

В.Л. Гурачевский, И.С. Леонович, Л.В. Хоровец

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРИБОРАМ
РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ**

*Методическое пособие
для специалистов радиационного контроля;
проведения занятий в местных чернобыльских информационных
центрах*

Минск
Институт радиологии
2015

УДК 539.1.074(07)
ББК 31.42-5я7
Г95

Рекомендовано научно-методическим советом
Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ.
Протокол № 3 от 08.09.2015 г.

Рецензенты:

д-р техн. наук *Л.В. Мисун* (БГАТУ),
канд. физ.-мат. наук *О.В. Мисевич* (НИИ ядерных проблем БГУ).

Издано в рамках выполнения Программы совместной деятельности
по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в рамках
Союзного государства на период до 2016 года

Гурачевский, В.Л., Леонович, И.С., Хоровец, Л.В.

Г95 Лабораторный практикум по приборам радиационного контроля / В.Л. Гурачевский, И.С. Леонович, Л.В. Хоровец. – Минск : Институт радиологии, 2015. – 84 с. : ил.
ISBN978-985-7003-93-8

Пособие предназначено для изучения дозиметров, радиометров, спектрометров и комбинированных приборов радиационного контроля в ходе лабораторных занятий.

УДК 539.1.074(07)
ББК 31.42-5я7

ISBN 978-985-7003-93-8

© Гурачевский, В. Л., Леонович, И.С.,
Хоровец, И.Г., 2015
© РНИУП «Институт радиологии», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	В В Е Д Е Н И Е	4
<i>Лабораторная работа №</i>	<i>Название</i>	
1	Дозиметр-радиометр БЕЛРАД-04-01	5
2	Дозиметр ДБГ-06Т	9
3	Дозиметр-радиометр РКС-107	12
4	Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130	17
5	Дозиметр-радиометр МКС-АТ1125	23
	Радиометр-дозиметр МКС-01М «Совет- ник»	29
6		
7	Гамма-радиометр РУГ-91	36
8	Гамма-радиометр РУГ-92	41
9	Гамма-радиометр РУБ-01П6	45
10	Гамма-радиометр РКГ-01 «АЛИОТ»	50
11	Гамма-радиометр РКГ 01А/1 «Атомтех»	54
12	Гамма-радиометр МКС-01-06 «Советник»	58
13	Радиометр РКГ-АТ1320	63
14	Спектрометр МКС-АТ1315	68
15	Гамма – радиометр АДАНИ РУГ 91-2 (работа с прибором в автономном режиме)	74
16	Гамма – радиометр АДАНИ РУГ 91-2 (работа с прибором, подключенным к компьютеру)	79
	Л И Т Е Р А Т У Р А	83

ВВЕДЕНИЕ

Цель классического практикума, например, физического, – опытным путем удостовериться в положениях теории; приборное оснащение при этом играет вспомогательную роль. Цель данного практикума – приобретение навыков работы со стандартными приборами. Задачи в основном ставятся на нахождение параметров радиационной обстановки (мощности дозы) или пробы (удельная и объемная активность), которые обучаемому заранее неизвестны.

Подробные сведения о методах радиационного контроля, используемых величинах и единицах их измерения, детекторах ионизирующих излучений, особенностях структуры и устройства приборов, а также рекомендации по работе с ними представлены в двух предыдущих книгах, изданных в рамках Программы совместной деятельности в 2014 году [1,2]. Поэтому данное пособие в основном представляет собой набор инструкций по выполнению лабораторных работ.

Описанный практикум разработан для обучения специалистов радиационного контроля в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ. Каждым слушателем выполняются задания с приборами, имеющимися по месту работы, и по усмотрению преподавателя несколько работ на наиболее современных приборах.

Когда книга уже была подготовлена к печати, появилась возможность включить в нее две лабораторные работы по изучению нового прибора – АДНИ РУГ 91-2. Авторы благодарны Департаменту аналитического приборостроения и рентгеновской техники неразрушающего контроля УП «АДАНИ» за помощь в создании этих лабораторных работ.

Лабораторная работа № 1

Дозиметр-радиометр БЕЛРАД-04-01

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности дозы рентгеновского или гамма-излучения, плотности потока бета-частиц, а также поиска источников ионизирующих излучений указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазон измерения	
мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского или гамма-излучения	0,1 - 99,99 мкЗв/ч
плотности потока бета-частиц	10 - 5000 част./см ² ·мин
Пределы основной относительной погрешности измерения	
мощности дозы	не более ± 30 %
плотности потока бета-частиц	не регламентируется
Время измерения	20 ± 5 с

Устройство и органы управления

На лицевую панель корпуса вынесены:

цифровое жидкокристаллическое табло

переключатель ВКЛ –
включение-выключение прибора;

переключатель режимов работы:

Т – поиск, МД – измерение;

кнопка КОНТР –
контроль работоспособности прибора;

кнопка ПУСК –
включение измерения;

кнопка СТОП –
выключение измерения.



Задняя крышка прибора снимается при измерении плотности потока бета-частиц.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии (с. 7-11 [1]) и плотности потока бета-частиц (с. 13 [1]), работой счетчика Гейгера-Мюллера (с.17-18 [1]), основами устройства дозиметров (с. 20, 23-24 [1]), описанием прибора (с. 31-34 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Переведите переключатель ВКЛ в крайнее левое положение. Включение должно сопровождаться коротким звуковым сигналом.

Если переключатель режимов работы находится в крайнем левом положении **МД** (мощность дозы), то после второго знака индицируется точка, если переключатель находится в крайнем правом положении **Т**, то эта точка отсутствует.

Установив переключатель режимов работы в крайнее левое положение (**МД**) нажмите кнопку **КОНТР** и, удерживая ее в нажатом состоянии, запустите кнопкой **ПУСК** счет импульсов. При исправной работе прибора на цифровом табло должно отображаться число «05.12».

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения в помещении

Согласно [3] при обследовании зданий и сооружений **МД** измеряется в пяти точках помещения на высоте 1 м над уровнем пола (четыре измерения по углам помещения и одно в центре).

Поместите прибор в центре помещения на расстоянии 1 м параллельно полу.

Переведите переключатель режимов работы в положение **МД** и кратковременно нажмите кнопку **ПУСК**. При этом на цифровом табло должны появиться точки после каждого разряда и начаться счёт импульсов.

Через 20 ± 5 с измерение закончится, что будет сопровождаться звуковым сигналом, а на табло фиксируется число с одной точкой. Это показание прибора представляет собой значение **МД** в $мкЗв/ч$. Оно хранится до повторного нажатия на кнопку **ПУСК** или выключения прибора.

Так как прибор не индицирует статистическую погрешность и обладает фиксированным временем измерения, то согласно [3] измерения проводятся в каждой контрольной точке не менее 5 раз, результатом измерения является среднее значение МД.

Выполните измерение 5 раз, нажимая кнопку ПУСК и записывая результаты в таблицу (№ измерения, значение МД).

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то он записывается в виде

$$\text{МД} = 0,10 \text{ мкЗв/ч.}$$

Найдите среднее арифметическое значение измеренной мощности дозы ($\text{МД}_{\text{изм}}$).

Результат измерения запишите в виде

$$\text{МД} = \text{МД}_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{\text{МД}_{\text{изм}} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 30 %.

Повторите указанные циклы из 5 измерений для четырех углов помещения.

Нарисуйте схему помещения в виде прямоугольника и поставьте в нужных местах найденные значения МД.

4 Поиск источника ионизирующих излучений

Попросите преподавателя спрятать контрольный радиоактивный источник.

Переведите переключатель режимов работы в положение Т (таймер прибора не работает) и кратковременно нажмите на кнопку ПУСК. Прибор начнёт счёт импульсов, число которых индицируется на цифровом табло, причем через каждые десять импульсов подается звуковой сигнал. При естественном фоновом излучении прибор должен подавать 1-6 звуковых сигналов в минуту.

Попробуйте разыскать источник, учитывая, что с приближением к источнику пропорционально возрастает частота следования звуковых сигналов.

5 Выключение прибора

Переведите переключатель ВКЛ в крайнее правое положение.

Вопросы для самоконтроля

1. Как понимать, что измерение дозиметром мощности амбиентного эквивалента дозы дает возможность оценить эффективную дозу внешнего рентгеновского или гамма-излучения?
2. Чем отличаются понятия дозы и мощности дозы?
3. Исходя из измеренного значения мощности дозы, оцените среднегодовую эффективную дозу. Как полученное значение согласуется с известным усредненным значением годовой эффективной дозы естественного фона?
4. Какую роль в дозиметре играет таймер?
5. Можно ли добиться при проведении измерений значений статистической погрешности, меньших, чем 30%?
6. Реагирует ли данный прибор на альфа-излучение?
7. Можно ли считать, что измеренное значение плотности потока бета-частиц зависит от поверхностной активности загрязненной поверхности?
8. На чем основано использование прибора в режиме «ПОИСК»?

Лабораторная работа № 2

Дозиметр ДБГ-06Т

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности дозы (МД) рентгеновского или гамма-излучения и поиска источников ионизирующих излучений указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазон измерения мощности дозы	0,1 - 99,99 мкЗв/ч
Предел основной относительной погрешности измерения	± 15%
Время измерения	не более 40 с

Устройство и органы управления

На передней панели прибора находятся:
табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ)

переключатель диапазонов измерений:
МР/ч – мкЗв/ч – ВЫКЛ

переключатель режимов работы:
ИЗМЕРение – ПОИСК – КОНТРоль

кнопка подсветки шкалы индикатора

кнопка СБРОС – сброс показаний, запуск
нового измерения.



Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии (с. 7-11 [1]), работой счетчика Гейгера-Мюллера (с.17-18 [1]), основами устройства дозиметров (с. 20, 23-24 [1]), описанием прибора (с. 35-37 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Переведите переключатель диапазонов измерений в положение **мкЗв/ч**, а переключатель режимов в положение **КОНТР**.

Осуществите сброс показаний нажатием кнопки СБРОС.

При правильном функционировании дозиметра и пригодности источника питания на ЖКИ должно отображаться число «0515».

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения на рабочем месте

Согласно [3] при аттестации рабочих мест специалистов, работающих с источниками ионизирующих излучений, измерения проводятся на высотах 0,1; 0,9 и 1,5 м от поверхности пола

Разместите прибор на высоте 0,1 м от пола.

Переведите переключатель режимов в положение **ИЗМЕР** и нажмите кнопку СБРОС. В ходе измерения на цифровом табло отображаются нули, и мигает запятая в младшем разряде. Через 40 с измерение закончится. Показание прибора представляет собой значение МД в $мкЗв/ч$. Оно хранится до повторного нажатия на кнопку СБРОС или выключения прибора.

Так как прибор не индицирует статистическую погрешность и обладает фиксированным временем измерения, то согласно [3] измерения проводятся в каждой точке не менее 5 раз, а результатом является среднее значение МД.

Выполните измерение еще 4 раза и запишите результаты в таблицу (№ измерения, значение МД).

Найдите среднее арифметическое значение измеренной мощности дозы ($МД_{изм}$).

Результат измерения запишите в виде

$$МД = МД_{изм} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{МД_{изм} \cdot \Theta}{100\%},$$

где Θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 15 %.

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений (0,10 $мкЗв/ч$), то он записывается в виде

$$МД = 0,10 \text{ мкЗв/ч.}$$

Повторите указанные процедуры (по 5 измерений) на высоте 0,9 и 1,5 м. Представьте результаты в виде таблицы (высота, усредненное значение мощности дозы с погрешностью).

4 Поиск источника ионизирующих излучений

Попросите преподавателя спрятать контрольный радиоактивный источник.

Переведите переключатель режимов в положение **ПОИСК** и нажмите кнопку СБРОС. В этом режиме смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически каждые 4 с, причем отсчет показаний следует производить в момент гашения запятой.

Попробуйте разыскать источник, двигаясь вместе с прибором в сторону роста показаний на индикаторе.

5 Выключение прибора

Переведите переключатель диапазонов измерений в положение **ВЫКЛ.**

Вопросы для самоконтроля

1. Согласно документации на прибор он предназначен для измерения мощности эквивалентной дозы окружающей среды и мощности экспозиционной дозы. Согласно современным требованиям интерес представляет значение или оценка мощности эффективной дозы. Правомерно ли использование прибора для решения этой задачи?
2. Дайте современные определения понятиям эквивалентной и эффективной дозы.
3. Единицей какой дозиметрической величины служит 1 мкР/ч ? Используется ли эта величина на практике?
4. Чем отличаются понятия дозы и мощности дозы?
5. Состоит ли естественный фон только из гамма- и рентгеновского излучения?
6. Какой детектор используется в данном приборе? Каково примерное значение напряжения питания для этого детектора?
7. Для чего производится многократное измерение мощности дозы с усреднением показаний?
8. Для чего в практической работе может понадобиться режим «ПОИСК» и на чем основано использование дозиметра в этом режиме?

Лабораторная работа № 3

Дозиметр-радиометр РКС-107

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности дозы гамма-излучения и плотности потока бета-частиц указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазон измерения</i>	
мощности дозы гамма-излучения	0,1 - 999 мкЗв/ч
плотности потока бета-частиц	0,1 - 999 1/(с·см ²)
удельной активности цезия-137	2 - 9990 Бк/г
<i>Предел основной относительной погрешности измерения</i>	
мощности дозы гамма-излучения	не более ± 30 %
плотности потока бета-частиц	не более ± 45 %
удельной активности цезия-137	не более ± 35 %
<i>Время измерения не превышает:</i>	
для мощности дозы гамма-излучения	53 с
для плотности потока бета-частиц	37 с
для удельной активности цезия-137	240 с

Устройство и органы управления

На лицевой панели прибора расположены:

табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) с указателем режима измерений:

мкЗв/ч - мощность дозы,

1/(с·см²) - плотность потока бета-частиц,

Бк/г × 10 - удельная активность;

кнопка ПУСК – пуск измерения;

кнопка РЕЖИМ – выбор режима работы;

кнопка ВЫКЛ – выключение прибора

кнопка ВКЛ – включение прибора.



Задняя крышка-фильтр снимается при измерении плотности потока бета-частиц.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии (с. 7-11 [1]) и плотности потока бета-частиц (с. 13 [1]), работой счетчика Гейгера-Мюллера (с.17-18 [1]), основами устройства дозиметров (с. 20, 23-24 [1]), описанием прибора (с. 38-41[1]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ, при этом раздастся звуковой сигнал, на табло появятся символы «000», а маркер указателя режима работы (черная черта) находится рядом с надписью **мкЗв/ч** (измерение мощности дозы). Для выбора иного режима последовательно нажмите кнопку РЕЖИМ, при этом происходит соответствующее перемещение указателя на табло.

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения в помещении

Согласно [3] при обследовании зданий и сооружений МД измеряется в пяти точках помещения на высоте 1 м над уровнем пола (четыре измерения по углам помещения и одно в центре).

Поместите прибор в центре помещения на расстоянии 1 м параллельно полу.

Убедитесь, что прибор находится в режиме измерения мощности дозы (маркер рядом с надписью **мкЗв/ч**), нажмите кнопку ПУСК. При этом раздастся звуковой сигнал, на табло между первыми двумя нулями появится точка, а указатель режима работы начнет пульсировать.

Через 53 с измерение закончится, что будет сопровождаться звуковым сигналом, а на табло отобразится число с одной точкой. Это показание прибора представляет собой значение МД в *мкЗв/ч*. Оно хранится до повторного нажатия на кнопку ПУСК или выключения прибора.

Так как прибор не индицирует статистическую погрешность и обладает фиксированным временем измерения, то согласно [3] измерения проводятся в каждой контрольной точке не менее 5 раз, результатом измерения является среднее значение МД.

Выполните измерение еще 4 раза, нажимая кнопку ПУСК. Запишите результаты в таблицу (№ измерения, значение МД).

Найдите среднее арифметическое значение измеренной мощности дозы ($M_{\text{изм}}$).

Результат измерения запишите в виде

$$MД = M_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{M_{\text{изм}} \cdot \Theta}{100\%},$$

где Θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 30 %,

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то он записывается в виде

$$MД = 0,10 \text{ мкЗв/ч.}$$

Повторите указанные циклы из 5 измерений для четырех углов помещения.

Нарисуйте схему помещения в виде прямоугольника и проставьте в нужных местах найденные значения $MД$.

4 Измерение плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности

4.1 Измерение фона

Проверьте, закрыта ли задняя крышка прибора, при необходимости плотно закройте её. Нажмите кнопку РЕЖИМ и установите указатель режима работы в положение $1/(с \cdot см^2)$ – измерение плотности потока бета-частиц.

Возьмите у преподавателя необходимый образец. Разместите прибор на расстоянии 1,5 м от исследуемой поверхности и кратко-временно нажмите кнопку ПУСК. Примерно через 37 с раздастся звуковой сигнал, указатель режима прекратит пульсировать, а на табло отобразится результат измерения.

Выполните измерение еще 4 раза. Запишите результаты в таблицу (№ измерения, значение фона). Найдите среднее арифметическое значение измеренного фона (N_{γ}).

4.2 Основное измерение

Открыть заднюю крышку прибора. Разместите прибор на расстоянии 1,5 – 3,0 см от исследуемой поверхности и кратко-временно нажмите кнопку ПУСК.

Выполните еще 4 таких же измерения. Найдите и запишите среднее арифметическое показаний прибора ($N_{\gamma+\beta}$).

Закройте заднюю крышку прибора.

Величину плотности потока бета-частиц с поверхности вычислите по формуле:

$$q_{\text{изм}} = N_{\gamma+\beta} - N_{\gamma}, \text{ част./см}^2 \cdot \text{мин.}$$

Результат измерения запишите в виде

$$q = q_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{q_{\text{изм}} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 45 %.

5 Выключение прибора

Нажмите кнопку ВЫКЛ.

С целью экономии элемента питания предусмотрено автоматическое отключение прибора, если с ним в течение определенного времени не производится никаких действий.

Вопросы для самоконтроля

1. Согласно документации на прибор он предназначен для измерения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения. Согласно современным требованиям интерес представляет оценка мощности эффективной дозы. Правомерно ли использование прибора для решения этой задачи?
2. Дайте современные определения понятиям эквивалентной и эффективной дозы.
3. В каких единицах измеряется плотность потока бета-частиц с загрязненной поверхности?
4. Прибором предусмотрена индикация превышения пороговых значений мощности дозы 0,6 мкЗв/ч и 1,2 мкЗв/ч. Какова годовая доза облучения при постоянном значении мощности дозы 0,6 мкЗв/ч?
5. В данном приборе и дозиметре БЕЛРАД-04-01 используются одинаковые счетчики Гейгера-Мюллера (СБМ-20). Почему измерение мощности дозы прибором БЕЛРАД-04-01 происходит в два ра-

за быстрее (20 с), хотя статистическая погрешность для обоих приборов одинакова (30%)?

6. Для чего производится многократное измерение мощности дозы с усреднением показаний?

7. В документации на прибор записано, что он предназначен для измерения плотности потока бета-излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами стронция-90 и иттрия-90? При чем здесь иттрий-90? Реагирует ли прибор в этом режиме на радионуклиды цезий-137?

8. Одно из назначений прибора – измерение удельной активности радионуклида цезий-137 в водных растворах. Почему этот режим в наши дни практически не используется?

Лабораторная работа № 4

Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130 (МКС-АТ6130А, МКС-АТ6130С)

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности дозы рентгеновского и гамма-излучения, плотности потока бета-частиц, а также поиска источников ионизирующих излучений указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазон измерения</i>	
мощности дозы	0,1 мкЗв/ч- 10 мЗв/ч
плотности потока β-частиц	10 - 10 ⁴ част./(мин·см ²)
Время измерения естественного радиационного γ-фона (0,1 мкЗв/ч) при статистической погрешности ± 20 %	не более 300 с
<i>Предел основной относительной погрешности измерения</i>	
для всех режимов	±20 %

Устройство и органы управления

На передней панели приборов находятся:

табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ)

светодиодный индикатор

мембранная панель управления с четырьмя кнопками.



Прибор может находиться в одном из двух состояний: **режим индикации измерений** и **режим меню**. Для входа в режим меню необходимо нажать и слегка удерживать кнопку ПАМ/РЕЖ. Для возврата в режим индикации измерений эта же кнопка нажимается кратковременно.

В следующей таблице представлено назначение кнопок управления.

Кнопка	Обозначение по тексту	Функция	
		в режиме индикации измерений	в режиме меню
	ПУСК/ОТКЛ	команда «Запуск» на новое измерение	команда выполнить (аналог клавиши Enter в компьютере)
	ПАМ/РЕЖ	команда «запомнить» текущий результат в памяти; нажатие и удержание (до смены изображения на ЖКИ) – переход в режим основного меню	команда «отмена» для выхода из режима основного меню в режим индикации измерений, или на предыдущий уровень меню (аналог клавиши Esc в компьютере)
	ЗВУК/ВВЕРХ	включение/выключение звукового излучателя.	команда «вверх» для перемещения по экрану ЖКИ
	СВЕТ/ВНИЗ	включение/выключение подсветки табло	команда «вниз» для перемещения по экрану ЖКИ

Ниже представлена структура меню, отражающая все режимы работы приборов

МКС - АТ6130, МКС-АТ6130А, МКС-АТ6130В, МКС-АТ6130Д		для МКС-АТ 6130 - <u>с открытой крышкой-фильтром</u>	
MODE DOSE RATE DOSE SEARCH* BACKGROUND** MEASURE VIEW DIAGRAMS MEASURE VIEW	режим мощность дозы доза поиск* фон** измерение просмотр диаграммы измерение просмотр	MODE FLUX DENS SEARCH	режим плотность потока поиск
THRESHOLD DOSE RATE DOSE	порог мощность дозы доза	THRESHOLD	порог
NOTEBOOK READ UNDO CLEAR	записная книжка чтение отменить очистить	NOTEBOOK READ UNDO CLEAR	записная книжка чтение отменить очистить
SETTINGS TIME DATE IR PORT***	установки время дата ИК канал***	SETTINGS TIME DATE IR PORT	установки время дата ИК канал

Примечания:

*) - кроме МКС-АТ6130

***) - только для МКС-АТ6130

****) - только для МКС-АТ6130 и МКС-АТ6130В

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии (с. 7-11 [1]) и плотности потока бета-частиц (с. 13 [1]), работой счетчика Гейгера-Мюллера (с.17-18 [1]), основами устройства дозиметров (с. 20, 23-24 [1]), описанием прибора (с. 42-48 [1], 109-118[2]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ПУСК/ОТКЛ, на экране появится надпись «Атомтех». После завершения самоконтроля (через 3-5 с) прибор переходит в режим постоянного измерения дозы и мощности дозы с индикацией значения в $\mu\text{Sv/h}$ (мкЗв/ч).

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения в помещении

Согласно [3] при обследовании зданий и сооружений МД измеряется в пяти точках помещения на высоте 1 м над уровнем пола (четыре измерения по углам помещения и одно в центре).

Поместите прибор в центре помещения на расстоянии 1 м параллельно полу.

Режим измерения мощности дозы включается автоматически (по умолчанию) при запуске прибора или через основное меню прибора (**MODE** → **DOSE RATE**). На табло выводится текущее значение мощности дозы ($\mu\text{Sv/h}$) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%).

При достижении статистической погрешности 15% запишите показания в тетрадь и память прибора, нажав кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ. При этом на табло появится индикация "ОК" (запись произошла).

Результат измерения запишите в виде

$$\text{МД} = \text{МД}_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{\text{МД}_{\text{изм}} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 20 %.

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то запишите его в виде

$$МД = 0,10 \text{ мкЗв/ч.}$$

Повторите указанную процедуру для четырех углов помещения. Новое измерение инициируется кнопкой ПУСК/ОТКЛ.

Нарисуйте схему помещения в виде прямоугольника и поставьте в нужных местах найденные значения МД.

4 Измерение плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности

4.1 Измерение фона

Возьмите у преподавателя необходимый образец.

Запустите измерение фона (при закрытой задней крышке фильтра) через основное меню: **MODE** → **BACKGROUND** → **MEASURE**.

На табло выводится текущее значение фона (s^{-1}) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). При достижении статистической погрешности 10% значение фона запишите и запомните, нажав кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ.

Записанное в память значение фона можно посмотреть через основное меню: **MODE** → **BACKGROUND** → **VIEW**.

4.2 Основное измерение

Режим *плотности потока* включается автоматически, если открыть крышку фильтра, а также через основное меню прибора (при открытой крышке фильтра): **MODE** → **FLUXDENS**.

Установите прибор с открытой крышкой таким образом, чтобы плоскость задней стенки прибора находилась на расстоянии 15 ± 3 мм от исследуемой поверхности.

На табло выводится текущее значение плотности потока ($1/(min \cdot cm^2)$, $10/(min \cdot cm^2)$) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). Измеренный ранее фон вычитается автоматически. По достижении статистической погрешности 10 % остановите измерение.

Результат измерения запишите в виде

$$q = q_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{q_{\text{изм}} \cdot \Theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 20 %.

5 Поиск источника ионизирующих излучений

Попросите преподавателя спрятать контрольный радиоактивный источник.

Откройте крышку прибора и через меню включите режим поиска: **MODE** → **SEARCH**. В процессе работы измеряется скорость счета детектора, при этом результат обновляется каждые 2 с. Таким образом, увеличение скорости счета свидетельствует о приближении к источнику, а уменьшение – об удалении от него. О скорости счета можно судить по темной полоске – маркеру на экране ЖКИ и частоте звукового сигнала.

Если источник близко, маркер заполняет правую часть шкалы, а звуки сливаются почти в непрерывный сигнал. Для продолжения поиска нужно нажать кнопку ПАМ/РЕЖ. При этом: появляется индикация «OK», прибор переключает шкалу на новый диапазон, записанное значение скорости счета принимается за новую точку начала отсчета, величина маркера и частота сигнала уменьшаются.

Попробуйте разыскать источник, двигаясь вместе с прибором в сторону роста показаний и частоты звукового сигнала.

6 Выключение прибора

Три раза быстро нажмите кнопку ПУСК/ОТКЛ (только из режима индикации измерений). При этом прибор индицирует "OFF" и, завершив все операции, через 1-2 с выключается.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение AMBIENTNOGO эквивалента дозы. К какому классу относится эта дозиметрическая величина?
2. Какими двумя способами с помощью данного прибора можно оценить эффективную дозу, полученную Вами за 0,5 часа?
3. По умолчанию прибором предусмотрена сигнализация о превышении порогового значения мощности дозы – 30 мкЗв/ч. Чему равна годовая доза при постоянном облучении с такой мощностью дозы?

4. Чем можно объяснить, что измерение мощности дозы данным прибором обычно требует больше времени, чем другими дозиметрами?
5. Какая погрешность отображается на табло в ходе измерения, и какую погрешность следует записать в окончательном результате?
6. Нужно ли при работе с данным прибором производить несколько измерений с последующим усреднением результатов?
7. Для чего режим ПОИСК рекомендуется включать при открытой задней крышке прибора?
8. Для чего предусмотрен режим **DIAGRAMS** прибора?

Лабораторная работа № 5

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1125 (МКС-АТ1125А)

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности дозы гамма-излучения, удельной активности (УА) радионуклида цезий-137 (экспресс-контроль), плотности потока альфа- и бета-частиц указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

	МКС-АТ1125	МКС-АТ1125А	с БДПС-02
<i>Диапазон измерения</i>			
мощности дозы	0,03 - 300 мкЗв/ч	0,03 - 100 мЗв/ч	0,1 мкЗв/ч - 30 мЗв/ч
УА с блоком защиты (БЗ)	20 - 10 ⁵ Бк/кг		
УА без БЗ (экспресс-контроль)	50 - 10 ⁵ Бк/кг		
плотность потока альфа-частиц			2,4 - 10 ⁶ част./(мин·см ²)
плотность потока бета-частиц			6 - 10 ⁶ част./(мин·см ²)
Время измерения естественного радиационного γ-фона (0,1 мкЗв/ч) при статистической погрешности ± 20 %	не более 15 с		
<i>Предел основной относительной погрешности измерения</i>			
мощности дозы, дозы	± 15 %		± 20 %
удельной активности	± 20 %		
плотности потока альфа-частиц в диапазоне 2,4 - 30 част./(мин·см ²)			± 30 %
плотности потока бета-частиц			± 20 %

Устройство и органы управления

Прибор состоит из блока обработки информации (БО) со съемной ручкой и (при наличии) блока детектирования (БДПС-02) с соединительным кабелем. Дополнительно может быть поставлен блок защиты (БЗ).



На передней панели расположены:

табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ)



мембранная панель управления с четырьмя кнопками.

Прибор имеет два основных режима работы:

- **F1** – режим дозиметра (измерение мощности дозы и дозы;
- **F2** – режим радиометра – измерение УА, а с БДПС-02 – измерение плотности потока альфа- и бета-излучения.

Каждый из режимов имеет несколько подрежимов. Для перехода из подрежима **1** в другой длительно нажмите кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ – на табло появится индикация подрежима **2**. Если нужен другой подрежим, кратковременно нажимайте на кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ или кнопки ▲, ▼. Примерно через 1,5 с после появления на табло номера нужного подрежима произойдет его включение.

Для переключения режимов **F1**, **F2** установите подрежим **7**. После соответствующей индикации установите кнопками ▲ или ▼ нужный режим и, нажав длительно на кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ, перейдите в подрежим **1** вновь установленного режима и далее в нужный подрежим.

Ниже представлены все подрежимы работы прибора.

№№ подре- ре- жима	Назначение подрежима в режиме			
		F1		F2
	Прибор без БДПС-02	Прибор с БДПС-02		Измерение с БЗ (индикация «CL») Экспресс-контроль (индикация «OP»)
1	измерение МД	измерение плотности потока альфа- излучения бета-излучения		измерение УА, ввод значения массы
2	измерение дозы	измерение флюенса альфа- излучения бета-излучения		
3		поиск		
4	измерение средней скорости счета			-
5	записная книжка (режим «ЗК»)			
6	сервисный			
7	переключение режима работы из F1 в F2			переключение режима работы из F2 в F1

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии, радиометрии и плотности потока частиц (с. 7-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства приборов (с. 20-26 [1]), описанием прибора (с. 49-58 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ПУСК. Прибор переходит в режим самоконтроля и на короткое время включается звуковой сигнал.

В случае успешного завершения самоконтроля на табло в течение короткого времени индицируется обозначение режима «F1» или «F2», установленного при предыдущем включении прибора. После исчезновения индикации прибор переходит в подрежим 1 этого режима, при этом индикация подрежима отсутствует.

На табло индицируются: значение измеряемой величины, единица ее измерения, значение статистической погрешности в процентах (может отсутствовать), символ « \blacktriangleleft », указывающий на включенную звуковую сигнализацию, а также символ «T», мигающий в такт с циклом измерения 2 с и свидетельствующий о работе прибора.

Примерно через 20 с начинается измерение мощности дозы в « nSv/h » ($nЗв/ч$), если был выбран режим F1, или измерение УА в « Bq/kg » ($Бк/кг$) – для режима F2.

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения в помещении

Согласно [3] при обследовании зданий и сооружений МД измеряется в пяти точках помещения на высоте 1 м над уровнем пола (четыре измерения по углам помещения и одно в центре). Так как прибор индицирует статистическую погрешность, то согласно [3] в каждой контрольной точке проводится 1 измерение при статистической погрешности не более 15 %.

Поместите прибор в центре помещения на расстоянии 1 м параллельно полу.

Включите прибор, выберите режим измерения F1 и подрежим 1. На табло индицируются: значение мощности дозы в « nSv/h » ($nЗв/ч$), значение статистической погрешности в %.

При достижении статистической погрешности 15 % значение фона запишите в тетрадь и память прибора, нажав кнопку

ПАМЯТЬ/РЕЖИМ. При этом на табло появится индикация "ОК" (запись произошла).

Для записи результата в *мкЗв/ч* разделите показания прибора на 1000 и запишите значение в виде

$$МД = МД_{изм} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{МД_{изм} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 15 %.

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений, то запишите его в виде

$$МД = 0,03 \text{ мкЗв/ч.}$$

Повторите указанную процедуру для четырех углов помещения. Новое измерение инициируется кнопкой ПУСК/ОТКЛ.

Нарисуйте схему помещения в виде прямоугольника и проставьте в нужных местах найденные значения МД.

4 Измерение удельной активности пробы экспресс-методом

Измерение УА может проводиться с блоком защиты (БЗ) и без БЗ (экспресс-контроль), при этом на табло высвечивается «СЛ» или «ОР» соответственно.

Перейдите в режим **F2**, подрежим **6**. Кнопками **▲** или **▼** выберите измерение без блока защиты «ОР».

Перед измерением УА следует измерить фон:

- а) с сосудом, заполненным водой;
- б) с пустым сосудом.

4.1 Измерение фона с пустым сосудом

Укрепите прибор на входящей в комплект подставке. Установите на прибор штатный сосуд и выберите подрежим измерения фона «2». На табло появится значение ранее измеренного фона. Нажав кнопку ПУСК, начните новое измерение (на табло высвечивается «0»), что свидетельствует о начале измерения фона с пустым сосудом).

При достижении значения статистической погрешности 3% кратковременно нажмите кнопку ПУСК – появится мигающая ин-

дикация «М». Значение фона запишите в память прибора, кратко- временно нажав на кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ.

4.2 Измерение фона с сосудом, заполненным водой

Установите на прибор штатный сосуд, заполненный водой, и выберите подрежим измерения фона «3». Нажав кнопку ПУСК, начните новое измерение (на табло высвечивается «500», что свидетельствует об измерении фона с сосудом, заполненным водой).

При достижении значения статистической погрешности 3% кратко- временно нажмите кнопку ПУСК – появится мигающая индикация «М». Значение фона запишите в память прибора, кратко- временно нажав на кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ.

4.3 Измерение удельной активности

Получите у преподавателя пробу, определите ее массу и установите на прибор. Установите подрежим «1» – появится индикация «0, Bq/kg».

Чтобы ввести в прибор значение массы пробы, нажмите на кнопку ПУСК и кнопку ▲ (для увеличения значения) или ▼ (для уменьшения значения).

Запустите измерение УА, нажав кнопку ПУСК. По достижению статистической погрешности 10% остановите прибор еще одним нажатием кнопки ПУСК.

Результат запишите в виде

$$OA = OA_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{OA_{\text{изм}} \cdot \Theta}{100\%}$$

где Θ – основная относительная погрешность измерения, составляющая для данного прибора 20%.

Для значений УА, меньших нижней границы диапазона измерения НГДИ, равной 50 Bq/kg, погрешность измерения не регламентируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$OA_{\text{изм}} < \text{НГДИ.}$$

5 Измерение плотности потока альфа-частиц

5.1 Измерение фона

Подключите БДПС-02 к прибору и в подрежиме "6" выберите режим измерения "α". Снимите с БДПС-02 крышку-фильтр и установите альфа - фильтр, закрепив его держателем. Установите БДПС-02 на полученный у преподавателя образец.

Установите подрежим "1" – режим измерения плотности потока и нажмите кнопку ПУСК. При этом на табло индицируется значение измеряемого фона, единицы измерения плотности потока « $\text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ » и значение статистической погрешности. При достижении статистической погрешности 10 % запомните значение фона.

Для этого длительно, примерно на полторы сек нажмите кнопку ПУСК. При этом измерение останавливается и на табло перед значащими цифрами появляется символ "•". По кратковременному нажатию кнопки ПАМЯТЬ/РЕЖИМ значение фона записывается в память прибора.

5.2 Основное измерение

Снимите альфа-фильтр и установите БДПС-02 на образец. Кратковременно нажмите кнопку ПУСК, после чего появится мигающий символ "•" и начнется процесс измерения.

При достижении статистической погрешности 10% остановите измерение.

Результат запишите в виде

$$q_{\alpha} = q_{\text{изм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{q_{\text{изм}} \Theta}{100\%},$$

где Θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 30 %.

6 Измерение плотности потока бета-частиц

6.1 Измерение фона

Подключите БДПС-02 к прибору и в подрежиме "6" выберите режим измерения "β". БДПС-02 с закрытой крышкой-фильтром установите на полученный у преподавателя образец.

Установите подрежим "1" - режим измерения плотности потока и нажмите кнопку ПУСК. При достижении статистической

погрешности 10 % запомните значение фона аналогично тому, как это было описано в 5.1.

6.2 Основное измерение

Снимите крышку-фильтр и установите альфа-фильтр, закрепив его держателем. Установите БДПС-02 на образец. Кратковременно нажмите кнопку ПУСК, после чего появится мигающий символ "•" и начнется процесс измерения.

При достижении статистической погрешности 10% остановите измерение.

Результат запишите в виде

$$q_{\beta} = q_{\text{визм}} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{q_{\text{визм}} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора 20 %.

7 Выключение прибора

Три раза нажмите кнопку ПУСК. На табло появится сообщение «OFF» и через 1-2 с прибор выключится.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая особенность устройства данного прибора наиболее сильно влияет на его параметры?
2. Данный прибор очень хорошо подходит для контроля однородности партий продукции. Почему?
3. Что такое мощность дозы, и каковы единицы ее измерения?
4. Измерения удельной активности могут проводиться с блоком защиты и без него. Какая характеристика прибора при этом существенно изменяется?
5. Для чего служит блок БДПС-02?
6. Дайте определение понятию плотность потока альфа частиц. Какие известные Вам радионуклиды могут дать вклад в показания прибора при измерении данной величины?
7. Какие известные Вам радионуклиды могут дать вклад в показания прибора при измерении плотности потока бета частиц?

8. Как работает прибор в режиме поиска источников излучения?

Репозиторий БГАТУ

Лабораторная работа № 6

Радиометр-дозиметр МКС-01М «Советник»

Цель работы

Приобрести навыки измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, удельной активности цезия-137 в мышечной ткани, контроля однородности партии продукции указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазон измерения	
мощности дозы гамма-излучения	0,05 - 10,0 мкЗв/ч
УА в мышечной ткани	40 - 4000 Бк/кг
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения	
мощности дозы гамма-излучения	± 25 %
УА в мышечной ткани в диапазоне от 80 до 4000 Бк/кг	± 28 %

*) указанная допускаемая относительная погрешность измерений включает в себя основную и дополнительную погрешности.

Устройство и органы управления



Прибор состоит из блока детектирования (БД) и блока регистрации (БР).

На передней панели БР расположены:

табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ)

мембранная панель управления с кнопками управления прибором и ввода числовых параметров.



Назначение кнопок управления представлено в таблице.

Кнопка	Наименование и функциональное назначение
ВКЛ/ОТКЛ	Включение и выключение прибора
◀▶	Перемещение по пунктам меню, выбор режима работы. При вводе числовых значений кнопка ◀ служит для удаления ранее введенного значения, а кнопка ▶ для ввода точки (запятой) десятичной дроби.
▼▲	Масштабирование энергетического спектра
ВВОД	Подтверждение выбора пункта меню, (операции или режима работы) отображаемого на дисплее.
ОТМЕНА	Возврат к предыдущему пункту меню или досрочная остановка выполняемого измерения
СПЕКТР	Переключение в режим отображения энергетического спектра при выполнении измерения
СТАРТ	Запуск измерения
ЗАПИСЬ	Запись спектра в энергонезависимую память
1, 2, 3... 9, 0	Ввод разрядов целого числа либо десятичной дроби

Основные режимы работы, выбираемые с помощью меню, представлены в следующей таблице

Режим работы	Решаемая задача
ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗЫ	<ul style="list-style-type: none"> Измерение мощности дозы гамма-излучения с устанавливаемой статистической погрешностью Определение однородности партии продукции по распределению цезия-137 Радиационный контроль металлолома
МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ	<ul style="list-style-type: none"> Измерение УА цезия-137 в мышечной ткани животных, тушах/полутушах
СКОРОСТЬ СЧЕТА	<ul style="list-style-type: none"> Измерение скорости счета в «энергетических окнах», соответствующих излучению радионуклидов цезий-137 и калий-40 Определение однородности партии продукции по распределению цезия-137

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями дозиметрии и радиометрии (с. 7-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с. 18-20 [1]), основами устройства приборов (23-26 [1]), описанием прибора (с. 59-65 [1], 119-131 [2]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ, удерживая ее нажатой до появления на дисплее БР сообщения «Загрузка». После загрузки программного обеспечения, которая длится около 15 секунд, в центре дисплея отображается режим работы, установленный по умолчанию (измерение дозы)

3 Измерение мощности дозы гамма-излучения на рабочем месте

Согласно [3] при аттестации рабочих мест специалистов, работающих с источниками ионизирующих излучений, измерения проводятся на высотах 0,1; 0,9 и 1,5 м от поверхности пола

Разместите прибор на высоте 0,1 м от пола. Для измерения мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы из главного меню выберите пункт **Мощность дозы**, цифровыми кнопками задайте значение относительной статистической погрешности измерения 15% и нажмите кнопку СТАРТ.

Сообщение о завершении измерения сопровождается серией звуковых сигналов.

Результат измерения запишите в виде

$$МД = МД_{изм} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{МД_{изм} \cdot \theta}{100\%},$$

где θ – допустимая относительная погрешность, составляющая для данного прибора 25 %.

Если результат меньше нижнего предела измерений (0,05 мкЗв/ч), то его записывают в виде

$$МД = 0,05 \text{ мкЗв/ч.}$$

Повторите указанные процедуры на высоте 0,9 и 1,5 м. Представьте результаты в виде таблицы (высота, значение мощности дозы).

4 Оценка удельной активности цезия-137 в мышечной ткани

Данный режим широко используется на предприятиях мясной промышленности для радиационного контроля животных, туш, полутуш. В данном задании предлагается оценить удельную активность цезия-137 в теле человека. Для корректного решения этой задачи прибором «Советник» не существует принятой в установ-

ленном порядке методики измерений, поэтому речь идет только об оценке. Корректно такие измерения проводятся специальными приборами – счетчиками (или спектрометрами) излучений человека (СИЧ) по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения.

4.1 Измерение фона

Выберите режим **Мышечная ткань** и направьте прибор в сторону своего партнера по выполнению лабораторной работы, на расстоянии 1 – 1,5 м до него. После появления сообщения «необходимо измерение фона» нажмите СТАРТ. На дисплее будет отображаться периодически обновляемая информация о текущем значении фоновой интенсивности со значением относительной статистической погрешности. Время измерения фона, устанавливаемое автоматически в зависимости от внешних условий и калибровок прибора, составляет 3 – 5 мин.

4.2 Выбор условий измерения

После завершения измерения фона необходимо задать значение норматива в *Бк/кг*. После появления соответствующего запроса оставьте запрограммированное по умолчанию (500 *Бк/кг*) значение, либо введите какое-либо другое с помощью цифровых кнопок клавиатуры и нажмите ВВОД.

Далее прибор запрашивает массу измеряемого объекта. Это условие измерения выбирается путем перебора запрограммированных вариантов («более 100 кг» и «менее 100 кг») с помощью кнопок ◀ ▶. Выберите условие «менее 100 кг» и нажмите кнопку ВВОД.

В ответ на запрос о режиме измерения (**Измерение УА – Индикация**) выберите **Измерение УА** (иначе производится только контроль на соответствие или несоответствие нормативу).

4.3 Измерение

Плотно прислоните БД к груди или спине партнера и нажмите СТАРТ. Время измерения устанавливается автоматически до достижения результирующей погрешности в соответствии с МВИ. На дисплее отображается результат измерения с относительной результирующей погрешностью, в нижней части – верхняя и нижняя границы интервала. Запишите результат измерения.

5 Проверка однородности партии условной продукции

Партия – определенное количество упакованной или неупакованной однотипной продукции или сырья. Конкретные определения термина «партия» для

различных видов продукции содержатся в [4]. При больших объемах партии радиационный контроль становится трудоемкой задачей. Он упрощается в случае *однородных* партий продукции или сырья.

Согласно [4] партия продукции считается **однородной**, если минимальное и максимальное значения результатов измерений в разных точках контроля отличаются не более чем в полтора раза (на 50 %).

При содержаниях цезия-137, соизмеримых с предельно допустимыми, используют сплошной метод, при котором на однородность проверяется каждая партия без исключения. Так поступали в первые годы после чернобыльской аварии. В наши дни обычно используется выборочный метод, когда проверки однородности производится либо для одной партии, выбранной из заранее установленного числа, либо с определенной периодичностью во времени.

При низкой частоте проведения проверок однородности их можно проводить посредством прямых измерений **удельной активности** (УА) цезия-137 в точечных пробах, отобранных от проверяемой партии для составления объединенной пробы.

Рациональнее проводить проверку однородности без отбора проб путем менее трудоемких измерений в выбранных контрольных точках одной из двух величин:

- **мощности дозы гамма-излучения** в $мкЗв/ч$;
- **скорости счета импульсов гамма-излучения** в $имп/с$.

Правила выбора контрольных точек устанавливаются для каждого вида контролируемой продукции [4]. Во многих случаях это могут быть точки отбора проб для составления объединенной пробы, которые устанавливаются методикой отбора проб, либо схемой радиационного контроля, либо методикой выполнения измерений. Проверка однородности служит основанием приписывания измеренного в средней пробе значения удельной активности цезия-137 партии в целом.

В [4] для проверки однородности рекомендуется измерение мощности дозы гамма-излучения дозиметрами, имеющими нижний предел измерения не более $0,1 мкЗв/ч$. Согласно [5] эффективнее использовать носимый радиометр-дозиметр, дозиметр либо носимый спектрометр, имеющий сцинтилляционный детектор на основе кристалла NaI или CsI с объемом сцинтиллятора не менее $19 см^3$. При этом относительная статистическая погрешность измерений должна составлять не более $\pm 15\%$ (с доверительной вероятности $P = 0,95$). Наиболее эффективны измерения скорости счета импульсов в энергетическом окне радионуклида цезий-137.

После проверки однородности производят измерение удельной активности средней пробы. Для неоднородных партий возможны два случая.

Если измеренное значение УА не соответствует допустимому (контрольному) уровню, то партию необходимо **рассортировать** на однородные партии. Обычно рассортировку партии проводят на три группы: с высоким, средним и низким содержанием радионуклидов. При этом более детальные измерения проводят вокруг точки максимального отклонения от среднего значения в партии, сокращая расстояние между отдельными точками контроля. После этого проводят повторные измерения в каждой из трех групп.

Если измеренное значение УА соответствует допустимому (контрольному) уровню, то рассортировка неоднородной партии **не производится**, о чем делается соответствующая запись в журнале.

Получите у преподавателя пакеты с условной продукцией. В предположении, что это некая партия, проверьте ее однородность. Для этого в меню выберите режим **Скорость счета**, установите требуемую статистическую погрешность (15%), поднесите прибор на расстояние 1-1,5 см к поверхности одного из пакетов и нажмите СТАРТ. По завершению измерения, сопровождаемому звуковыми сигналами, запишите полученное значение скорости счета.

Повторите указанную процедуру для остальных пакетов. Составьте таблицу (№ пробы, скорость счета в *имп./с*). Найдите максимальное и минимальное значение скорости счета. Сделайте вывод об однородности данной партии.

6 Выключение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ и после появления сообщения «Выключение» отпустите ее – выключение прибора завершается далее автоматически.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое амбиентный эквивалент дозы, и в каких единицах он измеряется?
2. Почему измерения мощности дозы прибором «Советник» при заданной статистической погрешности происходят значительно быстрее, чем простейшими малогабаритными дозиметрами?
3. Какую роль при определении среднегодовой эффективной дозы облучения населения играют измерения удельной активности цезия-137 в теле человека?
4. Что такое удельная активность, и в каких единицах она измеряется?
5. Можно ли прибором «Советник» измерять удельную активность образцов в сосуде Маринелли?
6. Для чего введено понятие «однородная партия» и что оно означает?
7. Как вы понимаете выражение «скорость счета в энергетическом окне цезия-137»?
8. Каковы преимущества и недостатки прибора «Советник» в сравнении с обычными радиометрами?

Лабораторная работа № 7

Гамма-радиометр РУГ-91

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазоны измерения			
ОА радионуклидов Cs, Бк/л *	18 - 5 000	60 - 50 000	
Время измерения	20 мин	2 мин	
Пределы основной относительной погрешности измерения			
ОА радионуклидов Cs в диапазоне	18 - 30 Бк/л	± 50 %	
	30 - 100 Бк/л	± 30 %	
	100 - 1000 Бк/л	± 10 %	
	1000 - 5 000 Бк/л	± 5 %	
	60 - 100 Бк/л		± 50 %
	100 - 600 Бк/л		± 30 %
	600 - 10 000 Бк/л		± 10 %
	10 000 - 50 000 Бк/л		± 5 %

*) При плотности проб 1 кг/л таковы же будут пределы измерения и УА в Бк/кг

Устройство и органы управления

Прибор состоит из совмещенных блока защиты (БЗ), блока обработки информации (БО) и сцинтилляционного блока детектирования (БД). В состав радиометра также входит сосуд 0,5 л.

На передней панели БО расположены:





табло жидкокристаллического индикатора

кнопка СЕТЬ – включение и отключение питания

кнопка СБРОС – сброс значений

кнопка ФОН – режим измерения фона

кнопка ПРОБА – режим измерения активности пробы

кнопка 2 МИН и кнопка 20 МИН – для установки времени измерения

кнопка ЦЕЗИЙ-137 и кнопка КАЛИЙ-40 – для выбора измеряемого радионуклида.

Каждая кнопка имеет свою светодиодную индикацию.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров (с. 21, 23-25 [1]), описанием прибора (с. 66-70 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Включите прибор в сеть и нажмите кнопку СЕТЬ. Звуковой сигнал и индикация на цифровом табло «0000» означают готовность прибора к работе.

По включению питания автоматически устанавливается режим измерения ЦЕЗИЙ-137.

3 Измерение фона

Получите у преподавателя и установите в блок защиты сосуд (0,5 л), наполненный дистиллированной водой, закройте крышку и нажмите кнопку ФОН.

Нажмите кнопку времени измерения 20 МИН, при этом на табло отображается обратный отсчет времени. Окончание измерения подтверждается звуковым сигналом. По окончании измерения фона нажмите кнопку ЦЕЗИЙ-137. На табло отображается результат в единицах скорости счета (1/с), который заносится в память прибора и автоматически учитывается в дальнейшей работе.

4 Измерение активности проб

4.1 Проба высокой активности

Попросите у преподавателя кювету с такой пробой и установите ее внутри блока защиты. Закройте крышку, нажмите кнопку ПРОБА и кнопку времени 2 МИН. На табло отображается обратный отсчет времени. Окончание измерения подтверждается звуковым сигналом и индикацией результата измерения в $кБк/л$ на табло. После завершения измерения нажмите кнопку ЦЕЗИЙ-137. Значение объемной активности необходимо умножить на 1000 и результат $ОА_{изм}$ в $Бк/л$ записать в журнал.

Результат запишите в виде

$$ОА = ОА_{изм} \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = ОА_{изм} \cdot \theta / 100 \%,$$

где θ – основная относительная погрешность измерения, выбираемая из таблицы с техническими характеристиками в зависимости от времени и диапазона измерения, в которое входит полученное значение $ОА_{изм}$.

Если количества пробы недостаточно для полного заполнения сосуда Маринелли, то результат измерения нужно умножить на поправочный коэффициент для данного объема: 400 $мл$ – 1,2; 300 $мл$ – 1,5; 200 $мл$ – 2,2.

Для нахождения удельной активности пробы нужно знать ее плотность ρ . С этой целью на весах с погрешностью не более ± 2 %, найдите массу m пробы в $кг$ и, зная ее объем в $л$, вычислите ρ по формуле

$$\rho = m / V.$$

Удельную активность найдите по формуле:

$$УА_{изм} = ОА / \rho.$$

Запишите в рабочий журнал значения $УА$ и $УА_{изм}$ в виде, как и для объемной активности.

4.2 Проба низкой активности

Попросите у преподавателя кювету с низкоактивной пробой и установите ее внутрь блока защиты. Закройте крышку, нажмите кнопку ПРОБА и кнопку времени 20 МИН.

Остальные действия выполните аналогично 4.1.

Для значений $ОА$, меньших нижней границы диапазона измерения НГДИ (эти значения указаны в таблице технических характеристик), погрешность измерения не регламентируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$ОА_{изм} < ОА_{min},$$

где $ОА_{min} = НГДИ$.

Аналогично записывается результат для удельной активности, если он получился меньше, чем минимальная измеряемая активность:

$$УА_{изм} < УА_{min},$$

где оценка $УА_{min}$ для находится по формуле:

$$УА_{min} = ОА_{min} / \rho$$

(при плотности исследуемой пробы в интервале от 0,1 до 1,7 кг/л).

5 Выключение прибора

Нажмите кнопку СЕТЬ и отключите прибор от сети.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое активность?
2. Почему определение активности пробы сводится к регистрации и подсчету испущенных ей гамма-квантов?
3. Почему профессиональный радиометр обязательно имеет блок свинцовой защиты?
4. Почему в радиометрах всегда предусмотрена процедура измерения и учета фона?
5. Почему в радиометрах не используют простые и недорогие счетчики Гейгера-Мюллера?
6. В каких единицах измеряются удельная и объемная активность?
7. Можно ли данным радиометром измерить активность стронция-90 в пробе?

8. Почему для проб низкой активности требуется большее время измерения?

Репозиторий БГАТУ

Лабораторная работа № 8

Гамма-радиометр РУГ-92

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазон измерения	
ОА радионуклидов Cs в сосуде объемом 1,0 л, Бк/л *)	18 - 37 000
Предел основной относительной погрешности измерения	
ОА радионуклидов Cs в сосуде объемом 1,0 л, Бк/л	± 35 %

*) При плотности проб 1 кг/л таковы же будут пределы измерения и УА в Бк/кг

Устройство и органы управления

Прибор состоит из конструктивно объединенных блока защиты (БЗ), сцинтилляционного блока детектирования (БД), аналогового блока, а также блока обработки информации (БО). В состав радиометра входят соединительный кабель, сосуд Маринелли 1,0 л и плоский сосуд 0,25 л.



На передней панели БО расположены:



четырёхразрядный цифровой индикатор с плавающей запятой

кнопка ФОН – измерение фона

кнопки выбора типа измерительной кюветы:

1л – сосуд Маринелли 1,0 л

□ – сосуд 0,5 л

□ – плоский сосуд 0,25 л

кнопка ДП – выбор времени измерения
(нажатая кнопка ДП и горящий над ней светодиод соответствуют установке времени измерения 600 с; повторное нажатие на кнопку ДП приводит к включению времени измерения 60 с)

кнопка ИЗМ – измерение активности.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров (с. 21, 23-25 [1]), описанием прибора (с. 71-76 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Включите радиометр сетевым тумблером, расположенным на передней панели аналогового блока. На информационном табло высвечиваются четыре запятые, над тумблером должен загореться светодиод.

В случае исправности прибора раздается звуковой сигнал и на цифровом табло высвечивается код исправности «00 СС», означающий готовность к работе.

По окончании самопроверки прибора автоматически выбирается измерительная кювета – полный сосуд Маринелли объемом 1,0 л, загорается светодиод на соответствующей кнопке, на табло индикатора появляются мигающие нули «0000» и раздается звуковой сигнал.

3 Измерение фона

Попросите у преподавателя и установите в блок защиты сосуд (1,0 л), наполненный дистиллированной водой. Закройте БЗ и нажмите кнопку ДП (для установки времени измерения 600 с), над ней загорится светодиод. Нажмите кнопку ФОН, над ней загорится светодиод.

По истечении времени измерения раздается звуковой сигнал, светодиод на кнопке ФОН начнет мигать. Величина фона в относи-

тельных единицах высвечивается на цифровом табло и запоминается в памяти радиометра.

Значение фона запишите в тетрадь.

4 Измерение активности пробы

Нажмите кнопку $\lfloor \rfloor$ для выбора типа кюветы 1,0 л, и установите время измерения пробы – 600 с, нажав кнопку ДП.

Получите у преподавателя кювету с исследуемой пробой, поставьте в ее БЗ, закройте крышку.

Нажмите кнопку ИЗМ (измерение), над ней загорится светодиод. По окончании измерения активности раздается звуковой сигнал, светодиод над кнопкой ИЗМ начинает мигать, а на табло индицируется активность пробы в $кБк/л$. Значение активности умножьте на 1000 и результат $ОА_{изм}$ в $Бк/л$ запишите в журнал.

Если плотность пробы близка к плотности воды (1 $кг/л$), то значение УА совпадает со значением $ОА$.

Удельную активность (в $Бк/кг$) пробы, плотность которой существенно отличается от 1 $кг/л$, рассчитайте по формуле

$$УА_{изм} = ОА_{изм} / \rho,$$

где ρ – плотность пробы, $кг/л$, которая вычисляется как отношение массы пробы ($кг$) к ее объему ($л$), занимаемому в штатном сосуде.

Результат измерения запишите в рабочий журнал в виде

$$ОА (УА) = ОА_{изм} (УА_{изм}) \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = ОА_{изм} (УА_{изм}) \cdot \theta / 100 \%$$

где θ – основная относительная погрешность измерения, составляющая 35%.

Для значений $ОА$, меньших нижней границы диапазона измерения $ОА_{min}$ (18 $Бк/л$), погрешность измерения не регламентируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$ОА_{изм} < ОА_{min} ,$$

где $ОА_{min}$ = НГДИ.

Аналогично записывается результат для удельной активности, если он получился меньше, чем минимальная измеряемая активность:

$$УА_{\text{изм}} < УА_{\text{min}},$$

где оценка $УА_{\text{min}}$ для находится по формуле:

$$УА_{\text{min}} = ОА_{\text{min}} / \rho$$

(при плотности исследуемой пробы в интервале от 0,1 до 1,7 кг/л).

5 Выключение прибора

Переведите тумблер в положение ВЫКЛ и отключите прибор от сети.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему, несмотря на наличие массивной свинцовой защиты необходима процедура измерения и учета фона?
2. Может ли фон в течении рабочего дня измениться? Если Вы это обнаружили, какие действия необходимо предпринять?
3. В каких случаях численные значения удельной и объемной активности совпадают?
4. В каких случаях можно выбирать время измерения 60 с?
5. Как можно объяснить, что прибор показывает значение активности в *кБк/л*, что неудобно в практике работы, так как приходится показания прибора умножать на 1000?
6. Можно ли данным прибором контролировать содержание цезия-137 в воде?
7. Литровый сосуд Маринелли был наполнен пробой наполовину. Как нужно скорректировать показания прибора?
8. Плотность пробы составляет 0,5 кг/л. Чему равно минимальное значение измеряемой объемной активности?

Лабораторная работа № 9

Гамма-радиометр РУБ-01П6

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Диапазоны измерения ОА, Бк/л ^{*)}		
для измерительного сосуда – желтоводский сосуд Маринелли (1,0 л)	20 – 100	100 – 200 000
Предел основной относительной погрешности измерения		
ОА (УА) радионуклидов Cs	± 50 %	± 25 %

^{*)} При плотности проб 1 кг/л таковы же будут пределы измерения и УА в Бк/кг

Устройство и органы управления

Прибор состоит из блока детектирования БД, свинцовой защиты и измерительного устройства УИ. В состав радиометра также входят соединительный кабель, сосуд Маринелли объемом 1,0 л и контрольный источник.



На передней панели УИ расположены:



цифровое табло – для считывания результатов измерения

кнопка ВКЛ – включение питания

шестиразрядный переключатель:

первые три декады служат для установки коэффициента нормирования K_n
три последующие декады – для установки фона и поправки на содержание калия

кнопка РЕЖИМ – выбор режимов работы (при этом загорается соответствующий индикатор):

ОСН – основной режим, предназначенный для измерения УА (ОА) цезия-137 без учета активности калия-40

К – режим для измерения УА (ОА) калия-40 в пробе

УИ – контроль функционирования измерительного устройства

кнопка $\delta, \%$ – выбор статистической погрешности из значений $\pm 6 \%$, $\pm 12 \%$, $\pm 25 \%$, $\pm 50 \%$.

Коэффициент нормирования K_n определяется в зависимости от типа измерительного сосуда и степени его заполнения. Три его последующие декады служат для установки фона и поправки на содержание калия, если необходимо автоматическое вычитание фона в длительной серии измерений. При задании этих параметров, а также при считывании результата с цифрового табло следует учитывать, что $10^0=1$, $10^1=10$, $10^2=100$ и т.д.;

Индикатор  горит, когда прибор производит измерение.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров (с. 21, 23-25 [1]), описанием прибора (с. 76 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Подключите радиометр к сети и нажмите кнопку ВКЛ. Прогрейте прибор в течение 15 мин.

Установите на первых трех разрядах шестиразрядного переключателя значение $K_n = 1,0$ (набирается 100).

Нажмите кнопку РЕЖИМ и добейтесь свечения индикатора **УИ** (контроль функционирования измерительного устройства). Нажмите кнопку $\delta, \%$ и добейтесь свечения индикатора над значением 25.

На цифровом табло должно появиться значение «4,85 ± 0,05 с⁻¹», указывающее на исправную работу измерительного устройства.

3 Проверка сохранности градуировки прибора

- Блок защиты должен быть пустым.

Нажмите кнопку **δ, %** и добейтесь свечения индикатора над значением статистической погрешности, равным **6**. Нажмите кнопку РЕЖИМ и установите режим работы **ОСН**. Измерение начнется сразу же после выбора данного режима и длится, пока горит индикатор работы .

Когда погаснет индикатор и прозвучит звуковой сигнал, результат измерения фона A_{ϕ} запишите в журнал.

- Получите у преподавателя и установите на блок детектирования контрольный источник с держателем; закройте БЗ. Когда погаснет индикатор работы прибора и прозвучит звуковой сигнал, результат измерения активности контрольного источника с фоном A_c запишите в журнал. Рассчитайте активность контрольного источника по формуле:

$$A_{\text{ист}} = A_c - A_{\phi}.$$

Полученное значение сверьте с результатом последней проверки прибора, приведенным в паспорте прибора (спросить у преподавателя). Если эти значения совпадают или находятся в пределах допустимой статистической погрешности ($\pm 10\%$), то блок детектирования исправен, и прибор готов к работе.

4 Измерение фона

На блок детектирования поместите чистый пустой измерительный сосуд, а на измерительном устройстве установите следующие параметры:

- на первых трех декадах шестиразрядного переключателя коэффициент нормирования $K_n = 28$ (набирается 281) для используемого типа сосуда.
- кнопкой статистическая погрешность **δ, %** добейтесь свечения индикатора над цифрой **6**;
- кнопкой РЕЖИМ установите режим работы **ОСН**.

Измерение начнется сразу же после выбора данного режима и длится, пока горит индикатор .

Когда погаснет индикатор работы прибора и прозвучит звуковой сигнал, результат измерения запишите в журнал. Проведите не менее 5 измерений и найдите среднее значение A_{ϕ} .

5 Измерение удельной и объемной активности пробы

Получите у преподавателя сосуд с пробой, поместите его на блок детектирования и закройте БЗ. На измерительном устройстве установите:

$$K_n = 28; \text{ режим – ОСН, } \delta = 6 \text{ \%}.$$

Проведите пять измерений суммарного воздействия излучения пробы и фонового излучения, после чего найдите среднее арифметическое значение A_c .

Удельную активность пробы найдите по формуле:

$$A_m = \frac{A_c - A_{\phi}}{m} \text{ (Бк/кг)},$$

где m – масса пробы, кг, которую определяют на весах с погрешностью не более $\pm 2 \text{ \%}$.

Объемную активность пробы найдите по формуле:

$$A_v = \frac{A_c - A_{\phi}}{V} \text{ (Бк/л)},$$

где V – объем пробы, л.

Результат измерения запишите в виде

$$YA(OA) = YA_{\text{изм}}(OA_{\text{изм}}) \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = YA_{\text{изм}}(OA_{\text{изм}}) \cdot \theta / 100 \text{ \%},$$

где θ – основная относительная погрешность измерения, в зависимости от диапазона измерения, в которое входит полученное значение.

Для значений OA , меньших нижней границы диапазона измерения OA_{min} (20 Бк/л), погрешность измерения не регламентируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$OA_{\text{изм}} < OA_{\text{min}},$$

где $OA_{\text{min}} = \text{НГДИ}$.

Аналогично записывается результат для удельной активности, если он получился меньше, чем минимальная измеряемая активность:

$$YA_{\text{изм}} < YA_{\text{min}},$$

где оценка для $УA_{\min}$ находится по формуле:

$$УA_{\min} = ОA_{\min} / \rho$$

(при плотности исследуемой пробы в интервале от 0,1 до 1,7 кг/л).

6 Выключение прибора

Нажмите кнопку **ВКЛ** и отключите прибор от сети.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятиям активность, удельная активность, объемная активность. Каковы единицы измерения этих величин?
2. Какая величина отображается на цифровом табло в результате измерения?
3. Какой детектор используется в данном приборе?
4. С какой целью в приборе предусмотрена установка коэффициента нормирования?
5. Как сказывается на ходе измерения выбор различной величины δ , %?
6. Для чего при работе с прибором требуется проведение пяти измерений с усреднением результатов?
7. Какие действия нужно предпринять, чтобы прибор автоматически вычитал фон из результата измерения?
8. В методике проведения измерений данным прибором, утвержденной в 1990 г, рекомендуется контролировать постоянство фона через промежутки времени в 1-3 ч, а также по окончании работы. Прокомментируйте эту рекомендацию.

Лабораторная работа № 10
Гамма-радиометр РКГ-01 «АЛИОТ»

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазоны измерения</i>		
УА (ОА) радионуклидов Cs, Бк/кг (Бк/л) в сосуде объемом	1,0 л	18,5 - 37 000
	0,5 л	25,0 - 37 000
	0,1 л	185,0 - 37 000
<i>Предел основной относительной погрешности измерения</i>		
УА (ОА) радионуклидов Cs		± 35 %

Устройство и органы управления

Прибор состоит из электронного блока и блока детектирования в свинцовой защите. В состав прибора также входят соединительный кабель, сосуды Маринелли объемом 1 л.

На передней панели электронного блока расположены:



табло жидкокристаллического индикатора
кнопка ПУСК – начало измерений

кнопка СТОП – прекращение текущего измерения

кнопка ЕДИН. ИЗМ. – выбор единиц измерения

кнопка ОБЪЕМ – ввод объема измеряемой пробы

кнопки 0...9 – наборное поле для значения массы измеряемой пробы в граммах

кнопка В – ввод массы измеряемой пробы

кнопка К (Ф)* – вывод на экран активности пробы по калию-40

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров (с. 21, 23-25 [1]), описанием прибора (с. 82 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Включите радиометр тумблером СЕТЬ (расположен на задней панели электронного блока) и выдержите во включенном состоянии 30 мин. Контрольный индикатор РЕЖИМ при этом мигает, а на табло отображаются заводской номер детектора и электронного блока.

3 Измерение фона

Получите у преподавателя сосуд Маринелли 1,0 л, заполненный дистиллированной водой, и поместите его в защитный домик. Нажмите клавишу ПУСК. При измерении фона клавиатура блокируется, а на цифровом индикаторе отображаются:

слева – скорость счета фонового излучения, *имп/с*;

справа – статистическая погрешность измерений, %.

Измерение фона заканчивается автоматически по достижении заданной (15 %) или записанной в памяти прибора погрешности, либо при нажатии кнопки СТОП.

По окончании измерения фона раздается звуковой сигнал и на табло отображаются:

слева – значения фона в цезиевом канале (*имп./с*);

справа – статистическая погрешность измерения фона (%).

После запоминания фона происходит разблокировка всех органов управления.

Значение фона запишите в тетрадь.

4 Измерение активности пробы

Получите у преподавателя сосуд Маринелли 1л, с предварительно взвешенной пробой, и поместите его в защитный домик.

Последовательно нажимая кнопку ОБЪЕМ, добейтесь свечения индикаторного диода, соответствующего объему установленной для измерения пробы.

При измерении УА введите с клавиатуры число, равное чистому весу пробы в граммах, и нажмите кнопку В. При записи вводимого значения массы (объема) раздастся характерный звуковой сигнал.

Кнопкой ПУСК запустите измерение пробы. В радиометре предусмотрена выдача звукового сигнала при времени измерения 300 с, но измерение при этом продолжается.

Измерение заканчивается автоматически при достижении статистической погрешности 15 %, или его можно остановить вручную, для чего следует нажать кнопку СТОП. Ее следует придерживать в нажатом состоянии несколько секунд до окончательной остановки измерения, что сопровождается коротким звуковым сигналом, а также погасанием контрольной лампочки над клавишей СТОП.

По окончании измерения раздается звуковой сигнал и на табло отображаются:

слева – активность пробы, *Бк/кг (Бк/л)*;

справа – статистическая погрешность измерения в %.

Результат измерения запишите в виде

$$УА (ОА) = УА_{изм} (ОА_{изм}) \pm \Delta,$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = УА_{изм} (ОА_{изм}) \cdot \theta / 100 \%,$$

где θ – основная относительная погрешность измерения, в зависимости от типа используемого сосуда и диапазона измерения, в который входит полученное значение.

Для значений УА (ОА) меньше нижней границы диапазона измерения (НГДИ), указанной в таблице технических характеристик, погрешность измерения не ре-

гласифицируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$УА_{изм} (ОА_{изм}) < А_{мин}.$$

При плотности пробы 1,0 кг/л $ОА_{мин} = НГДИ$.

Если плотность измеряемой пробы отличается от 1,0 кг/л,

$$УА_{мин} = НГДИ \cdot К_{п},$$

где НГДИ – нижняя граница диапазона измерения, Бк/л (Бк/кг),

$К_{п}$ – безразмерный коэффициент, рассчитанный по формуле:

$$К_{п} = К_{р} / m,$$

где m – масса пробы, кг,

$К_{р}$ – поправка на плотность пробы, приведенная в таблице.

Плотность пробы, ρ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$К_{р}$	0,922	0,931	0,940	0,950	0,960	0,969
Плотность пробы, ρ	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$К_{р}$	0,979	0,989	0,999	1,000	1,019	1,029
Плотность пробы, ρ	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$К_{р}$	1,039	1,049	1,060	1,070	1,080	1,087

5 Выключение прибора

Переведите тумблер СЕТЬ (на задней панели прибора) в положение ВЫКЛ.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое активность?
2. Каковы единицы измерения удельной и объемной активности?
3. С какой целью требуется ввод в прибор значения массы образца?
4. Для чего, по Вашему мнению, предусмотрен вывод результатов в единицах $Ки/кг$?
5. С какой целью производится процедура измерения фона?
6. От чего зависит продолжительность измерения данным прибором?
7. Можно ли данным радиометром измерить активность стронция-90 в пробе?
8. Плотность пробы 0,5 кг/л, а ее масса 0,48 кг. Каково значение минимальной измеряемой активности $УА_{мин}$?

Лабораторная работа № 11

Гамма-радиометр РКГ 01А/1 «Атомтех»

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазоны измерения</i>		
УА (ОА) радионуклидов Cs, Бк/кг (Бк/л) в сосуде объемом	1,0 л	7,4 - 99 990
	0,5 л	37,0 - 99 990
	0,1 л	180,0 - 99 990
<i>Предел основной относительной погрешности измерения</i>		
УА (ОА) радионуклидов Cs в сосуде объемом 1,0 л в диапазоне 7,4 – 18,0 Бк/л (Бк/кг) в диапазоне 18,0 – 99 990 Бк/л (Бк/кг) в том числе для других сосудов		± 35 %
		± 25 %
		± 25 %

Устройство и органы управления

Прибор состоит из совмещенных блока детектирования (БД) и блока защиты (БЗ), а также блока обработки информации (БО). В состав радиометра также входят соединительный кабель, сосуды объемом 1,0 л и 0,5 л, контрольный источник.



На передней панели БО расположены:



табло жидкокристаллического индикатора

кнопка ВКЛ – включение и отключение питания

кнопка ПОРОГ – вывод на индикатор и установка порога сигнализации

кнопка ОБЪЕМ – ввод геометрии измерения

кнопка МАССА – ввод массы измеряемой пробы

кнопка ФОН – режим измерения фона

кнопка СТОП – остановка измерений, выбор требуемого режима или значения

кнопка ИЗМЕР – запуск измерений.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с. 18-19 [1]), основами устройства радиометров (с. 21, 23-25 [1]), описанием прибора (с. 82-87 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ, на табло появится сообщение «Test», прибор переходит в режим самоконтроля, который длится примерно 30 с. После его завершения появляется сообщение «Hello» и звучит короткий звуковой сигнал.

3 Проверка сохранности градуировки прибора

- Плотно закройте крышку пустого БЗ и нажмите кнопку ФОН – на табло индицируется символ «F» и раздается короткий звуковой сигнал.

При достижении относительной статистической погрешности $\pm 5\%$, что сопровождается коротким звуковым сигналом и появлением на индикаторе перед символом “+ / –” знака “!”, запишите значение фона N_{ϕ} в журнал (кнопку СТОП не нажимать!).

- Откройте крышку БЗ, установите на корпус БД контрольный источник (получить у преподавателя) и плотно закройте крышку. Нажмите кнопку ИЗМЕР, затем (через 5-7 с) кнопку ФОН. При достижении статистической погрешности $\pm 2\%$, что сопровождается коротким звуковым сигналом и появлением на индикаторе перед символом “+ / –” знака “!”, запишите значение скорости счета от контрольного источника N_a в журнал (кнопку СТОП не

нажимать!), извлеките контрольный источник. Сверьте со свидетельством о поверке, выполняется ли условие:

$$N_{ГН} \leq (N_a - N_{\phi}) / K_p \leq N_{ГВ}$$

где $N_{ГН}$, $N_{ГВ}$ – нижнее и верхнее градуировочные значения,
 N_a – значение скорости счета от контрольного источника,
 N_{ϕ} – значение фона при 5 % погрешности,
 K_p – поправочный коэффициент, учитывающий распад контрольного источника Cs-137 (получить у преподавателя).

4 Измерение фона

Получите у преподавателя и установите в БЗ сосуд Мари-нелли 1,0 л, наполненный дистиллированной водой. Закройте БЗ и нажмите кнопку ФОН.

При достижении необходимого значения статистической погрешности (5 %) нажмите кнопку СТОП. Запишите значение фона и время его набора в тетрадь.

5 Измерение активности пробы

Получите у преподавателя сосуд с исследуемой пробой, поставьте в БЗ, закройте крышку.

После включения радиометр автоматически настраивается на сосуд Маринелли емкостью 1,0 л в режиме измерений с закрытой крышкой БЗ. Поэтому перед выполнением измерений с другим сосудом необходимо перестроить прибор на работу с ним.

С помощью кнопки ОБЪЁМ (нажмите и удерживайте более 3 с) выберите 1,0 л геометрию измерения и введите ее в память прибора, нажав кнопку СТОП.

При измерении удельной активности пробы помощью кнопок МАССА и СТОП введите массу пробы.

Нажмите кнопку ИЗМЕР. При достижении статистической погрешности ± 15 % (раздается короткий звуковой сигнал, а перед символом "±" появляется "!"), остановите измерение кнопкой СТОП и запишите результат в рабочий журнал.

Результат измерения запишите в рабочий журнал в виде

$$OA (YA) = OA_{изм} (YA_{изм}) \pm \Delta.$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = OA_{\text{изм}} (UA_{\text{изм}}) \cdot \theta / 100 \%,$$

где θ – основная относительная погрешность измерения, в зависимости от типа используемого сосуда и диапазона измерения, в которое входит полученное значение.

Для значений OA (UA), меньших нижней границы диапазона измерения (НГДИ) (эти значения указаны в таблице технических характеристик), погрешность измерения не регламентируется. В этом случае результат измерения должен быть представлен в виде

$$A_{\text{изм}} < A_{\text{min}},$$

где $A_{\text{min}} = \text{НГДИ}$.

При плотности исследуемой пробы отличной от 1 кг/л в интервале плотностей ρ от $0,1$ до $1,7 \text{ кг/л}$ оценка UA_{min} для измеренной UA находится по формуле:

$$A_{\text{min}} = \text{НГДИ} / \rho.$$

6 Выключение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения понятиям активность, удельная активность, объемная активность. Каковы единицы измерения этих величин?
2. Почему, несмотря на наличие массивной свинцовой защиты необходима процедура измерения и учета фона?
3. Какой детектор используется в данном приборе?
4. Почему фон при проведении калибровки прибора измеряется с пустым БЗ, а перед проведением измерений – с сосудом, заполненным водой?
5. В каких случаях численные значения удельной и объемной активности совпадают?
6. Можно ли данным прибором контролировать содержание цезия-137 в воде?
7. Литровый сосуд Маринелли был наполнен пробой на одну треть. Как нужно скорректировать показания прибора?
8. Плотность пробы составляет $0,5 \text{ кг/л}$. Чему равно минимальное значение измеряемой объемной активности?

Лабораторная работа № 12

Гамма-радиометр МКС-01-06 «Советник»

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазон измерения</i>	
УА радионуклидов Cs, Бк/кг в сосуде объемом 1,0 л	5 – 100 000
<i>Предел допускаемой * относительной погрешности измерений</i>	
- в диапазоне от 5 до 20 Бк/кг	± 45%
- в диапазоне от 20 до 40 Бк/кг	± 28%
- в диапазоне от 40 до 100 000 Бк/кг	± 22%

*) указанная допускаемая относительная погрешность измерений включает в себя основную и дополнительную погрешности.

Устройство и органы управления



Прибор состоит из блока детектирования (БД), размещенного в свинцовой защите, и блока регистрации (БР).

На передней панели БР расположены:

табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ)

мембранная панель управления с кнопками управления прибором и ввода числовых параметров измерений.



Назначение кнопок управления представлено в таблице.

<i>Кнопка</i>	<i>Наименование и функциональное назначение</i>
ВКЛ/ОТКЛ	Включение и выключение прибора
◀ ▶	Перемещение по пунктам меню, выбор режима работы. При вводе числовых значений кнопка ◀ служит для удаления ранее введенного значения, а кнопка ▶ для ввода точки (запятой) десятичной дроби.
▼ ▲	Масштабирование энергетического спектра в режиме просмотра
ВВОД	Подтверждение выбора пункта меню, (операции или режима работы) отображаемого на дисплее.
ОТМЕНА	Возврат к предыдущему пункту меню или досрочная остановка выполняемого измерения
СПЕКТР	Переключение в режим отображения энергетического спектра при выполнении измерения
СТАРТ	Запуск измерения
ЗАПИСЬ	Запись спектра в энергонезависимую память
1, 2, 3... 9, 0	Ввод разрядов целого числа либо десятичной дроби

Основные режимы работы, выбираемые с помощью меню, представлены в следующей таблице.

<i>Режим работы</i>	<i>Решаемая задача</i>
СКОРОСТЬ СЧЕТА	<ul style="list-style-type: none"> Измерение скорости счета в «энергетических окнах», соответствующих излучению радионуклидов цезий-137 и калий-40 Радиационный контроль партий дикорастущих ягод и грибов
СЧЕТНЫЙ ОБРАЗЕЦ	<ul style="list-style-type: none"> Измерения УА цезия-137 в пробах вещества (счетных образцах) с плотностью от 0,1 до 2 кг/дм³ (объем пробы 0,1; 0,3; 0,5; 1 л)
СЛУЖЕБНЫЙ	<ul style="list-style-type: none"> Служебные режимы работы. Защищено паролем

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии и спектрометрии (с. 11-16 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с. 18-19 [1]), основами устройства радиометров и спектрометров (с. 21-26 [1]), описанием прибора (с. 132-137 [2]).

2 Подготовка и включение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ, удерживая ее нажатой до появления на дисплее БР сообщения «Загрузка». После загрузки программного обеспечения, которая длится около 15 секунд, в центре дисплея отображается режим работы, установленный по умолчанию (**СЧЕТНЫЙ ОБРАЗЕЦ**).

3 Проверка и измерение фона, ввод параметров измерения

Установите в прибор сосуд Маринелли с 1 л воды, закройте крышку и нажмите кнопку СТАРТ. В течение примерно 5 мин прибор автоматически измеряет текущий фон, после чего сравнивает его значение с характеристиками фона, хранящимися в памяти. Если эти значения существенно не различаются, прибор запрашивает параметры измерения.

Если проверка заканчивается с отрицательным результатом, прибором будет предложено провести полное измерение фона, которое длится около 1,5 час. Полученные фоновые характеристики записываются в память прибора и будут использоваться в качестве опорных при последующих измерениях фона.

На последующие три запроса прибора введите численные значения

- норматива (уточнить у преподавателя),
- объема пробы (1 л)
- и ее массы, которую заранее нужно определить с помощью весов.

Значения вводятся с цифровой клавиатуры. Для удаления прежнего значения используется кнопка ◀, для разделения дробной части используется кнопка ▶. После ввода каждого значения нажимается кнопка ВВОД.

4 Измерение удельной активности пробы

Вставьте сосуд с пробой в БЗ и закройте крышку. Из двух предлагаемых режимов («Измерения УА» и «Индикация») выберите **ИЗМЕРЕНИЕ УА** и нажмите кнопку СТАРТ. После достижения статистической погрешности, обеспечивающей результирующую погрешность в соответствии с МВИ, измерение будет завершено. На дисплее отобразится результат измерения с относительной результирующей погрешностью. В нижней части отображается верхняя и нижняя границы интервала.

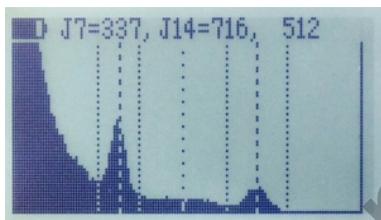
После вывода результата нажатие кнопки СТАРТ приведет к началу нового измерения с введенными ранее значениями норматива, объема и массы. В случае нажатия кнопки ОТМЕНА прибор возвращается к меню режима измерения и, при последующих нажатиях, к вводу значений объема, массы, норматива счетного образца.

Для быстрой проверки пробы на соответствие нормативу в меню выбора режима измерения выберите режим **ИНДИКАЦИЯ** и нажмите кнопку СТАРТ.

Запишите результаты измерений.

5 Работа со спектрами

Запустите измерение в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ УА** и нажмите кнопку СПЕКТР. На экране появится энергетический спектр источника излучения. Нажатием кнопок ▲▼ выберите удобный масштаб изображения по вертикали.



Визуально убедитесь в правильности калибровки прибора. При правильной работе прибора «пики» изотопов цезия-137 и калия-40 должны находиться по центрам окон, показанным пунктирными линиями. В верхней части экрана отображаются значения (J7 и J14) номеров каналов для пиков цезия-137 и калия-40, соответственно.

Разряженная точечная вертикальная линия (в центре рисунка) – маркер. Номер канала, в котором он расположен, отображается вверху справа. Перемещением маркера кнопками ◀▶ можно определить номер канала, соответствующий пику радионуклида.

Зная энергию пика цезия-137 (662 кэВ), рассчитайте энергию пика калия-40.

Если наблюдается смещение пиков относительно окон, то калибровка прибора нарушена. Чтобы восстановить калибровку в соответствие с заводской следует установить имитант, входящий в комплект прибора, на 15 минут рядом с БД. За это время произойдет автоматическая подстройка энергетической шкалы. После этого можно повторно выполнить визуальную проверку правильности калибровки.

5 Выключение прибора

Нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ и отпустите ее после появления надписи «Выключение».

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое активность и удельная активность, и в каких единицах они измеряются?
2. Из чего складывается результирующая относительная погрешность измерения?
3. От чего зависит продолжительность измерения данным прибором?
4. В чем заключаются преимущества сцинтилляционного детектора перед газоразрядными?
5. Каким образом в данном приборе учитывается фон?
6. Можно ли использовать данный прибор для контроля содержания цезия-137 в воде?
7. Что означают понятия спектр и канал?
8. Объясните смысл отдельных участков спектра на приведенном выше рисунке. Что они характеризуют?

Лабораторная работа № 13

Радиометр РКГ-АТ1320

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 в пробах, удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) в стройматериалах указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазоны измерения</i>		
ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$3,7 - 1 \cdot 10^5$
ОА (УА) радионуклидов ^{40}K , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$50 - 2 \cdot 10^4$
ОА (УА) радионуклидов ^{226}Ra , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$10 - 1 \cdot 10^4$
ОА (УА) радионуклидов ^{232}Th , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$10 - 1 \cdot 10^4$
<i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i>		
ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th		$\pm 20 \%$

Устройство и органы управления

Прибор состоит из блока детектирования (БД), блока защиты (БЗ) и блока обработки информации (БО). В состав радиометра также входят сосуды объемом 1,0 и 0,5 л, контрольная проба.



На передней панели БО расположены: табло жидкокристаллического индикатора, кнопки управления.

<i>Кнопка</i>	<i>Наименование и функциональное назначение</i>
ВКЛ/ОТКЛ	включение/выключение прибора
МЕНЮ	переключение между режимами
◆	перемещение по пунктам меню
ВВОД	Выбор конкретной функции
1, 2, ... 9, 0	в режиме функций: ввод разряда числа; в режиме отображения спектра: выполнение конкретных операций, указанных на кнопке под цифрой

Управление прибором осуществляется кнопками на БО и/или системой меню. Структура меню прибора представлена в таблице.

ИЗМ ерение	СПЕКТ р	ОБРА ботка	НАСТ ройки
набор набор спектра	чтение чтение из памяти	активн активность выбира- емого нуклида	дата установка дата и времени
прод продолжение	запись запись в память	выч. ф вычесть фон	контр контрастность
пров проверка градуи- ровки	зап. ф запись фона	слож. ф сложить фон	прибор информация о приборе
кон. ф контроль фона	зап. кон. ф запись контроль- ного фона		пороги служебный режим

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии и спектрометрии (с. 11-16 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров и спектрометров (с. 21, 23-26 [1]), описанием прибора (с. 94-98 [1], 99-108 [2]).

2 Включение и подготовка прибора

Нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ. На экране появится надпись «АТОМТЕХ», а затем сообщение о прогреве прибора, который длится около 10 мин.

Получите у преподавателя контрольную пробу, в процессе прогрева прибора установите ее в БЗ и закройте крышку. По окончании проверки градуировок радиометра, когда на экране появится сообщение «ПРОВЕРКА ЗАВЕРШЕНА», уберите контрольную пробу.

3 Контроль неизменности фона

После прогрева и контроля сохранности градуировки прибора, не помещая в БЗ измерительный сосуд, нажмите кнопку ВВОД. С этой же целью можно также нажать кнопку МЕНЮ, выбрать в режиме **ИЗМ** функцию **кон. ф**, и нажать ВВОД. Появление сооб-

щения (примерно через 3 мин) «ФОН В НОРМЕ» будет свидетельствовать о неизменности фона.

При сообщении «ФОН НЕ В НОРМЕ» вместе с преподавателем обсудите дальнейшие действия.

Решение о неизменности фона принимается прибором на основании сравнения текущего фонового спектра, измеренного за 3 мин, со значением контрольного фонового спектра. Он измеряется раз в месяц с пустым БЗ и хорошей статистической точностью (время измерения – 3 часа), после чего записывается в память прибора. Сообщение «ФОН НЕ В НОРМЕ» появляется в случае значительного различия текущего и контрольного фона.

Для нормальной работы в памяти должны также храниться рабочие фоновые спектры. Они также измеряются раз в месяц для каждого типа используемых измерительных сосудов, причем их заполняют дистиллированной водой. Рабочий фон вычитается из результата каждого измерения удельной или объемной активности.

4 Измерение удельной и объемной активности цезия-137

Получите у преподавателя измерительный сосуд с пробой. Взвесьте его и определите массу пробы, зная массу пустого сосуда. Поместите сосуд с пробой в БЗ и закройте крышку. Нажмите кнопку МЕНЮ, потом кнопку НАБОР (или выберите в режиме ИЗМ функцию **набор**).

Время, массу и геометрию введите поочередно в окне редактирования, которое перемещают кнопками ↑ или ↓, с помощью соответствующих цифровых кнопок:

– время измерения, c – ориентировочно (можно и не вводить, тогда измерение будет продолжаться до принудительной остановки кнопкой СТОП);

– массу, g , и геометрию, l – в соответствии с результатом взвешивания пробы и выбранным для измерения сосудом. Нажмите кнопку ВВОД.

Для получения результатов измерения УА радионуклидов цезия-137 (и калия-40) нажмите кнопку АКТИВ, а для определения ОА – повторно нажмите кнопку АКТИВ. Для получения результатов измерения УА (ОА) с результирующей погрешностью – нажмите кнопку ТЕСТ.

По достижении требуемого значения абсолютной погрешности Δ нажмите (если не задавалось время измерения) кнопку СТОП. Полученные результаты запишите.

5 Измерение удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) в стройматериалах

Получите у преподавателя нужную пробу. Проведите измерение аналогично п. 4, с той разницей, что для получения результата нужно воспользоваться не кнопкой АКТИВ, а функцией **активн** режима **ОБР** меню и в появившемся сообщении кнопкой → **вы**брать ЕРН. Запишите результат с результирующей абсолютной погрешностью.

6 Измерение рабочего и контрольного фоновых спектров

Это задание выполняется в упрощенном варианте. Вместо 3 час, необходимых для полноценного измерения, предлагается устанавливать время измерения 5 мин. После записи результатов таких измерений в память последующая работа на приборе будет некорректной. Поэтому в конце работы преподаватель должен восстановить в памяти прибора заранее сохраненные им точные значения фоновых спектров.

6.1 Измерение контрольного фонового спектра

Для измерения контрольного фона закройте БЗ, не помещая в него измерительный сосуд. Нажмите кнопку МЕНЮ, затем НАБОР. Задайте, вводя поочередно в окне редактирования, которое перемещают кнопками ↓ или ↑, следующие параметры:

«время (*c*)» – 300;

«масса (*z*)» – 1,

«геометрия» – сосуд Маринелли 1 л.

Нажмите кнопку ВВОД.

После завершения набора для записи в память полученного спектра нажмите кнопку МЕНЮ, кнопкой → выберите режим **СПЕК** и кнопкой ↓ функцию **з. кон. ф.**, нажмите кнопку ВВОД.

6.1 Измерение рабочих фоновых спектров

Получите у преподавателя и установите в БЗ выбранный измерительный сосуд, заполненный дистиллированной водой. Закройте БЗ, нажмите кнопку МЕНЮ, затем НАБОР. Задайте следующие параметры:

«время (*c*)» – 300;

«масса (*z*)» – 1000 (500 или 100),

«геометрия» – сосуд Маринелли 1 л (или другой).

Нажмите кнопку ВВОД. После завершения набора рабочего спектра для записи его в память нажмите кнопку МЕНЮ, кнопкой → выберите режим **СПЕК**, кнопкой ↓ - функцию **зап. ф** и нажмите кнопку ВВОД.

Аналогичным образом измеряют рабочие спектры для всех используемых измерительных сосудов.

7 Выключение прибора

Нажмите 3 раза кнопку ВКЛ/ОТКЛ. В ответ на сообщение «ВЫКЛЮЧИТЬ ПРИБОР?», еще раз нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое удельная и объемная активность, и в каких единицах они измеряются?
2. Почему про прибор РКГ-АТ1320 говорят, что это радиометр спектрометрического типа?
3. Для чего служат заранее измеренные контрольный и рабочие фоновые спектры?
4. Что использует прибор в качестве рабочего фонового спектра при измерении проб с плотностью значительно меньшей плотности воды?
5. Можно ли данным прибором контролировать содержание цезия-137 в воде?
6. Что может быть причиной появления сообщения «ФОН НЕ В НОРМЕ»? Какие действия нужно предпринять в этом случае?
7. Какое условие нужно использовать для прекращения работы, если время измерения не было установлено?
8. Значения погрешности измерений, выводимые по нажатию кнопок АКТИВ и ТЕСТ, отличаются. Почему?

Лабораторная работа № 14

Спектрометр МКС-АТ1315

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 и стронция-90 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазоны измерения</i>		
ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$2 - 1 \cdot 10^5$
	0,5 л	$6 - 4 \cdot 10^5$
	0,1 л	$15 - 1 \cdot 10^6$
ОА (УА) радионуклидов ^{90}Sr , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	1,0 л	$20 - 3 \cdot 10^5$
	0,5 л	$20 - 3 \cdot 10^5$
	0,1 л	$100 - 1 \cdot 10^6$
<i>Нижняя граница диапазона измерений ОА (УА) ^{90}Sr для концентрированных проб в пересчете на исходную «сырую» пробу</i>		
в питьевой воде, Бк/л		0,2
в молоке и специализированном детском питании, Бк/л (Бк/кг)		1,5
в картофеле, хлебе и хлебобулочных изделиях, Бк/кг		2,0
<i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i>		
ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr		$\pm 20\%$

Устройство и управление прибором



Основные составляющие прибора – блок защиты (БЗ), сопряженный с двумя блоками детектирования (БД), и персональный компьютер (ПК). В нижней части БЗ расположен БД для гамма-излучения, в верхней – бета.

Работа прибора основана на измерении спектра излучения исследуемой пробы. Основную информацию в случае гамма-излучения несут пики полного поглощения в спектре, положение

которых позволяет определить энергию излучения, а высота (или площадь) – активность. В случае бета излучения информацию об энергии несет правая граница спектра, а об активности – его высота (или площадь).

Управление прибором осуществляется стандартными для ПК органами – клавиатурой и мышкой. Программное обеспечение использует развитую систему меню, ниже представлен фрагмент его структуры.

ИЗМЕРЕНИЕ	ФАЙЛ	ОБРАБОТКА	АКТИВНОСТЬ	КАЛИБРОВКА
Набор	Чтение	Вычитание	Активность «сырая»	Энергия
Продолжение	Запись	Сложение	Активность, концентриров.	Разрешение
Гамма-стабилизация	Запись рабочего фона	Наложение	Активность, фильтр	Эффективность
Бета-стабилизация	Запись контрольного фона	Обработка пика	Пересчет активности	
Включить HV ^{*)}	Удаление	Обработка спектра		
Выключить HV				
Проверка				
Контроль фона				

^{*)} HV (англ. – High Voltage) – высокое напряжение.

На экране работающего спектрометра находится основное окно программы измерения, в котором расположены: синяя строка заголовка и ниже ее строка *основного меню*, кнопки управления для часто используемых команд, *информационные панели*, а также два других окна с изображениями спектров гамма и бета каналов (красные управляющие кнопки **G** и **B** в левых нижних углах).

Назначение кнопок и панелей в окне легко определить: при наведении на них курсора мышкой появляется надпись-подсказка.

При управлении клавиатурой для входа в меню нажмите кнопку F10. Перемещение цветного указателя по меню осуществляется кнопками со стрелками, включение выбранного режима или функции – кнопкой ENTER, выход – ESC.

Выполнение лабораторной работы

3 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями спектрометрии (с. 13-16 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства спектрометров (с. 25-26 [1]), описанием прибора (с. 99-107 [1], 83-98 [2]).

4 Подготовка и включение прибора

Включите ПК и после загрузки операционной системы (Windows) запустите программу измерений «SPTR-ATM».

При работе со старыми версиями прибора установите высокое напряжение. Для этого в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ** выберите функцию **Включить HV** и мышкой нажмите кнопку **Установить**. Эту функцию можно включить и нажатием клавиш CTRL-V (при нажатой клавише CTRL нажмите клавишу V). В новых приборах установка высокого напряжения происходит автоматически.

Произведите контроль работоспособности и сохранности градуировки прибора. Это делается следующим образом:

- Получите у преподавателя контрольный источник с держателем. Откройте блок защиты (БЗ), установите между пластинами держателя расстояние $L = 100$ мм, разместите держатель на корпусе блока детектирования гамма-излучения (БДГ) и поместите на держатель контрольный источник. После этого закройте БЗ и прогрейте прибор в течение не менее 30 мин.

- Выберите в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ** основного меню функцию **Проверка**. Для начала контроля нажмите клавишу Enter или выберите с помощью мыши кнопку **Начать**. Проверка длится около 5 мин и обычно завершается сообщением «Параметры в норме».

В случае расхождения параметров с хранящимися в памяти градуировочными значениями появляется сообщение «Параметры не в норме». В этом случае дальнейшие действия обсудите с преподавателем. Обычно необходимо произвести стабилизацию прибора (с. 103-104 [1]) и повторить проверку.

- Иницируйте функцию **Набор**, выбранную в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ** основного меню (или с помощью клавиш CTRL-N), и убедитесь, что происходит накопление спектра, а на информационных панелях индицируются параметры накопления спектра:

сумма импульсов в спектре, интегральная скорость счета, время набора.

- Извлеките контрольный источник и держатель из БЗ.

5 Контроль фона

Закройте БЗ, не помещая в него измерительный сосуд, и выберите в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ** основного меню функцию **Контроль фона**.

Набранный спектр сравнивается с **контрольным фоновым спектром**, хранящимся в памяти прибора. Появление сообщения «Фон в норме» свидетельствует о неизменности фона и готовности к проведению измерений. При появлении сообщения «Фон не в норме» обсудите дальнейшие действия с преподавателем. Обычно необходимо произвести повторное измерение контрольного фонового спектра.

В памяти прибора кроме контрольного фона хранятся **рабочие фоновые спектры** для каждого используемого при измерениях сосуда. Эти спектры автоматически вычитаются из результата каждого измеренного спектра. Рабочие (с сосудами, заполненными дистиллированной водой) и контрольный (с пустым БЗ) фоновые спектры обычно измеряются один раз в месяц с хорошей статистической погрешностью (не менее 3 часов каждый) и соответствующими командами заносятся в память спектрометра (с. 104-105 [1]).

6 Измерение активности проб

6.1 Измерение активности цезия-137

Получите у преподавателя сосуд с пробой, поместите его в БЗ и закройте крышку. Перейдите в режим набора спектра, введите значение времени измерения, массы пробы и геометрии измерения (тип сосуда). При задании времени, равного нулю, измерение продолжается до принудительной остановки с помощью кнопки «Стоп» (рекомендуется).

При измерении объемной активности введите значение массы, равное нулю. Для измерения удельной активности измерьте и введите в спектрометр массу пробы.

Для определения активности пробы, не останавливая набора спектра, перейдите в режим **АКТИВНОСТЬ** основного меню и выберите функцию **Активность сырая**. На экране монитора отобразятся значения измеренной объемной (удельной) активности радионуклидов и соответствующие им значения абсолютных и отно-

сительных статистических погрешностей с их доверительными границами.

При достижении необходимой погрешности запишите результаты измерения ОА и УА в журнал, и остановите измерение.

6.2 Измерение активности стронция-90

Спектрометр обладает функциями измерения активности для проб двух типов: «сырых» и концентрированных. «Сырые» – пробы, не подвергшиеся предварительной термической обработке или фильтрации. Чувствительность прибора такова, что в этом режиме можно проводить измерения активности на соответствие допустимым уровням содержания цезия-137 практически любых видов продукции.

Чувствительность прибора при измерениях активности стронция-90 не так велика. Согласно данным таблицы технических характеристик нижний предел измеряемой активности составляет 20 Бк/кг, что значительно больше предельно допустимых уровней содержания стронция в пищевых продуктах и воде. Поэтому используют тот или иной способ концентрирования проб: термическую обработку, или фильтрование – для жидких продуктов. При этом число радионуклидов в пробе не изменяется, а масса пробы снижается, что приводит к увеличению удельной активности и возможности ее измерения на спектрометре. В результате фактический нижний предел измеряемой активности снижается во столько раз, во сколько масса исходной пробы больше массы конечной, после концентрирования.

- Получите у преподавателя пробу, прошедшую термическую обработку. Перейдите в режим **АКТИВНОСТЬ** основного меню выберите функцию **Активность, концентр**, введите массу полученного концентрата и исходную массу пробы (до концентрирования). Включите набор спектра. На экране монитора отобразятся значения измеренной объемной (удельной) активности радионуклидов и соответствующие им значения абсолютных и относительных статистических погрешностей, доверительные границы погрешностей измерений.

При достижении необходимой погрешности запишите результаты измерения ОА и УА в журнал, и остановите измерение. Измерение можно прекратить при выполнении условия

$$\Delta < 0,3 \cdot N,$$

где N – установленный на объект норматив

- Получите у преподавателя пробу воды или молока, полученную фильтрованием через волокнистый катионит ФИБАН-К-1. Выберите функцию **Активность, фильтр**, укажите вид пробы (вода или молоко) и введите исходный объем пробы (до концентрирования).

При достижении необходимой погрешности запишите результаты измерения ОА и УА в журнал, и остановите измерение.

7 Выключение прибора

Для старых модификаций прибора в режиме **ИЗМЕРЕНИЕ** выберите функцию **Выключить HV**, что обеспечит обязательное плавное выключение высокого напряжения на блоках детектирования.

В последних модификациях спектрометра выключение высокого напряжения происходит автоматически. Закройте программу «SPTR-ATM» и выключите компьютер.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое спектр излучения?
2. Какова аппаратурная линия спектрометра для гамма и для бета-излучения?
3. Что означает понятие «канал»?
4. Какие характеристики спектра несут информацию об энергии регистрируемого излучения, а какие – об активности пробы?
5. Какие из известных Вам радионуклидов можно «увидеть» на данном спектрометре?
6. С какой целью в более совершенных спектрометрах используют полупроводниковый детектор излучения?
7. Почему блок детектирования бета-излучения расположен в верхней части БЗ? В чем его отличие от блока детектирования гамма-излучения?
8. Объясните назначение оперативного, контрольного и рабочих фоновых спектров.
9. Что такое «сырая» и «концентрированная» пробы? Почему при измерениях стронция-90 используют в основном концентрированные пробы?

Лабораторная работа № 15
Гамма – радиометр АДНИ РУГ 91-2
(работа с прибором в автономном режиме)

Цель работы

Приобрести навыки измерений удельной и объемной активности цезия-137 указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

<i>Диапазоны измерения *</i>		
ОА (УА) радионуклидов ^{137}Cs , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	0,5 л	5 - $1 \cdot 10^6$
ОА (УА) радионуклидов ^{40}K , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	0,5 л	50 - $2 \cdot 10^4$
ОА (УА) радионуклидов ^{226}Ra , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	0,5 л	10 - $1 \cdot 10^4$
ОА (УА) радионуклидов ^{232}Th , Бк/л (Бк/кг) в номинальном объеме	0,5 л	10 - $1 \cdot 10^4$
<i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i>		
ОА (УА) радионуклидов		$\pm 20\%$

*) Кроме перечисленных в таблице прибор способен также измерять содержание радионуклидов Cs-134 и I-131

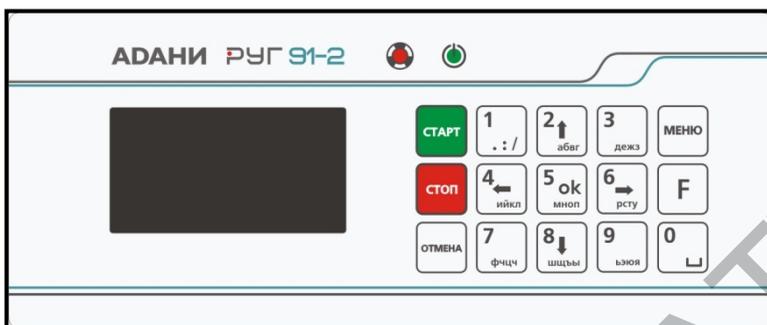
Устройство и органы управления

Прибор состоит из совмещенных блока защиты (БЗ), блока обработки информации (БО) и сцинтилляционного блока детектирования (БД).

В состав радиометра также входят сосуды Маринелли 0,5 л и сосуды объемом 0,3 л с возможностью проведения измерений в объемах 0,1, 0,2, 0,3 л. Для проведения калибровки прибора предназначена контрольная проба КС1, запечатанная в отдельный сосуд Маринелли.

Управление работой прибора осуществляется клавишами на передней панели радиометра.





Назначение клавиш представлено в таблице

<i>Клавиши</i>	<i>Наименование и функциональное назначение</i>	
СТАРТ	Начало измерения активности пробы	
СТОП	Остановка измерения активности пробы	
ОТМЕНА	Отмена набранных параметров или очистка спектра	
МЕНЮ	Вызов меню:	
	ФОН	Режим набора фона, для которого необходимо выставить время измерения
	МАССА	Масса пробы, вводится с помощью цифровой клавиатуры
	ВРЕМЯ	Время измерения, вводится с помощью цифровой клавиатуры
	ПАРАМЕТРЫ	Режим просмотра текущих параметров (масса, время, фоновая активность, порог срабатывания светозвуковой сигнализации)
	КАЛИБРОВКА	Запуск автоматической стабилизации энергетической шкалы
	СОХРАНИТЬ	Сохранить в энергонезависимой памяти текущие параметры
	СИГНАЛ	Установка порога срабатывания светозвуковой сигнализации
F	Отображение введенных или сохраненных в памяти параметров: времени набора спектра, массы пробы, порога срабатывания светозвуковой сигнализации, а также значение фоновой активности.	
0–9	Установка численных значений измерения: времени, массы пробы, порога срабатывания светозвуковой сигнализации	
↑	Перемещение по пунктам меню, выбор режима работы	

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии (с. 11-13 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с.18-19 [1]), основами устройства радиометров и спектрометров (с. 21, 23-26 [1]).

2 Подготовка и включение прибора

Переключите клавишу «СЕТЬ» на задней панели в положение . Подождите 5 мин. до выхода прибора на рабочий режим.

3 Проверка градуировки шкалы

Получите у преподавателя и установите в блок защиты калибровочный сосуд (0,5 л) с хлоридом калия, закройте крышку.

На панели управления нажмите МЕНЮ→КАЛИБРОВКА→ОК. Калибровка осуществляется за время 2-10 мин., при этом на дисплее отображается количество регистрируемых радиометром распадов в секунду «CPS» и надпись «КАЛИБРОВКА», а так же оставшееся время калибровки для одного цикла (один цикл – 2 мин.). По завершении калибровки на дисплее появится надпись «КАЛИБРОВКА ЗАВЕРШЕНА»

5 Измерение фона

Получите у преподавателя и установите в блок защиты сосуд (0,5 л), наполненный дистиллированной водой, закройте крышку.

На панели управления нажмите МЕНЮ→ВРЕМЯ, цифровыми клавишами наберите время измерения (в учебных целях не менее 900 с), нажмите ОК. Далее наберите F→МЕНЮ→ФОН→ОК. На дисплее появится число регистрируемых радиометром распадов в секунду «CPS», надпись «НАБОР ФОНА», а так же оставшееся время набора фона.

Для сохранения набранного фона в память прибора нажмите МЕНЮ→СОХРАНИТЬ→ОК.

6 Измерение активности проб

Получите у преподавателя три пробы для радиометрического анализа, взвесьте их и запишите значения объема и массы.

Установите первую пробу внутрь свинцового блока и закройте крышку.

Нажмите на панели управления МЕНЮ→ВРЕМЯ, цифровыми клавишами наберите время измерения (в учебных целях 600 с), нажмите ОК. Наберите F→МЕНЮ→МАССА, с помощью кнопок «0-9» установите значение массы. Далее нажмите F→СТАРТ. Во время работы на дисплее появится количество регистрируемых радиометром распадов в секунду «CPS», надпись «Измерение», значения удельных активностей радионуклидов цезия-137 и калия-40 в Бк/кг, а так же оставшиеся время измерения активности пробы и погрешность измерения.

Объемную активность (в Бк/л) пробы, плотность которой существенно отличается от 1 кг/л, рассчитайте по формуле

$$OA = UA \cdot \rho,$$

где ρ – плотность пробы, кг/л, которая вычисляется как отношение массы пробы (кг) к ее объему (л).

Запишите в журнал удельную и объемную активность цезия-137 со значениями погрешности измерений.

Повторите указанную последовательность действий для двух оставшихся проб.

6 Выключение прибора

По завершению всех измерений, нажмите клавишу СЕТЬ и отключите прибор от сети.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы определения удельной активности, объемной активности и единиц их измерения?
2. Как Вы думаете, с какой целью в приборе осуществлена возможность измерения цезия-134 и иода-131?
3. Данный прибор относится к радиометрам спектрометрического типа. Как Вы это понимаете?
4. Влияет ли толщина свинцовой защиты на продолжительность измерений?
5. К одинаковому ли эффекту приводят несколько измерений одной и той же пробы с усреднением результата и простое увеличение времени измерений?

6. В некоторых приборах вместо сцинтилляционного блока детектирования используют полупроводниковый. Каковы его преимущества и недостатки?
7. Можно ли данным радиометром измерить активность стронция-90 в пробе?
8. Почему измерение фона нужно проводить как можно более длительное время?

Репозиторий БГАТУ

Лабораторная работа № 16
Гамма – радиометр АДАНИ РУГ 91-2
(работа с прибором, подключенным к компьютеру)

Цель работы

Освоение методики определения суммарной эффективной удельной активности радионуклидов цезий-137, калий-40, радий-226 и торий-232 в строительных материалах указанным прибором.

Основные технические характеристики прибора

Эти характеристики уже представлены на стр.

Управление прибором

При подключенном к прибору компьютере управление ходом измерения и вывода результатов осуществляется графическим манипулятором (мышкой) и клавиатурой компьютера.

Выполнение лабораторной работы

1 Изучение прибора

Ознакомьтесь с понятиями радиометрии и спектрометрии (с. 11-16 [1]), работой сцинтилляционного детектора (с. 18-19 [1]), основами устройства радиометров и спектрометров (с. 21-26 [1]), понятиями естественного и искусственного радиационного фона (с. 46-48 [2]).

2 Подготовка и включение прибора

Убедитесь, что прибор подключен через кабель USB к компьютеру. Переключите клавишу «СЕТЬ» на задней панели в положение . Включите компьютер и принтер.

После загрузки системы Windows на ПК следует запустить программу управления радиометром. Для этого дважды щелкните мышкой по ярлыку  расположенному на рабочем столе, либо в меню компьютера ПУСК→ВСЕ ПРОГРАММЫ→RUG 91-2 выберите RUG 91-2.

Подождите 5 минут для выхода прибора на рабочий режим.

3 Проверка градуировки шкалы

Получите у преподавателя и установите в блок защиты калибровочный сосуд (0,5 л) с хлоридом калия, закройте крышку.

На панели управления прибора нажмите МЕНЮ→КАЛИБРОВКА→ОК. Калибровка осуществляется за время 2-10 мин., при этом на дисплее отображается количество регистрируемых радиометром распадов в секунду «CPS» и надпись «КАЛИБРОВКА», а так же оставшееся время калибровки для одного цикла (один цикл – 2 мин.). По завершении калибровки на дисплее появится надпись «КАЛИБРОВКА ЗАВЕРШЕНА»

4 Измерение фона

Получите у преподавателя и установите в блок защиты сосуд (0,5 л), наполненный дистиллированной водой, закройте крышку.

На панели управления прибора нажмите МЕНЮ→ВРЕМЯ, цифровыми клавишами наберите время измерения (в учебных целях не менее 900 с), нажмите ОК. Далее наберите F→МЕНЮ→ФОН→ОК. На дисплее появится число регистрируемых радиометром распадов в секунду «CPS», надпись «НАБОР ФОНА», а так же оставшееся время набора фона.

Для сохранения набранного фона в память прибора нажмите МЕНЮ→СОХРАНИТЬ→ОК.

Калибровку и набор фона можно также осуществлять с помощью ПО RUG Service.

5 Определение суммарной эффективной удельной активности радионуклидов в строительных материалах

Получите у преподавателя три пробы для радиометрического анализа, взвесьте их и запишите значения массы.

Установите в радиометр первую пробу.

Установите настройки измерения. Для этого либо на панели управления, отображаемой на экране компьютера, нажмите

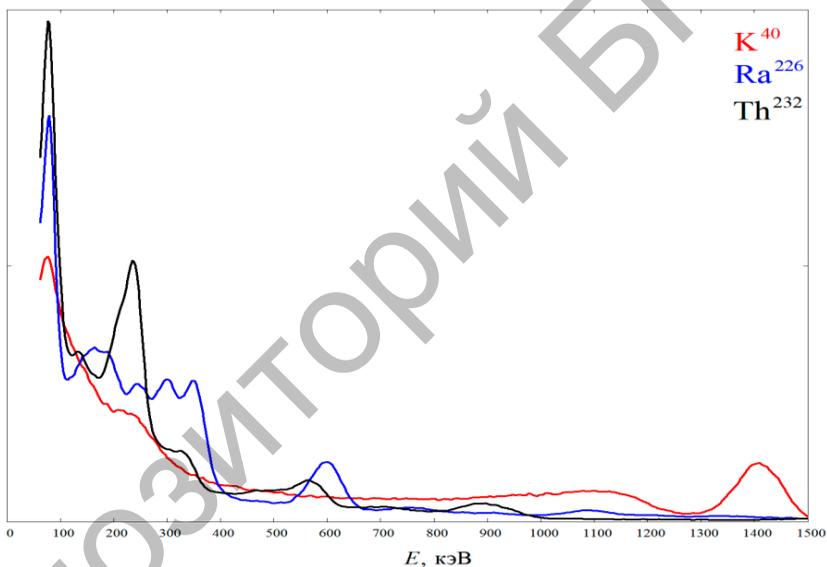
Настройки , либо выберите **Настройки** в меню **Опции**, либо нажмите на клавиатуре F11. В появившемся окне установите массу образца и длительность измерения (рекомендуемое время измерения 900 с).

При выборе времени измерения необходимо учитывать, что чем меньше содержание радионуклидов в пробе, тем больше долж-

но быть время измерения для достижения заданной погрешности. Закройте окно настройки измерения.

Запустите процедуру измерения. Для этого либо на панели управления нажмите **Старт** , либо выберите **Старт** в меню **Команды**, либо на клавиатуре нажмите F7.

В ходе проведения измерения данные об активности образца, получаемые радиометром, сохраняются в его внутреннюю память и считываются оттуда управляющей программой с интервалом в одну секунду. На основании получаемых данных в окне области отображения происходит построение спектра гамма-излучения и расчет удельных активностей радионуклидов, которые обновляются по мере получения новых данных.



Создайте отчет измерения. Для этого в панели управления данными, нажмите **Отчет** , либо в меню **Опции** выберите **Отчет**. После этого введите запрашиваемые компьютером данные, нажмите сначала **Сохранить изменения** , а затем **Печать**.

Повторите указанную процедуру для двух оставшихся проб.

6 Выключение прибора

Нажмите кнопку СЕТЬ и отключите прибор от сети. Выключите компьютер и принтер.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких компонентов складывается естественный радиационный фон?
2. Какую роль в формировании общей дозы облучения населения играют строительные материалы?
3. Какие радионуклиды образуются в результате двух последовательных альфа-распадов радия-226 и радия-224? Назовите три самых известных изотопа радона.
4. С какой целью проверяется объемная активность воздуха в жилых помещениях?
5. Какому требованию должен отвечать свинец, из которого выполнена защита радиометра?
6. Всегда ли результирующая погрешность результата измерений равна основной погрешности прибора?
7. Все ли значимые естественные радионуклиды можно определить данным прибором?
8. Что такое спектр излучения?

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Л. Гурачевский, И.С. Леонович, И.Г. Хоровец. Руководство по работе с приборами радиационного контроля. Минск. Институт радиологии. 2015.
2. В.Л. Гурачевский. Радиационный контроль: физические основы и приборная база. Изд. 2 перераб. и доп. Минск. Институт радиологии. 2014.
3. Методика выполнения измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения дозиметрами и дозиметрами-радиометрами МВИ. МН 2513-2006. Гомель. 2005.
4. Методическая инструкция «Определение однородности партии пищевых продуктов и продовольственного сырья – продукции растениеводства и животноводства при проведении радиационного контроля». Гомель. 2004.
5. Методическая инструкция «Проверка однородности партий продукции и сырья по содержанию цезия-137». Минск. 2007.