 Р).

Приборы индивидуального дозиметрического контроля внутреннего облучения. Приборы и системы ИДК внутреннего облучения могут быть стационарными, используемыми в различных медицинских учреждениях, и переносными, используемыми в различных структурных подразделениях РСЧС. К таким приборам относятся: автоматизированный комплекс спектрометров внутреннего излучения человека "Скриннсер ЗМ"; переносной радиометр излучения человека РИГ-07П.

Технические, эксплуатационные характеристики различных приборов и систем радиационного контроля, а также методика измерений подробно изложены в соответствующей технической документации к этим приборам и системам.

9. Применение приборов, систем и средств радиационного контроля для наблюдения за радиационной обстановкой.

Целью наблюдения за фактической радиационной обстановкой является обнаружение участков (районов) повышенной радиоактивности и оценка воздействия данного загрязнения на население и окружающую среду.

Для наблюдения за радиационной обстановкой используются переносные, передвижные (на транспорте) и стационарные приборы и системы радиационного контроля, а также различные средства отбора проб аэрозолей, атмосферных выпадений, почвы, воды, донных отложений водоемов и других объектов контроля для последующего радиометрического и изотопного анализа в лаборатории.

При безаварийной работе наиболее опасного ядерного объекта (АС) используются, как правило, такие системы, как СРК, АСКРО с датчиком в радиусе до 50 км, воздухо-фильтрующие устройства и сборники радиоактивных выпадений, установленные на стационарных пунктах контроля и метеостанциях; переносные приборы.

При возникновении аварии на ЛОО (АС) дополнительно могут привлекаться воздушные средства разведки на вертолетах со спектрометрической аппаратурой (с радиусом контроля $R=500$ м, при высоте пуска $H=300$ м), подвижные лаборатории радиационной разведки, переносные спектрометрические приборы.

Для более точного измерения плотности загрязнения могут быть использованы лазерные переносные спектрометры с компьютерной системой обработки данных.

Измерение мощности дозы гамма-излучения на местности переносными дозиметрами производится на стандартной высоте (1 м над поверхностью земли, измерение бета-излучения (непосредственно на поверхности почвы). Измерения, как правило, производятся одновременно двумя приборами типа ДРГ-01Т и ДП-5В или одним прибором типа "МКС-02С" через каждые 100 м выбранного маршрута. В каждом пункте измерений делается не менее двух замеров на расстоянии нескольких метров друг от друга.

В городской черте измерения проводятся на газонах и вдоль заборов, где мала вероятность искажения людскими и транспортными потоками. Измерения приборами, установленными на автотранспорте, проводятся через каждые 1-2 км маршрута, с учетом коэффициента ослабления радиации транспортного средства.

На стационарных пунктах контроля радиационной обстановки измерения гамма-радиации переносными приборами проводятся в центре площадки контроля (5 x 5 м), измерения бета-радиации (непосредственно на планшете сборника радиоактивных выпадений или фильтра воздухо-фильтрующего устройства данного пункта контроля.

Практическая часть занятия.

1. Решить ситуационные задачи

Ситуационная задача 1.

Для строительства фундамента и стен первого этажа жилого дома предполагается использовать щебень из карьера №13. При спектрометрическом определении активности проб щебня были получены следующие результаты: $A_{\text{Рз}} = 258$ Бк/кг; $A_{\text{Тн}} = 98$ Бк/кг; $A_{\text{К}} = 147$ Бк/кг.

Задание

Рассчитайте эффективную удельную активность щебня. Дайте заключение о возможности использования данного материала для строительства жилого дома.

Решение

Расчет эффективной удельной активности щебня.

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Рз}} + 1,31 \cdot A_{\text{Тн}} + 0,09 \cdot A_{\text{К}} = 258 + 1,31 \cdot 98 + 0,09 \cdot 147 = 399 \text{ Бк/кг.}$$

Заключение

Щебень из карьера №13 нельзя применять для строительства жилого дома (I класс) - $A_{\text{эфф}} (399 \text{ Бк/кг}) > 370 \text{ Бк/кг}$. Щебень можно использовать в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс).

Ситуационная задача 2. Определение возможных доз облучения при действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами.

На объекте через 4ч. после ядерного взрыва замерен уровень радиации 400 Р/ч . Определить дозы радиации, которые получают рабочие и служащие объекта и возможные радиационные потери, на открытой местности ($K_{\text{осл}}=1$) и в производственных помещениях ($K_{\text{осл}}=7$) за 4ч. работы, если известно, что облучение началось через 5ч. после взрыва.

Решение:

- 1) Производим пересчет уровня радиации на 1ч. после взрыва

$$P_{\text{ср}}^0 = P \cdot t^{1,2} = 400 \cdot 4^{1,2} = 2111,2 \text{ Р/ч, } \P$$

- 2) По приложению 4 для времени $t_{\text{н}}=5$ и продолжительности 4 находим табличную дозу.

$$D_{\text{Т}} = 18,5 \text{ Р. } \P$$

3) Находим фактическую дозу

$$D_{cp} = D_T \cdot \frac{R_{cp}^0}{100} = 18,5 \cdot \frac{2111,2}{100} = 390 \text{ р.}\P$$

4) Находим дозу, полученную при нахождении в цехе.

$$D_{cp} = \frac{390}{7} = 55,7 \text{ р.}\P$$

2. Ответить на вопросы.

1. На какие группы можно условно разделить спектрометрические анализаторы?
2. Какие исследования можно провести на альфа-спектрометре?
3. Какие исследования можно провести на бета-спектрометре?
4. Какие исследования можно провести на гамма-спектрометре?
5. Назовите основные принципы отбора проб для спектрометрических исследований.
6. Дайте основные характеристики измерительных кювет при поведении гамма-спектрометрического анализа.
7. Каким образом проводится градуировка спектрометра по энергии?
8. С какой целью проводятся контрольные измерения на спектрометре?
9. Какие методы применяются для расчета активности измеряемой пробы?
10. Какие критерии принятия решений при обращении со строительными материалами, содержащими гамма-излучающие радионуклиды, вы знаете?
11. Какие классы строительного сырья по величине удельной эффективной активности естественных радионуклидов определены в НРБ-99?
12. Какие дозиметрические величины и единицы их измерения вы знаете?
13. На какие группы разделяются дозиметрические приборы по своему назначению?
14. Укажите основные методы регистрации ионизирующих излучений, применяемых при работе с дозиметрическими приборами.
15. Определите задачи дозиметрического контроля.
16. Какие основные принципы защиты от внешнего облучения?
17. Какие виды дозиметрического контроля вам известны?
18. Какие существуют методы исследования и какими приборами осуществляется групповой дозиметрический контроль?
19. Какие основные положения необходимо учитывать при проведении дозиметрического контроля переносными приборами?

20. Каким образом осуществляется индивидуальный дозиметрический контроль.
21. Дайте характеристику трем основным видам дозиметрического контроля.
22. Какие условия могут приводить к значительному расхождению показаний дозиметров разных типов?
23. Как правильно следует проводить дозиметрический контроль при обследовании объектов окружающей среды?
24. Какие приборы группового дозиметрического контроля вы знаете?
25. Какая дозиметрическая величина является операционной для контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях и на рабочих местах?