

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
Кафедра экологии

## **ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Методическое пособие  
к лабораторным занятиям по дисциплинам  
«Безопасность жизнедеятельности человека» и  
«Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.  
Радиационная безопасность»

Минск 2015

УДК 621.039 (075.8)

ББК 68.69 я 73

О-93

А в т о р ы:

П.В. Камлач, В.И. Камлач

**Оценка** радиоактивного загрязнения продуктов питания : Метод.  
К- пособие к лаб. занятиям по дисц. «Безопасность жизнедеятельности человека» и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» / П.В. Камлач, В.И. Камлач.– Мн.: 2015  
БГУИР, 2015. – 18 с.  
ISBN

Методическое пособие дает краткие сведения об источниках ионизирующих излучений, методику оценки радиоактивного загрязнения продуктов питания.

**УДК 621.039 (075.8)**

**ББК**

**ISBN**

© Коллектив авторов, 2015

© БГУИР, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткие сведения об источниках ионизирующих излучений .....	4
1.1. Радиоактивность .....	5
1.2. Виды ионизирующих излучений .....	6
1.3. Детекторы ионизирующего излучения .....	9
1.4. Радиационная гигиена.....	10
2 Практическая часть .....	12
2.1 Прибор комбинированный для измерения ионизирующих излучений РКСБ-104 .....	12
2.2 Использование прибора рксб-104 и его эмулятора для измерения удельной активности вещества по радионуклиду цезий-137 .....	15
2.3. Практическая работа .....	16
Контрольные вопросы .....	17

## 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Радиационная опасность обусловлена воздействием на окружающую среду ионизирующих излучений, которые составляют часть общего понятия *радиация* (лат. *radiatio* – излучение), включающего в себя радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовое и инфракрасные излучения.

Развитие жизни на Земле всегда происходило под воздействием естественного радиационного фона окружающей среды. Поэтому есть основание полагать, что живые организмы достаточно хорошо приспособлены к воздействию различных видов радиации, при условии, что ее уровень не слишком высок. По этой причине уровни облучения человека от естественного фона служат базой при сравнении облучения от искусственных источников ионизирующего излучения.

Естественный фон обусловлен космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радиоактивных веществ (в горных породах, почве, атмосфере), а также в тканях человека. Космическое излучение подразделяется на первичное (поток протонов и альфа-частиц, попадающих в земную кору из межзвездного пространства) и вторичное излучение в результате ионизации воздушных слоев атмосферы.

*Естественный фон* создает внешнее (~ 60%) и внутреннее (~ 40%) облучения. Внешнее – за счет воздействия на организм излучений от внешних по отношению к нему источников (космическое излучение и естественные радионуклиды в горных породах, почве, атмосфере). Внутреннее – за счет воздействия на организм излучений радионуклидов, находящихся в организме (калий-40 и радионуклиды семейства урана и тория), поступающих в организм с воздухом, водой, пищей.

Мощность дозы естественного фона зависит от высоты над уровнем моря, широты местности, активности Солнца. Под данным исследований суммарная индивидуальная эффективная доза облучения от естественного фона на уровне моря для населения нашей страны составляет 1 мЗв/год.

Вторая составляющая фонового облучения людей обусловлена естественными радионуклидами, связанными с добычей полезных ископаемых, использованием строительных материалов, сжиганием ископаемого топлива (угля), минеральных удобрений, содержащих радионуклиды уранового и ториевого ряда, которые в сумме формируют *техногенный радиационный фон*, дающий суммарную индивидуальную эффективную дозу облучения 1,05 мЗв/год.

Третья составляющая фонового облучения – *искусственный фон*, обусловленный искусственными источниками, созданными человеком. Здесь наибольший вклад вносят рентгенодиагностические облучения в медицине, которые дают годовую эффективную дозу 1,4 мЗв.

Катастрофа на Чернобыльской АЭС резко изменила сложившуюся ситуацию по формированию радиационного фона. Усилилась опасность более широкого внутреннего загрязнения организма радионуклидами, поступающими с продуктами питания, питьевой водой, другими материалами, что требует изучения методов радиометрического и дозиметрического контроля указанных источников радионуклидов.

### 1.1. Радиоактивность

Устойчивость атомного ядра обусловлена действующими между нуклонами ядерными силами притяжения. Эти силы в пределах размера ядра во много раз превосходят кулоновские силы отталкивания одинаково заряженных частиц – протонов. Однако у некоторых элементов ядерные силы притяжения не способны обеспечить полную устойчивость ядер. Вследствие этого такие элементы становятся радиоактивными.

Радиоактивность – это свойство неустойчивых атомных ядер данных химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одного или нескольких ионизирующих частиц. Процесс такого спонтанного ядерного превращения называется **радиоактивным распадом**.

Радиоактивность может быть естественной и искусственной. Естественной называется радиоактивность неустойчивых природных изотопов – тяжелых ядер элементов, расположенных в периодической таблице за свинцом ( $Z > 82$ ). Искусственной называется радиоактивность изотопов, полученных в ядерных реакторах, на ускорителях, при ядерных взрывах.

Самопроизвольный распад атомных ядер сопровождается испусканием гамма-лучей, нейтронов, альфа-, бета- и других частиц. Уменьшение числа радионуклидов в веществе происходит по экспоненциальному закону

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1)$$

где  $N$  – число радиоактивных ядер на время  $t$ ;

$N_0$  – число радиоактивных ядер в момент времени  $t = 0$ ;

$\lambda$  – постоянная времени распада.

Постоянная распада характеризует вероятность распада радиоактивных ядер за единицу времени, а также показывает продолжительность жизни радионуклида.

Скорость радиоактивного распада принято характеризовать периодом полураспада ( $T_{1/2}$ ). Период полураспада – это время, в течение которого исходное количество ядер данного вещества распадается наполовину, т.е.  $N = N_0 / 2$ .

Связь между  $T_{1/2}$  и  $\lambda$  вытекает из выражения (1). Если  $e^{-\lambda \cdot T_{1/2}} = \frac{1}{2}$ , то

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (2)$$

Периоды полураспада у различных радиоактивных ядрах весьма различны – от долей секунды до сотен тысяч лет.

Число распадов ядер данного вещества в единицу времени характеризует активность вещества. Активность радиоактивного вещества  $A$  определяется скоростью распада:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \text{ или } A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (3)$$

где  $A_0 = \lambda \cdot N_0$  – радиоактивность вещества в начальный момент времени.

В СИ за единицу активности вещества принят беккерель (Бк). Один беккерель равен активности нуклида, при которой за 1 секунду происходит один распад. Эта единица активности мала, поэтому используют кратные ей единицы: килобеккерель (кБк) и мегабеккерель (МБк). Часто используется внесистемная единица активности – кюри (Ки). Такой активностью обладает 1г радия, в котором за одну секунду происходит  $3,7 \cdot 10^{10}$  распадов. Это большая единица, поэтому применяют меньшие единицы – милликюри (мКи) или микрокюри (мкКи).

Если радионуклиды распределены по объему вещества (в продуктах питания, питьевой воде и т.д.) или по его поверхности, то пользуются соответственно объемной  $A_{об}$  и поверхностной  $A_s$  активностью. Тогда  $A_{об}$  измеряется в Бк/м<sup>3</sup>, Бк/л, Ки/л, а  $A_s$  – Бк/м<sup>2</sup>, Ки/км<sup>2</sup>. Для оценки загрязнения продуктов питания используют также удельную активность  $A_m$ , измеряемую в Бк/кг, Ки/кг.

## 1.2. Виды ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение – это потоки частиц и электромагнитных волн, взаимодействие которых с веществом приводит к ионизации атомов вещества.

Основными видами излучений являются потоки альфа- и бета-частиц, гамма- и рентгеновские излучения. Заряженные частицы ионизируют вещество непосредственно при столкновениях с его атомами (первичная ионизация). Выбитые электроны из атомов среды могут ионизировать и другие атомы (вторичная ионизация) при условии, что они обладают необходимой для этого энергией. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют в электрон-вольтах (эВ). Один электрон-вольт равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Используются кратные единицы кэВ, МэВ, ГэВ.

Альфа-излучение представляет собой ядро гелия с положительным зарядом. Альфа-частица характеризуется длиной пробега: для воздуха она составляет до 9 см, а в биологической ткани до  $10^{-3}$  см, а также кинетической энергией в преде-

лах 2...9 МэВ. Проходя через вещество, альфа-частица тормозится за счет ионизации или возбуждения атомов. При этом имеет место потеря кинетической энергии альфа-частицей на единице пути, называемая ионизационными потерями.

Ионизационные потери альфа-частиц  $-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион.}}$  оценивают выражением

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ион.}} = \frac{E_{\alpha}^2 n_e}{v_{\alpha}^2}, \quad (4)$$

где  $E_{\alpha}$  – кинетическая энергия альфа-частицы;

$v_{\alpha}$  – скорость движения альфа-частицы;

$n_e$  – концентрация электронов в веществе.

Большие ионизационные способности альфа-частиц обуславливают их низкую проникающую способность.

Бета-излучение – поток электронов ( $\beta^{-}$ ) или позитронов ( $\beta^{+}$ ), испускаемых веществом при распаде радиоактивного ядра. Бета-частицы характеризуются теми же параметрами, что и альфа-частицы. Пробег бета-частиц в воздухе до 20 м, в биологической ткани – до 1 см. Ионизационные потери бета-частиц меньше по сравнению с альфа-частицами, а их проникающая способность большая.

Бета-частицы, проходя через вещество, взаимодействуют также с ядрами вещества. Потери энергии частицы при взаимодействии с ядрами вещества невелики. Это объясняется тем, что масса бета-частицы меньше массы ядра и число ядер в веществе во много раз меньше числа электронов. Потери энергии бета-частицы при взаимодействии с ядром называют радиационными потерями

$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{рад.}}$  и оценивают выражением

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{рад.}} = \frac{E_{\beta}^2}{m_{\beta}}, \quad (5)$$

где  $m_{\beta}$  – масса бета-частицы.

Кроме того, за счет заряда протонов вокруг ядра создается кулоновское поле. Под действием кулоновских сил заряженная бета-частица, имея малую массу, получает ускорение. Согласно классической электродинамике любая заряженная частица, движущаяся с ускорением, излучает электромагнитные волны. Это излучение называют тормозным, а длина его волны соответствует длине волны рентгеновского излучения.

Гамма-излучение – коротковолновое магнитное излучение с длиной волны  $\lambda \leq 10^{-6}$  мкм обладает ярко выраженными корпускулярными свойствами, т.е. яв-

ляется потоком гамма-квантов (фотонов), испускаемых при радиоактивном распаде ядра. Энергия гамма-квантов ( $E_\gamma$ ) составляет от 10 кэВ до 5 МэВ.

При прохождении через однородную среду ослабление пучка гамма-излучения происходит по экспоненциальному закону

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}, \quad (6)$$

где  $I_0$  – начальная интенсивность пучка;

$I$  – интенсивность пучка после прохождения слоя вещества толщиной  $x$ ;

$\mu$  – линейный коэффициент ослабления.

Поглощение гамма-квантов в веществе определяется тремя процессами: фотоэффектом, комптоновским рассеянием и рождением пар электрон-позитрон в кулоновском поле ядра.

Фотоэффект имеет место при приблизительном равенстве энергии гамма-кванта  $E_{\gamma-кв.}$  и связи электрона с ядром атома (энергии связи атома  $E_{св.ат.}$ ), т.е.

$$E_{\gamma-кв.} \cong E_{св.ат.}$$

В этом случае энергия гамма-кванта поглощается атомными электронами, которые могут покинуть пределы атома или сместиться на другие орбиты. В первом случае атом переходит в состояние иона, а во втором – в возбужденное состояние. Ионом называют атом с недостатком или избытком электронов на орбитах. Однако ион или возбужденный атом будет стремиться перейти в нейтральное состояние, испуская при этом квант рентгеновского излучения.

Если  $E_{\gamma-кв.} > E_{св.ат.}$ , основным процессом поглощения гамма-квантов в веществе становится комптоновское рассеяние. В этом случае гамма-квант передает часть энергии свободному электрону, изменяет первоначальное направление и с меньшей энергией продолжает движение, излучая электромагнитную энергию на более длинной волне. Интенсивность комптоновского рассеяния пропорциональна числу свободных электронов в веществе.

Если энергия гамма-кванта в 1,02 МэВ больше энергии связи атома, то в кулоновском поле ядра при взаимодействии с ним гамма-кванта образуется пара: электрон-позитрон. Образовавшиеся электрон и позитрон теряют свою энергию на ионизацию атомов вещества. В случае столкновения электрона с позитроном образуется два новых гамма-кванта.

Таким образом, прохождение всех радиоактивных излучений через вещество приводит к ионизации его атомов. В связи с этим радиоактивные излучения называют ионизирующими.



### 1.3. Детекторы ионизирующего излучения

Основным элементом любого блока регистрации количественных характеристик радиоактивного излучения является детектор. Принцип работы и устройство детектора определяются характером и результатом взаимодействия вида излучения с веществом. Детектирование радиоактивного излучения основано на регистрации процессов в веществе при прохождении через него излучения. К таким процессам относятся: ионизация и возбуждение атомов вещества; световые вспышки; засвечивание химических растворов и др. Однако наиболее удобным является преобразование информации об излучении в электрические сигналы.

По методу регистрации детекторы разделяют на ионизационные, сцинтилляционные, химические, фотографические и др.

Ионизационный метод основан на обнаружении эффекта ионизации атомов вещества под действием ионизирующего излучения. Простейшим ионизационным детектором является ионизационная камера. Она состоит из двух электродов, пространство между которыми заполняется воздухом или другим газом. Для образования электрического поля между электродами к ним прикладывается постоянное напряжение от внешнего источника. Под воздействием ионизирующего излучения происходит ионизация воздуха или газа. При наличии электрического поля в ионизированном воздухе или газе возникает направленное движение ионов, т.е. через газ проходит электрический ток, называемый ионизационным. Измеряя величину ионизационного тока, можно судить об интенсивности ионизирующего излучения. Ионизационные камеры просты и характеризуются высокой эффективностью регистрации, но имеют недостатки. Так, для измерения полной энергии ионизирующей частицы необходимо, чтобы ее пробег целиком уместился в камере. Ионизационные камеры чувствительны к помехам.

Недостатки ионизационных камер в значительной мере преодолены в газоразрядных счетчиках. Газоразрядный счетчик представляет собой металлический или стеклянный цилиндр, покрытый внутри слоем металла, который служит катодом. Вдоль оси цилиндра натягивается тонкая нить (толщиной 10-100 мкм), которая является анодом.

В зависимости от характера используемого разряда счетчики разделяются на пропорциональные и счетчики Гейгера-Мюллера. Пропорциональный счетчик с несамостоятельным разрядом при прекращении действия радиоактивного излучения гаснет. Счетчик Гейгера-Мюллера – с самостоятельным разрядом, т.е. ток в нем поддерживается и после прекращения действия ионизирующего излучения. Характерной особенностью такого счетчика является необходимость гашения самостоятельного разряда. Гашение производится путем применения специальных электронных устройств или путем ввода в состав газа специальных добавок.

В настоящее время широкое применение получили сцинтилляционные счетчики. Вещества, испускающие свет под действием ионизирующего излучения, называются сцинтилляторами. Сцинтилляционный метод регистрации радиоактивных излучений основан на изменении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующих веществах при прохождении через них ионизирующего излучения. Количество вспышек пропорционально мощности дозы излучения. Регистрация световых вспышек осуществляется с помощью фотоэлектронного умножителя с регистрирующей электронной схемой. Фотоэлектронный умножитель позволяет преобразовать слабые световые вспышки от сцинтиллятора в большие электрические импульсы.

#### 1.4. Радиационная гигиена

##### Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)

Таблица 1 – Нормируемые величины. Для стронция-90

№	Наименование продукта	Бк/кг, Бк/л
1.	Вода питьевая	0,37
2.	Молоко и цельномолочная продукция	3,7
3.	Хлеб и хлебобулочные изделия	3,7
4.	Картофель	3,7
5.	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	1,85

**Таблица 2 – Для цезия-137**

№	Наименование продукта	Бк/кг, Бк/л
1.	Вода питьевая	10
2.	Молоко и цельномолочная продукция	100
3.	Молоко сгущенное и концентрированное	200
4.	Творог и творожные изделия	50
5.	Сыры сычужные и плавленые	50
6.	Масло коровье	100
7.	Мясо и мясные продукты, в том числе:	
7.1.	Говядина, баранина и продукты из них	500
7.2.	Свинина, птица и продукты из них	180
8.	Картофель	80
9.	Хлеб и хлебобулочные изделия	40
10.	Мука, крупы, сахар	60
11.	Жиры растительные	40
12.	Жиры животные и маргарин	100
13.	Овощи и корнеплоды	100
14.	Фрукты	40
15.	Садовые ягоды	70
16.	Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74
17.	Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	185
18.	Грибы свежие	370
19.	Грибы сушеные	2500
20.	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	37
21.	Прочие продукты питания	370

Для продуктов питания, потребление которых составляет менее 5кг/год на человека (специи, чай, мед и др.), устанавливаются допустимые уровни **в 10 раз более высокие**, чем величины для прочих пищевых продуктов.

## 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Прибор комбинированный для измерения ионизирующих излучений РКСБ-104

Прибор предназначен для индивидуального использования населением с целью контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Он выполняет функции дозиметра и радиометра обеспечивает возможность измерения:

- мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения;
- плотности потока бета-излучения с поверхности;
- удельной активности вещества по радионуклиду цезий-137, а также звуковой сигнализации при превышении порогового значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, установленного потребителем.

Диапазон измерений мощности полевой эквивалентной дозы гамма - излучения, 0,1—99,99 мкЗв/ч (что соответствует мощности экспозиционной дозы гамма- излучения, 10—9999 мкР/ч.

Диапазон измерений плотности потока бета-излучения с поверхности (по радионуклидам стронций-90 + иттрий-90) 0,1—99,99/(с·см<sup>2</sup>)

Диапазон измерений удельной активности радионуклида цезий-137,  $2 \cdot 10^3$ — $2 \cdot 10^6$  Бк/кг.

На лицевой панели (рисунок 1) прибора предусмотрены окно для индикатора и три тумблера — для включения прибора и выбора режима его работы (S1, S2 и S3).

На тыльной стороне (рисунок 2) прибора предусмотрена крышка-фильтр для выравнивания энергетической зависимости показаний прибора при его работе в режиме измерения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения. При работе прибора в режиме радиометра эта крышка снимается; счетчики излучений оказываются закрытыми только пленочными фильтрами. Под крышку-фильтр выведены движки кодового переключателя, с помощью которого можно выбрать вид измерения (мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потока бета-излучения с поверхности, удельной активности радионуклида цезий-137 в веществе), установить пороги срабатывания сигнализации, а также отключить встроенные счетчики СБМ20 и подключить внешний блок детектирования излучений.

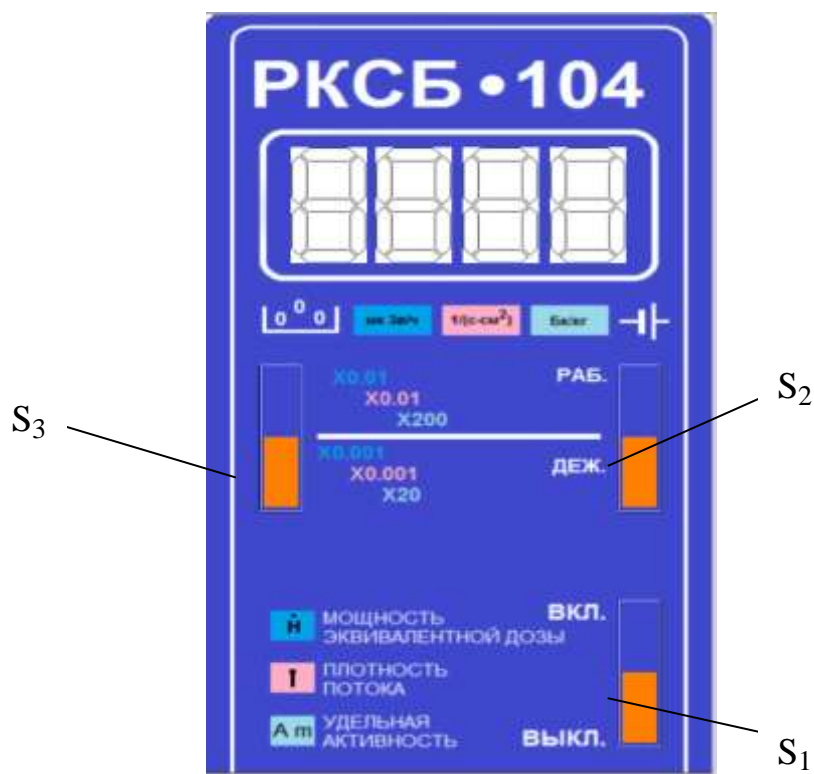


Рисунок 1 – Лицевая панель РКСБ-104 (эмулятор)

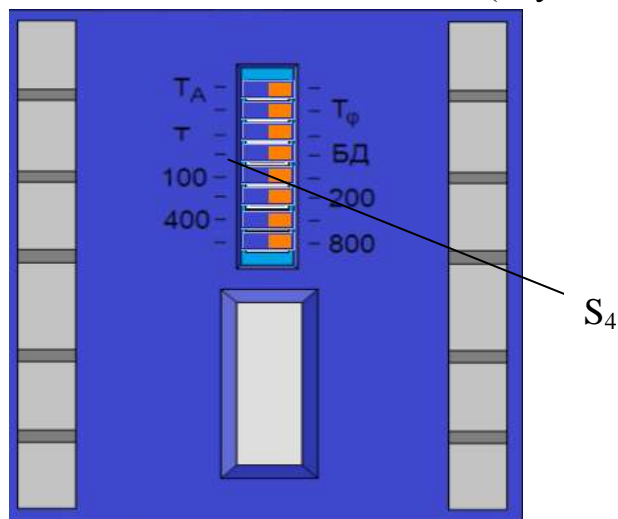


Рисунок 2 – Тыльная сторона РКСБ-104 (эмулятор)

Отсчетным устройством прибора является жидкокристаллический индикатор, на табло которого при измерениях индицируются 4-разрядные числа — от 0000 до 9999.

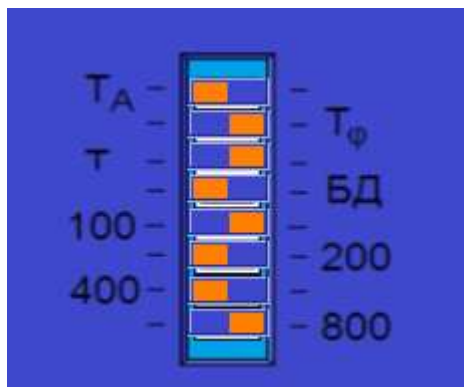
В качестве показания прибора (или отсчета показания — при необходимости снятия нескольких отсчетов) принимается цифровая величина, являющаяся значащей частью 4-разрядного числа, устанавливающегося на табло после окончания цикла измерения.

Таблица 4—Коэффициенты пересчета показаний прибора

Измеряемая величина	Обозначение	Единица измерения	Значение пересчетных коэффициентов для разных поддиапазонов измерений	
			для верхнего положения тумблера S3	для нижнего положения тумблера S3
Удельная активность вещества по радионуклиду цезий- 137	$A_m$	Бк/кг	200	20

## 2.2 Использование прибора рксб-104 и его эмулятора для измерения удельной активности вещества по радионуклиду цезий-137

РКСБ-104	Эмулятор РКСБ-104
а) Снимите заднюю крышку-фильтр	а) Нажмите кнопку «Открыта»
б) Переведите движки кодового переключателя в положения, показанные на рисунке 3.	б) Переведите движки кодового переключателя в положения, показанные на рисунке 3.



**Положение движков  
«100», «200», «400», «800»  
может быть произвольным**

Рисунок 3 – Положения движков для измерения удельной активности вещества по радионуклиду цезий-137

Заполните кювету чистой водой.	Установите вариант №1.
Включите прибор, установив тумблер S1 в положение «ВКЛ.». Снимите 5 измерений. Занесите значения в отчет.	Включите прибор тумблером S1, установив его в положение «ВКЛ.». Снимите 5 измерений. Занесите значения в отчет.
<p>Рассчитайте среднее арифметическое фоновых показаний <math>A_{\phi}</math> по формуле:</p> $A_{\phi} = \frac{A_{\phi 1} + A_{\phi 2} + A_{\phi 3} + A_{\phi 4} + A_{\phi 5}}{5}$	
Вылейте воду, просушите кювету и заполните исследуемым веществом.	Установить вариант выданный преподавателем.
Включите прибор, установив тумблер S1 в положение «ВКЛ.». Снимите 5 отсчетов. Занесите значения в отчет.	Включите прибор тумблером S1, установив его в положение «ВКЛ.». Снимите 5 отсчетов. Занесите значения в отчет.
<p>Рассчитайте среднее арифметическое фоновых показаний <math>A_{\phi}</math> по формуле:</p> $A_{\text{изм}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5}$	

Рассчитайте по формуле величину удельной активности вещества по радионуклиду цезий-137:

$$A_m = K_2(A_{\text{изм}} - A_{\text{ф}})$$

$K_2$  – пересчетный коэффициент (таблица 4)

Показания прибора и рассчитанное значение удельной активности занести в отчет.

### 2.3. Практическая работа

- а) Получить у преподавателя номер варианта;
- б) Измерить удельную активность в веществах;
- в) Занести полученные данные в таблицу

**Таблица 5** – Результаты измерений

Измеряемая величина	Значение, показанное прибором		Значение измеряемой величины (расчетное)	ед. измерения	Выводы
	$A_{\text{фп}}$	$A_{\text{п}}$			
-	$A_{\text{фп}}$	$A_{\text{п}}$	-		-
Удельная активность					

- г) Рассчитать значения измеренных величин и занести их в таблицу;
- д) Сделать выводы о полученных результатах (сравнить с нормой воды и грибов).



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды космических излучений и их состав.
2. Пути поступления радионуклидов в организм человека.
3. Виды искусственных источников радиации.
4. Какие вещества называются радиоактивными?
5. Что характеризует и показывает постоянная времени распада?
6. Дайте определение периода полураспада.
7. Что характеризует активность вещества и чем она определяется?
8. Перечислите единицы измерения объемной, поверхностной и удельной активности.
9. Что понимают под ионизирующим излучением?
10. Перечислите основные виды излучений радиоактивных ядер и их параметры.
11. Что понимают под ионизационными потерями и от каких факторов они зависят?
12. Что такое тормозное излучение и в чем его сущность?
13. Условие, при котором имеет место фотоэффект при взаимодействии гамма-квантов с веществом и его сущность.
14. Условие, при котором имеет место комптоновское рассеяние при взаимодействии гамма-квантов с веществом и его сущность.
15. Условие, при котором имеет место образование пар «электрон-позитрон» в кулоновском поле ядра и его сущность.
16. Сущность ионизационного метода регистрации ионизирующих излучений.
17. Достоинства и недостатки счетчиков Гейгера-Мюллера.
18. Сущность сцинтилляционного метода регистрации ионизирующих излучений.

Учебное издание

**Камлач Павел Викторович**  
**Камлач Вероника Ивановна**

## **ОЦЕНКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Методическое пособие  
к лабораторным занятиям по дисциплинам  
«Безопасность жизнедеятельности человека» и  
«Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.  
Радиационная безопасность»

Редактор  
Компьютерная верстка

Подписано в печать  
Гарнитура «Таймс».  
Уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16.  
Печать ризографическая.  
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л.  
Заказ 99.