

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

ИНДИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**Нижекамск
2011**

УДК 614.8
И 60

Индикация радиоактивности : методические указания для лабораторных работ / сост.: Г.Ф. Нафиков, Э.Г. Гарайшина. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ГОУ ВПО «КГТУ», 2011. - 20 с.

Изложены источники, виды, биологическое действие, основные показатели нормирования ионизирующих излучений, методы защиты от ионизирующих излучений и методы контроля радиоактивности материалов и продуктов.

Приведена методика оценки уровня ионизирующего излучения с применением индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503.

Предназначены для студентов дневной и вечерней формы обучения всех специальностей, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ГОУ ВПО КГТУ.

Рецензенты:

Саримов Н.Н., кандидат физико-математических наук, доцент;

Гарипов М.Г., кандидат технических наук, доцент.

УДК 614.8

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2011

Изучение ионизирующих излучений

Общие положения

Ионизирующее излучение – излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы различных знаков.

Источниками ионизирующих излучений являются техногенные и природные источники. Природные источники излучения – источники альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучений, используемые в технике и медицине, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы, радиоактивные отходы, радиоактивные осадки после ядерных испытаний.

Источники ионизирующих излучений используются в различных отраслях промышленности, строительстве, в машиностроении и приборостроении. Радиоактивные изотопы применяют при дефектоскопии, в контрольно-измерительных и регулирующих приборах.

Природные источники излучения – космические лучи, естественные радиоактивные источники, находящиеся в атмосфере, воде, почве, продуктах питания, строительных материалах.

В промышленности встречаются следующие виды ионизирующих излучений:

- 1) корпускулярные (α^- , β^+ , p^+ и n^0) – потоки частиц;
- 2) фотонные (электромагнитные излучения с высокой частотой, γ - и рентгеновское излучения).

Корпускулярные имеют энергию и массу. Энергия γ -частиц лежит в диапазоне 3-9 МэВ, энергия β -частиц составляет 0,1-3,5 МэВ.

Энергия нейтронов находится в пределах от 0,1 до 20 МэВ в зависимости от мощности. Поэтому они обладают высокой ионизирующей способностью, но малой проникающей способностью.

γ -излучение и рентгеновское излучение представляют собой электромагнитное излучение с энергией 0,01-3 МэВ. Они обладают меньшей ионизирующей способностью, чем α - и β - излучения. Однако они обладают большей проникающей способностью.

В качестве показателя числа распадов вводится понятие активности -

$$A = \frac{dN}{dt},$$

где dN – число ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt .

Единицей активности является беккерель (Бк).

Для характеристики воздействия корпускулярного ионизирующего излучения на вещество введено понятие поглощенной дозы излучения (D) -

$$D = \frac{de}{dm},$$

где de – энергия излучения;

dm – масса вещества.

В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр).

Для различных видов излучения биологический эффект при одинаковой поглощенной дозе оказывается различным. Поэтому для оценки биологического эффекта вводится понятие эквивалентной дозы -

$$H_{T,R} = W_R * D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ – поглощенная доза;

W_R – коэффициент для вида излучения.

Единицей эквивалентной дозы СИ является зиверт (Зв). Внесистемная единица – бэр (Бр).

1 Зв = 100 Бр.

Разные органы и ткани имеют различную чувствительность к измерению. Поэтому введено понятие эффективной дозы (E) -

$$E = \sum_T W_T H_T,$$

где H_T – эквивалентная доза;

W_T – коэффициент для органа и ткани.

Единица измерения E – зиверт или бэр.

Для фотонных ионизирующих излучений показателем является экспозиционная доза ($D_{\text{экс}}$) -

$$D_{\text{экс}} = \frac{dQ}{dm},$$

где dQ – суммарный заряд всех ионов одного знака, созданных в воздухе в объеме воздуха с массой dm .

Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ – Кулон на килограмм (Кл/кг).

Внесистемная единица – рентген (Р).

1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Мощность дозы (Ḑ) – доза за единицу времени. Например, Гр/с, мкГр/с, мкР/ч, мкЗв/ч.

Под воздействием ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить сложные физические и биологические процессы. В результате ионизации жировой ткани происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры

различных соединений, что, в свою очередь, приводит к гибели клеток.

Нарушения биологических процессов могут быть обратимыми и необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и возникновению лучевой болезни.

Степень воздействия ионизирующего излучения зависит от того, является ли облучение внешним или внутренним. Внутреннее облучение осуществляется радиоактивными веществами, попавшими внутрь организма, что вызывает длительно не заживающие язвы различных органов и злокачественных опухолей, лейкозы, наследственные болезни и др.

Основными нормативными документами, регламентирующими уровни воздействия ионизирующих излучений, являются «Нормы радиационной безопасности НРБ-99» и «Санитарные правила СП-2.6.1.758-99».

Нормы распространяются на воздействие ионизирующего излучения на человека от техногенных, природных источников и при медицинском облучении.

Для ограничения техногенного облучения НРБ-99 устанавливают следующие категории облучаемых лиц:

- персонал (группы А и Б);
- все население.

Группа А – лица, работающие с техногенными источниками излучения.

Группа Б – лица, находящиеся по условиям работы в среде их воздействия.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

- 1) основные пределы доз (ПД), приведенные в табл.1.;

2) допустимые уровни, являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГД), допустимые среднегодовые объемы активности (ДОВА), допустимые среднегодовые удельные активности (ДУА) и др;

3) контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потока и др.).

Таблица 1

Основные пределы доз

Нормируемая величина	Пределы доз	
	Группа А	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год за 5 лет не более 50 мЗв в год	30 мЗв в год за 5 лет не более 5 мЗв в год

Таблица 2

Эквивалентная доза за год (мЗв)

Нормируемая величина	Пределы доз	
	Группа А	Население
В хрусталике глаз	150	15
В коже	500	50
В кистях и стопах	500	50

Пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны $\frac{1}{4}$ значений для персонала группы А.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв.

Облучение эффективной дозой выше 200 мЗв в течение года рассматривается как потенциально опасное.

Эффективная доза облучения природными источниками излучения не должна превышать 5 мЗв в год. При медицинских рентгенологических исследованиях эффективная доза облучения не должна превышать 1 мЗв.

Все работы с источниками ионизирующих излучений санитарные правила СП 2.6.1.758-99 подразделяют на два вида: с закрытыми и с открытыми источниками излучений (радиоактивными веществами).

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности при применении закрытых источников:

- защита количеством, т.е. уменьшением мощности источника;

- временем – сокращением времени работы с источниками;

- расстоянием – удалением от источника;

- экранами – при использовании различных материалов контейнеров, оборудования, рабочих мест с передвижными экранами и индивидуальных средств защиты (щитки из оргстекла, просвинцовые перчатки и др.).

Помещения, где проводятся работы на стандартных установках с закрытыми источниками излучения, должны быть оборудованы системами блокировки и сигнализации о положении источника излучения.

Защита от открытых источников ионизирующих излучений предусматривает как защиту от внешнего облучения, так и защиту персонала от внутреннего облучения, связанного с проникновением радиоактивных веществ в организм.

Все виды работ с открытыми источниками излучений разделены на три класса в зависимости от группы

радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте.

Способы защиты персонала при работе с открытыми источниками следующие:

- 1) герметизация оборудования;
- 2) использование принципов защиты, применяемых при работе с закрытыми источниками.

Задачи по контролю радиационной обстановки зависят от характера проведенных работ:

- уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты, кожных покровов и одежды персонала;

- сбросов радиоактивных веществ;

- уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды.

Для измерения ионизирующих излучений используют радиометры, дозиметры, спектрометры.

Наиболее распространенными являются ионизационный метод регистрации, сцинтилляционный, фотографический и калориметрический методы.

Большое распространение получили полупроводниковые, а также фото- и термолюминесцентные детекторы ионизирующих излучений.

Лабораторная работа

Обнаружение и оценки уровня ионизирующего излучения

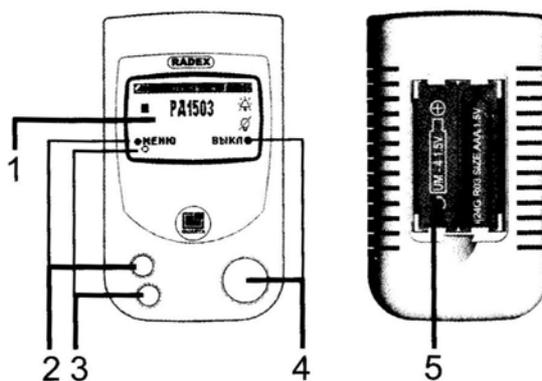
Для обнаружения и оценки уровня ионизирующего излучения применяется индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503, 10.КР.01.00.00.000 (далее изделие). Изделие позволяет оценить уровни радиации на местности, в помещениях и оценить радиоактивность загрязнения материалов и продуктов.

Изделие оценивает радиационную обстановку по величине мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (далее – мощности дозы) с учетом загрязненности объектов источниками β -частиц или по величине мощности экспозиционной дозы γ -излучения (далее – мощности экспозиционной дозы) с учетом загрязненности объектов источниками β -частиц.

Технические характеристики:

- диапазон показаний мощности, мкЗв/ч: 0,05-9,99;
- диапазон показаний мощности экспозиционной дозы, мкР/ч: 5-99;
- диапазон энергий регистрируемого γ -излучения, МэВ: 1-1,25;
- диапазон энергий рентгеновского излучения, МэВ: 0,03-3,0;
- диапазон энергий β -излучения, МэВ: 0,25-3,5;
- воспроизводимость показаний, %: $15+6/P$;
- уровни звуковой сигнализации, мкЗв/ч: 0,3, 0,6, 1,2;
- время наблюдения, с: $40+-0,5$;
- индикация показаний непрерывно;
- время непрерывной работы, не менее, ч: 550.

Внешний вид изделия



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

Пиктограммы подсказывают пользователю функции кнопок, облегчая тем самым использование изделия. Далее указываются пиктограммы кнопок. Указание нажать кнопку с той или иной пиктограммой означает нажатие соответствующей кнопки на корпусе изделия.

Пиктограмма отображает количество выполненных циклов наблюдения:

- " - соответствует первому короткому циклу наблюдения;
- || - соответствует второму короткому циклу наблюдения;

- || - соответствует третьему короткому циклу наблюдения;
- | - соответствует одному циклу наблюдения;
- ┌ - соответствует двум циклам наблюдения;
- └ - соответствует трем циклам наблюдения;
- - соответствует четырем и более циклам наблюдения.

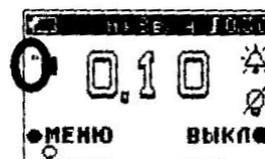
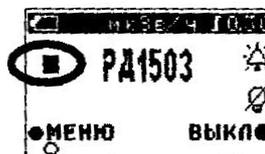
Включение и выключение изделия

Для включения изделия следует нажать большую кнопку, после чего на дисплее разворачивается «экран РД1503».

Выключение изделия осуществляется продолжительным (до исчезновения сообщений на дисплее) нажатием кнопки «ВЫКЛ».

Порядок обследования

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



Через 10 сек. после включения изделия на дисплее выводится первый результат короткого цикла* и пиктограммы:

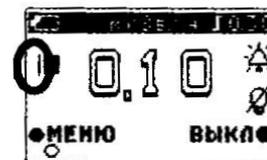
- " - соответствует первому короткому циклу наблюдения;

- || - соответствует второму короткому циклу наблюдения;
- ||| - соответствует третьему короткому циклу наблюдения.

Второй и третий короткий цикл наблюдения автоматически усредняются.

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

Через 40 сек. после включения изделия на дисплей выводится первый результат и пиктограмма в виде стороны квадрата, которая отображает количество выполненных наблюдений:



- | - соответствует одному циклу наблюдения;
- ┌ - соответствует двум циклам наблюдения;
- └ - соответствует трем циклам наблюдения;
- - соответствует четырем и более циклам наблюдения.

Первый результат наблюдения выводится на дисплей как среднее значение четырех коротких циклов, второй – как среднее значение двух циклов наблюдения, третий – как среднее значение трех циклов наблюдения и далее каждый последующий результат – это среднее значение четырех предыдущих наблюдений.

При усреднении результата изделие анализирует отклонение текущего значения относительно результата предыдущего наблюдения. Если разница превышает

определенное значение, то на дисплей выдается текущий результат, а не средний. Например, по результатам трех наблюдений средний результат равен 0,20 мкЗв/ч, а в четвертом цикле зарегистрировано текущее значение 0,80 мкЗв/ч, и пиктограмма «I». Эта функция изделия позволяет определить резкое изменение мощности дозы.

Выключение изделия

Для выключения изделия нажать кнопку «ВЫКЛ» и удерживать ее до исчезновения сообщений с дисплея.

Как правильно проводится обследование

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

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

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

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

Действия в экстремальных условиях

ВНИМАНИЕ! ЕСЛИ ИЗДЕЛИЕ ЗАФИКСИРОВАЛО МОЩНОСТЬ ДОЗЫ БОЛЕЕ 1,20 мкЗ/ч, СЛЕДУЕТ СРОЧНО ПОКИНУТЬ ЭТУ ЗОНУ И ОБРАТИТЬСЯ В ГОСУДАРСТВЕННУЮ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКУЮ СЛУЖБУ МИНЗДРАВА РФ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕТАЛЬНОГО РАДИАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ.

Содержание работы

Задание. Обследовать уровень радиоактивной загрязненности строительных материалов, воды, одежды, продуктов питания и помещения. Оценить радиационную обстановку лаборатории БЖД и результаты наблюдений представить в мкЗв/ч, мкР/ч.

Таблица 3

Результаты наблюдений радиационной обстановки

№	Объекты наблюдений	Уровень радиации	
		мкЗв/ч	мкР/ч

Меры предосторожности

- Корпус изделия не является водонепроницаемым, поэтому изделие нельзя использовать под дождем или помещать его в воду. Если в изделие попала вода, необходимо выключить его, протереть мягкой тканью, поместить в теплое сухое помещение и просушить до полного удаления влаги из внутреннего объема изделия.

- При быстром переносе изделия с холода в теплое помещение на нем и на внутренних деталях может образоваться конденсат. Для его предотвращения предварительно поместите изделие в закрытый пластиковый пакет. Не вынимайте изделие из пакета, пока оно не нагреется до температуры окружающей среды.

- Во избежание повреждения изделия не используйте его, если на нем образовался конденсат. В этом случае извлеките из изделия элементы питания и подождите, пока конденсат испарится. Изделием можно пользоваться только после испарения конденсата.

- Нельзя помещать изделие в СВЧ-печи, проводить обследования при включенных ионизаторах – озонаторах воздуха и в местах, генерирующих сильные электромагнитные сигналы, например, рядом с вышками радиопередатчиков. Сильные электромагнитные сигналы могут вызвать неполадки в работе изделия.

- Не оставляйте изделие на продолжительное время под воздействием прямого солнечного и флуоресцентного света.

- Не допускайте попадание посторонних предметов внутрь изделия через перфорацию, оберегайте изделие от ударов, пыли и сырости.

- ЖК-дисплей изготовлен с использованием высокоточной технологии, тем не менее на ЖК-дисплее

может быть один неработоспособный пиксель, на месте которого постоянно отображается черная точка, это не считается неисправностью и не влияет на изображения.

- При загрязнении ЖК-дисплея выключите изделие и осторожно протрите ЖК-дисплей мягкой тканью, чтобы не поцарапать его.

- Не допускайте попадания на дисплей агрессивных химических веществ, таких, как кислоты, щелочи, растворители и т. п. и хранения изделия в местах, где они присутствуют.

- Если Вы не планируете использовать изделие в течение продолжительного периода времени, извлеките элементы питания из батарейного отсека.

Контрольные вопросы

1. Что такое ионизирующее излучение? Какие существуют виды излучения? Основные единицы измерения и дозы радиоактивности?
2. Назовите основные показатели ионизирующих излучений, единицы измерений.
3. Какое биологическое действие оказывает ионизирующее излучение?
4. Нормирование ионизирующих измерений в соответствии с НРБ-99?
5. Назовите основные дозовые пределы и допустимые уровни облучения персонала и населения?
6. Укажите принципы обеспечения радиационной безопасности персонала при применении закрытых и открытых источников излучения.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под ред. Э. А. Арустамова. - 2-е изд. перераб. и доп. - М. : Дашков и К°, 2000. - 678 с.
2. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / под ред. О. Н. Русапа. - 4-е изд. - СПб. : Лань, 2001. - 448 с. : ил.
3. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / под ред. А. И. Сидорова. - М. : КНОРУС, 2007. - 496 с.
4. Фролов, А. В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда : учеб. пособие для вузов / А. В. Фролов, Т. Н. Такава ; под общ. ред. А. В. Фролова. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2008. - 750 с.
5. Нормы радиационной безопасности : НРБ-99 : СП 2.61.758-99. - М. : Минздрав России, 1999.
6. Основные санитарные правила, обеспечивающие радиационную безопасность : ОСПОРБ-99. - СПб. : Минздрав России, 2000.

Учебное издание

Нафиков Габделахат Фатыхович
кандидат технических наук, доцент

Гарайшина Эльмира Габдельяхатовна
кандидат педагогических наук

ИНДИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 21.12.2010.
Подписано в печать 04.03.2011.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 1,25. Тираж 100.
Заказ №13.

НХТИ (филиал) ГОУ ВПО «КГТУ», г. Нижнекамск, 423570,
ул. 30 лет Победы, д. 5а.