



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный  
технический университет

---

Кафедра «Физика»

## РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания  
к лабораторной работе по физике*



Минск  
БНТУ  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Физика»

# РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания  
к лабораторной работе по физике  
для студентов строительных специальностей*

Минск  
БНТУ  
2013

УДК 539.16:691.1(076.5)(075.8)

ББК 22.383я7

Р15

Составители:

*П. Г. Кужир, Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук,  
Е. В. Журавкевич, В. А. Потащиц, И. А. Климович*

Рецензенты:

*И. А. Хорунжий, И. Ф. Медведева*

В издании представлены основные сведения об одной из составляющих радиационного фона Земли – излучении естественных радионуклидов. Описан метод определения удельной активности естественных радионуклидов в строительных материалах с помощью радиометра РКГ-АТ1320.

© Белорусский национальный  
технический университет, 2013

**Цель работы:** ознакомиться с одной из составляющих естественного радиационного фона Земли – излучением естественных радионуклидов; экспериментально определить удельную активность радионуклидов, содержащихся в некоторых строительных материалах. Оценить степень загрязнения строительных материалов и сделать заключение о возможности их использования при возведении жилых и производственных сооружений.

**Оборудование и материалы:** радиометр РКГ-АТ1320, набор проб.

### Состав атомных ядер

**Атом состоит из положительно заряженного ядра, которое окружено электронами, образующими электронные оболочки.** В целом атом электрически нейтрален.

Размеры ядер имеют порядок  $10^{-14}$ – $10^{-15}$  м, в то время как линейные размеры атомов составляют  $10^{-10}$  м. Вместе с тем именно в ядре сосредоточена почти вся масса атома (более 99,95 %).

**Ядра состоят из двух элементарных частиц – протонов и нейтронов.** Протон представляет собой ядро атома водорода. Он имеет положительный заряд, численно равный заряду электрона ( $q_{\text{пр}} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл), и массу покоя

$$m_{\text{пр}} = 1,6726 \cdot 10^{-27} = 1836 m_{\text{эл}},$$

где  $m_{\text{эл}}$  – масса покоя электрона.

**Атомным номером  $Z$**  называется число протонов в ядре, которое равно порядковому номеру химического элемента в таблице Менделеева.

Нейтрон не обладает электрическим зарядом, его масса покоя составляет

$$m_{\text{н}} = 1,6749 \cdot 10^{-27} = 1839 m_{\text{эл.}}$$

Протоны и нейтроны имеют общее название **нуклоны**. **Массовым числом**  $A$  называется общее число нуклонов в ядре.

**Нуклидом** называется ядро с данным числом протонов и нейтронов. Для обозначения нуклида используется символ химического элемента с указанием атомного номера и массового числа ядра:  ${}^A_Z X$ .

**Изотопами** называются ядра, содержащие одинаковое число протонов, но различное число нейтронов.

## Явление радиоактивности

**Радиоактивность** – самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, сопровождаемое испусканием различных видов излучений ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) и некоторых элементарных частиц. Самопроизвольное превращение ядер называют также **радиоактивным распадом**. Радиоактивный распад сопровождается выделением энергии и возбуждением в веществе других процессов. При этом **выполняются законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и электрического заряда**.

В процессе радиоактивного распада у ядра могут изменяться как массовое число  $A$ , так и атомный номер  $Z$ , при этом полное число нуклонов остается неизменным, несмотря на то, что нуклоны одного вида могут превращаться в нуклоны другого вида (протоны – в нейтроны и наоборот).

**Радиоактивным** или **ионизирующим излучением** называют излучения, испускаемые при превращении ядер. Ионизирующее излучение при воздействии на вещество вырывает из атомов электроны и создает ионы разных знаков. **Процесс образования ионов разных знаков называется ионизацией**. Для ионизации атома необходимо затратить энергию равную

работе, совершаемой против сил электрического притяжения между вырываемым электроном и образующимся ионом.

Химические свойства иона отличаются от химических свойств исходного атома. В частности, химическая активность иона значительно больше, чем нейтрального атома.

Ионизирующее излучение делится на **непосредственно ионизирующее излучение** и **косвенно ионизирующее излучение**.

**Непосредственно ионизирующим излучением** называется излучение, состоящее из потока заряженных частиц, имеющих кинетическую энергию, достаточную для ионизации атомов при непосредственном столкновении. К непосредственно ионизирующему излучению относятся альфа- и бета-излучение, протоны, электроны.

**Косвенно ионизирующим излучением** называется излучение, состоящее из незаряженных частиц, которые при взаимодействии с веществом могут создавать непосредственно ионизирующее излучение и вызывать ядерные превращения. Косвенно ионизирующее излучение может состоять из нейтронов или фотонов.

Радиоактивные ядра называются **радионуклидами**. **Радиоактивность** – явление **статистическое**. Одинаковые по типу радионуклиды распадаются за разное время независимо друг от друга. При этом указать, какие именно ядра распадутся за рассматриваемый промежуток времени, не представляется возможным. Однако с хорошей степенью точности можно определить **число ядер**, которые испытывают радиоактивный распад за данный промежуток времени. Чем больше исходное число радионуклидов, тем точнее будет это определение.

Число ядер  $dN$ , распадающихся за интервал времени от  $t$  до  $t + dt$ , будет пропорционально промежутку времени  $dt$  и числу ядер  $N$ , еще не распавшихся к моменту времени  $t$ :

$$-dN = \lambda N dt, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – постоянная распада, которая определяет вероятность распада ядра за единицу времени.

Разделим переменные в равенстве (1):

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt.$$

После интегрирования получим

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t,$$

или

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где  $N_0$  – первоначальное (в момент времени  $t = 0$ ) число радиоактивных ядер;

$N(t)$  – число радиоактивных ядер, не распавшихся к моменту времени  $t$ .

Выражение (2) называют **законом радиоактивного распада**, который гласит: **число радиоактивных ядер с течением времени убывает по экспоненциальному закону.**

**Период полураспада**  $T_{1/2}$  – время, в течение которого первоначальное число радиоактивных ядер уменьшится примерно в два раза.

Из формулы (2) следует связь периода полураспада  $T_{1/2}$  с постоянной распада  $\lambda$ :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Период полураспада может составлять от миллионных долей секунд до  $10^{15}$  лет.

## Активность

Количественной мерой радиоактивности источника является физическая величина, называемая активностью  $\mathcal{A}$ . **Активность радионуклида** в источнике – это отношение числа  $dN'$  самопроизвольных радиоактивных ядерных превращений, происходящих в источнике за малый интервал времени  $dt$ , к величине этого интервала:

$$\mathcal{A}(t) = \frac{dN'}{dt}.$$

Благодаря распаду, количество радиоактивных ядер в первоначальной массе вещества с течением времени уменьшается, соответственно снижается активность радионуклида. Число радиоактивных распадов  $dN'$  равно убыли числа радиоактивных ядер  $dN$  за время  $dt$ :

$$dN' = -dN.$$

Тогда

$$\mathcal{A}(t) = -\frac{dN}{dt} = -\frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N(t). \quad (3)$$

Единицей активности в СИ является **беккерель (Бк)**. **Один беккерель равен активности радионуклида в источнике, в котором происходит один распад в секунду.**

В практических приложениях часто используется внесистемная единица измерения активности **кюри (Ки)**. **Один кюри – активность такого радиоактивного источника, в котором за 1 секунду происходит  $3,7 \cdot 10^{10}$  распадов:**  
 $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}.$



**Масса радионуклида  $m$  в граммах** в источнике вычисляется по формуле

$$m = 2,4 \cdot 10^{-24} A T_{1/2} \mathcal{A},$$

где  $A$  – атомная масса данного радионуклида в граммах;

$\mathcal{A}$  – активность радионуклида в беккерелях;

$T_{1/2}$  – период полураспада радионуклида в секундах.

**Удельная активность радионуклида** – отношение активности  $\mathcal{A}$  радионуклида в источнике к массе источника  $m$ :

$$\mathcal{A}_m = \frac{\mathcal{A}}{m}.$$

Единица удельной активности – **беккерель на килограмм (Бк/кг)**.

**Объемная активность радионуклида** в образце объемом  $V$

$$\mathcal{A}_v = \frac{\mathcal{A}}{V}$$

характеризует активность радионуклида в источнике единичного объема (**Бк/м<sup>3</sup>**).

**Поверхностная активность**

$$\mathcal{A}_s = \frac{\mathcal{A}}{S}$$

характеризует активность радионуклида в источнике с единичной площадью поверхности (**Бк/м<sup>2</sup>**).

Как следует из формулы (3) активность радионуклида в образце уменьшается с течением времени по закону

$$\mathcal{A}(t) = \mathcal{A}_0 e^{-\lambda t},$$

где  $A_0$  – активность образца в начальный момент времени.

## Дозы облучения

Ионизирующее излучение, проходя через вещество, ионизирует и возбуждает атомы и молекулы среды. Ионизирующим излучением являются  **$\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение, пучки электронов и позитронов, протонов, нейтронов,  $\alpha$ -частиц и т.д.**

Ионизируя и возбуждая атомы и молекулы среды излучение теряет свою энергию, а облучаемое вещество поглощает ее. Степень воздействия ионизирующего излучения на вещество характеризуется **количеством поглощенной энергии**. Основной физической величиной, принятой для **измерения** ионизирующего излучения, является **доза** излучения.

**Поглощенная доза** ионизирующего излучения  $D$  равна отношению средней энергии  $dE$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе  $dm$  вещества в этом объеме

$$D = \frac{dE}{dm}.$$

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Дж/кг, и имеет специальное название – **грей** (Гр или Gy).

**Один грей равен такой поглощенной дозе, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж: 1 Гр = 1 Дж/кг.**

Скорость увеличения дозы характеризуется мощностью дозы. **Мощность поглощенной дозы**  $\dot{W}$  – это отношение приращения дозы  $\Delta D$  за некоторый промежуток времени  $\Delta t$  к величине этого промежутка:

$$W = \frac{\Delta D}{\Delta t}.$$

**Мощность поглощенной дозы** в СИ измеряется в единицах грэй в секунду (Гр/с).

Поражающее действие ионизирующих излучений зависит не только от поглощенной дозы, но и от вида излучения формирующего эту дозу. Это учитывается путем взвешивания значения поглощенной дозы с помощью **множителя, отражающего «качество» излучения**. Такой коэффициент называется **весовым множителем излучения  $w$**  (табл. 1), а взвешенная поглощенная доза называется **эквивалентной дозой  $H$** .

Таблица 1

Весовые множители излучения для некоторых видов излучений

Виды излучений	Весовой множитель излучения $w$
Фотоны любых энергий	1
Рентгеновское и $\gamma$ -излучение	1
Электроны любых энергий	1
Нейтроны	10
Альфа-частицы	20

**Эквивалентная доза ионизирующего излучения  $H$**  – произведение поглощённой дозы  $D$  на **средний весовой множитель ионизирующего излучения  $w$**  в данном элементе объема вещества:

$$H = wD.$$

Численные значения весовых множителей для некоторых излучений приведены в табл. 1.

Если ионизирующее излучение смешанного состава, то

$$H = \sum_i w_i D_i,$$

где  $w_i$ ,  $D_i$  – весовой множитель и поглощенная доза  $i$ -го вида излучения соответственно.

**Единицей эквивалентной дозы  $H$  в СИ является зиверт (Зв).**

Для ионизирующего излучения, весовой множитель которого равен единице,

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр.}$$

Для ионизирующего излучения, весовой множитель которого  $w$  не равен единице,

$$1 \text{ Зв} = 1/w \text{ Гр.}$$

**Для рентгеновского, бета- и гамма-излучений численные значения поглощенной и эквивалентной дозы совпадают.**

### **Радиационный фон Земли**

Все живые существа на Земле, начиная с простейших и заканчивая человеком, облучаются ионизирующими излучениями различных источников естественного и искусственного происхождения. Совокупность этих ионизирующих излучений называют радиационным фоном. **Радиационный фон Земли** складывается из естественного (природного) радиационного фона и искусственного радиационного фона. Диаграмма вкладов ионизирующих излучений от различных источников естественного и искусственного происхождения в общую радиацию показана на рис. 1.



Рис. 1. Диаграмма вкладов в радиационный фон Земли ионизирующего излучения от различных источников естественного и искусственного происхождения

Как видно из приведенной диаграммы, **радиационный фон Земли** складывается из следующих основных компонентов:

1) излучение, обусловленное космическим излучением;

2) излучение от содержащихся в земной коре, почве, воздухе, воде естественных радионуклидов, из которых основной вклад в дозу облучения человека вносят  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  и члены радиоактивных семейств  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ;

3) излучение от искусственных радионуклидов, образовавшихся при испытаниях ядерного оружия, от радиоактивных отходов предприятий атомной промышленности, от радиоактивных веществ, используемых в медицине, науке, технике, сельском хозяйстве и т.д.

Ионизирующие излучения от природных источников космического и земного происхождения образуют естественный радиационный фон.

**Естественный радиационный фон** – радиоактивное излучение, источником которого являются **космические лучи и радиоактивные вещества**, которые в естественных условиях содержатся в незначительных количествах в атмосфере, а

также **естественные радионуклиды**, содержащиеся в земной коре.

**Космическое излучение** – ионизирующее излучение, которое непрерывно воздействует на поверхность Земли. Его подразделяют на первичное и вторичное. **Первичное излучение** приходит из космического пространства. Оно состоит в основном из протонов высоких энергий (примерно 90 %) и  $\alpha$ -частиц (около 10 %). В результате взаимодействия высокоэнергетических частиц первичного космического излучения с атомами воздуха **образуется поток вторичного космического излучения**, которое содержит практически все известные в настоящее время элементарные частицы. Население Земли подвергается воздействию в основном только вторичного космического излучения.

**Все природные радионуклиды, содержащиеся в атмосфере**, условно можно разделить на следующие группы: космогенные радионуклиды, радиоактивные газы, поступающие в атмосферу с земной поверхности и радионуклиды, поступающие в атмосферу с земной поверхности вместе с пылью в результате жизнедеятельности человека.

Основные радиоактивные изотопы, которые встречаются в горных породах Земли – это калий-40, рубидий-87 и радиоактивные ряды или радиоактивные семейства, берущие начало от изотопов – урана-238, урана-235 и тория-232. В природном уране изотоп урана-238 составляет 99,3 %, в то время как изотоп урана-235 всего 0,7 %.

**Радиоактивный ряд – последовательность радионуклидов, каждый из которых образуется посредством радиоактивного распада предыдущего.** Распады продолжают до тех пор, пока не будет получен стабильный изотоп. Характерной особенностью радиоактивных рядов является наличие в середине цепочки инертного радиоактивного газа радона-222, торона (радон-220) и актинона (радон-219), при этом каждый ряд заканчивается стабильным изотопом свинца.

**Радон-222 и торон-220** – это наиболее важные радионуклиды, определяющие уровень радиоактивности атмосферы (рис. 1).

Основную часть дозы облучения от радона человек получает, находясь, в закрытом, непроветриваемом помещении. Концентрация радона в закрытых помещениях в среднем примерно в восемь раз выше, чем в наружном воздухе (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма процентного содержания радона, при излучении от различных источников

Как видно из рис. 2, в помещениях источником радона помимо почвы под зданием являются строительные материалы, поэтому очень важно при строительстве жилых и производственных помещений правильно сделать выбор строительных материалов. Самые распространенные строительные материалы – **дерево, кирпич и бетон** – выделяют относительно немного радона. Гораздо большей удельной активностью обладают пемза, глиноземы. Довольно высокой удельной радиоактивностью обладает силикатный шлак – побочный продукт, получаемый при переработке фосфорных руд и применяемый

в качестве компонента бетона и других строительных материалов. Фосфогипс – побочный продукт, образующийся при другой технологии переработки фосфорных руд, широко применяется при изготовлении строительных блоков, сухой штукатурки, перегоронок и цемента. Фосфогипс обладает гораздо большей удельной активностью, чем природный гипс, и люди, живущие в домах, построенных с его применением, подвергаются облучению на 30% более интенсивному, чем жильцы других домов.

В зависимости от концентрации изотопов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  в строительных материалах мощность дозы излучения в помещениях изменяется от  $4 \cdot 10^{-8}$  до  $12 \cdot 10^{-8}$  Гр/ч. В кирпичных, каменных и бетонных зданиях мощность дозы в 2-3 раза выше, чем в деревянных.

Дома, в которых живут и работают люди, с одной стороны, защищают их от внешних радиационных облучений, а с другой – увеличивают общую дозу облучения за счет радионуклидов, которые содержатся в строительных материалах, и радона, который также находится внутри помещений.

Таблица 2

Удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах (Бк/кг)

Вид материала	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$A_{\text{эфф}}$
Бетон легкий	21,8	15,2	155,0	59
Бетон тяжелый (цемент)	23,7	16,7	149,0	63
Песок	7,8	12,3	33,0	16
Кирпич	15,0	4,0	333,0	48
Щебень из гранита	27,4	35,9	111,0	204
Мрамор	18,0	18,0	37,0	45
Гранит	100,8	80,0	1299,0	315



Возможность использования при сооружении зданий тех или иных строительных материалов определяют по значению **эффективной удельной активности** (табл. 2). Удельная эффективная активность природных радионуклидов в строительных материалах (песок, щебень, цементное и кирпичное сырье и др.) и отходах промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (зола, шлаки и др.), рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,31 A_{\text{Th}} + 0,065 A_{\text{K}} + 0,22 A_{\text{Cs}},$$

где  $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{Cs}}$ ,  $A_{\text{K}}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  соответственно. Все удельные активности в приведенной формуле измеряются в Бк/кг.

**Согласно «Нормам радиационной безопасности – 2000» для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых общественных зданиях,**

$$A_{\text{эфф}} < 370 \text{ Бк/кг.}$$

**Для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и для производственных сооружений,**

$$A_{\text{эфф}} \leq 740 \text{ Бк/кг.}$$

**Для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов,**

$$A_{\text{эфф}} \leq 1350 \text{ Бк/кг.}$$

Если  $1350 \text{ Бк/кг} < A_{\text{эфф}} < 4000 \text{ Бк/кг}$ , вопрос об использовании материалов решается совместно с республиканскими органами санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Республики Беларусь. При  $A_{\text{эфф}} > 4000 \text{ Бк/кг}$  материалы не используются в строительстве.

## Радиометры

**Радиометрами** называются приборы, предназначенные для измерения удельной и объемной активности гамма-излучающих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  в воде, продуктах питания, кормах, почве, строительных материалах, промышленном сырье и других объектах окружающей среды.

Радиометры – это приборы с газоразрядными счетчиками, сцинтилляционными счетчиками и другими видами детекторов.

Основные блоки радиометра РКГ-АТ1320: **блок детектирования** (рис. 3) и **блок обработки информации**.

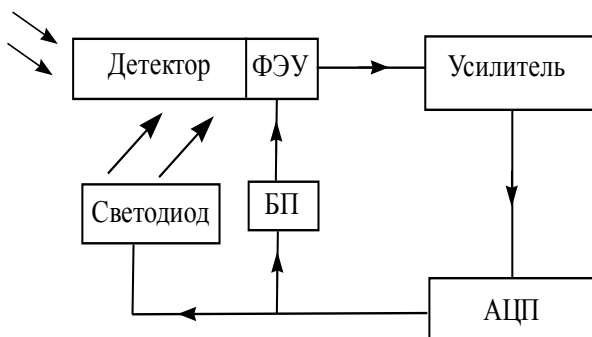


Рис. 3 Схема блока детектирования

Блок детектирования (рис. 3) содержит сцинтилляционный детектор  $\text{NaI(Tl)}$  и электронную часть, состоящую из светодиода, фотоумножителя (ФЭУ), усилителя, блока питания (БП) и аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

**Принцип действия радиометра основан на использовании сцинтилляционного эффекта**, при котором световые вспышки, возникающие в кристалле-сцинтиляторе NaJ(Tl) при попадании в него гамма квантов, регистрируются фотодетектором. Световые вспышки, возникающие в сцинтиляторе, через светодиод попадают на фотокатод фотоэлектронного умножителя и преобразуются в электрические импульсы, которые после усиления поступают в устройство селекции. Устройство селекции производит сортировку импульсов по их амплитудам (пропорционально энергии регистрируемых  $\gamma$ -квантов).

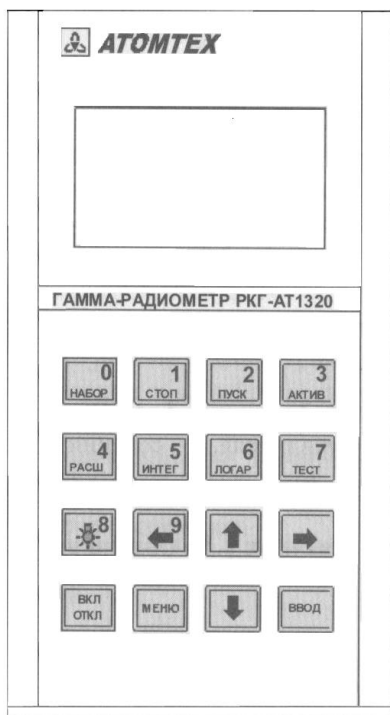


Рис. 4. Внешний вид блока обработки информации радиометра РКГ-АТ1320

Устройство обработки информации управляет работой устройства селекции и вычисляет количественные характеристики ионизирующего излучения. Устройство индикации и управления задает режим работы  $\gamma$ -радиометра и индуцирует на табло результат измерений. Режим работы задается с помощью кнопок, расположенных на лицевой панели прибора (рис. 4). Исследуемый образец (проба) размещается в кювете, в качестве которой используется **сосуд Маринелли объемом 1,0 л**. Кювета с пробой устанавливается вовнутрь свинцового защитного экрана, уменьшающего влияние внешнего фонового излучения. Сверху

экран закрывается свинцовой защитной крышкой. Программно выбирается состав радионуклидов, эффективную активность которых необходимо измерять.

### Порядок выполнения работы

1. Перед началом работы подключите сетевой кабель радиометра РКГ-АТ1320 к сети питания.

2. На экране блока обработки информации нажмите кнопку «ВКЛ». На экране на несколько секунд появится надпись «АТОМТЕХ», а затем **сообщение:**

<b>Прогрев прибора</b>	
<b>Установите контрольн. пробу</b>	
<b>Меню</b>	<b>Прервать</b>

3. Прогрев радиометра производится в течение 10 мин. В процессе прогрева установите контрольную пробу в радиометр и закройте блок защиты.

4. После того как на экране появится сообщение «**Проверка завершена**» извлеките контрольную пробу из радиометра.

5. Выполните измерения активности следующих проб строительных материалов: **гранита, гравия, мрамора и древесных опилок.**

6. Поместите сосуд с пробой гранита в блок защиты радиометра и закройте блок. Нажмите кнопку «**Меню**», автоматически Вы попадаете в режим «**Отображение спектра**». На экране Вы будете видеть изображение спектра.

7. Нажмите клавишу «**Набор**» и введите значения параметров:

- продолжительность измерения **900 с** (15 мин);
- масса пробы **в граммах** (указана на сосуде);
- геометрия измерения – **сосуд Маринелли, 1 л**.

После ввода параметров нажмите кнопку «**Ввод**».

8. По окончании процесса измерений, который длится 15 мин, определите удельную активность естественных радионуклидов в пробе гранита. Для этого на клавиатуре нажмите **«Меню»**.

9. В режиме **«Обр»** при помощи клавиши **«→»** выберите функцию **«Активн»**. Нажмите **«Ввод»**. На экране появится сообщение:

<b>Выбор нуклидов</b>	
<b>Маринелли, 1 л</b>	
<b>Состав нуклидов</b>	
<b>Cs+K</b>	
<b>Ввод</b>	<b>Активность</b>

10. Для определения в пробе четырех нуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $\text{Ra}^{226}$ ,  $\text{Th}^{232}$ ,  $\text{K}^{40}$ ) нажимайте клавишу **«→»** и выберите опцию **«EPH+Cs»**. Затем нажмите **«Ввод»**. На экране появятся результаты измерений удельной активности пробы гранита в виде:

<b>Нуклид</b>	<b>Бк/кг</b>	<b>%</b>
<b>Cs-137</b>		
<b>K-40</b>		
<b>Ra-226</b>		
<b>Th-239</b>		

11. Полученные данные занесите в рабочую тетрадь в табл. 3 и нажмите клавишу **«Набор»**. Откройте блок защиты радиометра, достаньте пробу гранита и поместите туда следующую по таблице пробу – пробу гравия. Закройте блок

12. Введите значения параметров для гравия. Для этого клавишей **«→»** **очистите данные для предыдущей пробы**.

13. Повторите пункты 7–12 для всех проб, указанных в табл. 3.

14. Вычислите удельную эффективную активность  $A_{эфф}$  природных радионуклидов в строительных материалах по формуле

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,065 A_K + 0,22 A_{Cs},$$

где  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_{Cs}$ ,  $A_K$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  соответственно.

Таблица 3

Результаты измерений

Наименование пробы	Удельная активность, Бк/кг		Погрешности измерений удельной активности, %	Удельная эффективная активность $A_{эфф}$ , Бк/кг
	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$		
гранит	$^{137}\text{Cs}$			
	$^{40}\text{K}$			
	$^{226}\text{Ra}$			
	$^{232}\text{Th}$			
гравий	$^{137}\text{Cs}$			
	$^{40}\text{K}$			
	$^{226}\text{Ra}$			
	$^{232}\text{Th}$			
мрамор	$^{137}\text{Cs}$			
	$^{40}\text{K}$			
	$^{226}\text{Ra}$			
	$^{232}\text{Th}$			
древесные опилки	$^{137}\text{Cs}$			
	$^{40}\text{K}$			
	$^{226}\text{Ra}$			
	$^{232}\text{Th}$			

15. Проведите сравнительный анализ полученных данных для  $A_{\text{эфф}}$  с нормами радиационной безопасности (НРБ-2000). Сделайте вывод о возможности использования строительных материалов.

16. Кнопка «ВКЛ» служит для включения и выключения радиометра. Для выключения радиометра **три раза нажмите** кнопку «ВКЛ». После появления на экране дисплея сообщения «Выключить прибор?» еще раз нажмите кнопку «ВКЛ». Достаньте вилку прибора из сети питания

### Контрольные вопросы

1. Что такое радиоактивность?
2. Сформулируйте закон радиоактивного распада.
3. Дайте определение постоянной радиоактивного распада и периода полураспада?
4. Что называется активностью радиоактивного препарата (в том числе удельной, объемной, поверхностной активностью)?
5. Приведите единицы измерения активности.
6. Дайте определения поглощенной дозы излучения и ее мощности. Укажите единицы их измерения.
7. Что такое весовой множитель излучения? Приведите его значение для известных вам видов излучений.
8. Из каких составляющих складывается радиационный фон Земли?
9. Назовите составляющие естественного радиационного фона Земли.
10. Какие природные радионуклиды присутствуют в строительных материалах?
11. Какие радионуклиды обычно измеряются в образцах строительного материала?
12. Устройство и принцип работы радиометра РКГ-АТ1320?

## Литература

1. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1977–1989. – Т. 3.
2. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Высшая школа, 1973–1979. – Т. 2. – 1989.
3. Кужир, П.Г. Радиационная безопасность / П.Г. Кужир, И.А. Сатиков, Е.Е. Трофименко. – Минск: Пион, 1999.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000). – Минск, 2000.



Учебное издание

**РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Методические указания  
к лабораторной работе по физике  
для студентов строительных специальностей*

Составители:

**КУЖИР** Павел Григорьевич  
**ЮРКЕВИЧ** Наталья Петровна  
**САВЧУК** Галина Казимировна и др.

Технический редактор *Д. А. Исаев*  
Компьютерная верстка *Д. А. Исаева*

Подписано в печать 12.04.2013. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 100. Заказ 289.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.