

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Кафедра экологии

Камлач П.В.

**КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ,
В ЖИЛЫХ И РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к лабораторной работе по дисциплине
«Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.
Радиационная безопасность»

Минск БГУИР 2012

Цель работы: Изучить назначение, состав и порядок пользования приборами РКСБ-104 .

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Основные понятия

(Закон Республики Беларусь № 122-З «О радиационной безопасности населения»)

Радиационная безопасность населения - состояние защищенности настоящего и будущих поколений людей от вредного воздействия ионизирующего излучения.

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

Источник ионизирующего излучения - устройство или радиоактивное вещество, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение.

Естественный радиационный фон - доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека.

Техногенно измененный радиационный фон - естественный радиационный фон, измененный в результате деятельности человека.

Эффективная доза - величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности.

Санитарно-защитная зона - территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный предел дозы облучения для населения.

Работники (персонал) - физические лица, работающие с источниками ионизирующего излучения или находящиеся по условиям работы в зоне их воздействия.

Медицинское облучение - облучение граждан (пациентов) при медицинском обследовании и лечении.

1.2 Обращение с материалами и изделиями, загрязненными или содержащими радионуклиды

Материалы и изделия с низкими уровнями содержания радионуклидов допускается использовать в хозяйственной деятельности.

Критерием для принятия решения о возможном применении в хозяйственной деятельности сырья, материалов и изделий, содержащих радионуклиды, является ожидаемая индивидуальная годовая эффективная доза облучения, которая при планируемом виде их использования не должна превышать 10 мкЗв, а годовая коллективная эффективная доза не должна быть более 1 человеко-зиверта.

Не вводится никаких ограничений на использование в хозяйственной деятельности любых твердых материалов, сырья и изделий при удельной активности радионуклидов в них менее 0,3 кБк/кг и мощности дозы гамма-излучения на расстоянии 0,1 м менее 0,2 мкГр/ч над фоном. По согласованию с Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь или его заместителями для отдельных бета-излучающих радионуклидов могут быть установлены более высокие значения удельной активности сырья, материалов и изделий, годных для неограниченного использования.

Сырье, материалы и изделия с удельной бета-активностью от 0,3 до 100 кБк/кг, или с удельной альфа-активностью от 0,3 до 10 кБк/кг, или с содержанием трансурановых радионуклидов от 0,3 до 1,0 кБк/кг, или создающих мощность дозы гамма-излучения от 0,2 до 1,0 мкГр/ч над фоном, могут ограничено использоваться только по согласованию с органами или учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор. Эти материалы подлежат обязательному радиационному контролю.

1.3 Облучение населения

Требования по обеспечению радиационной безопасности населения распространяются на регулируемые природные источники излучения: изотопы радона и продукты их распада в воздухе помещений, гамма-излучение природных радионуклидов, содержащихся в строительных изделиях, природные радионуклиды в питьевой воде, удобрениях и полезных ископаемых.

Относительную степень радиационной безопасности населения характеризуют следующие значения эффективных доз от природных источников излучения [OSP_2002.pdf]:

- менее 2 мЗв/год - облучение не превышает средних значений доз для населения страны от природных источников излучения;
- от 2 до 5 мЗв/год - повышенное облучение;
- более 5 мЗв/год - высокое облучение.

1.4 Дозы ионизирующего 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:

$$D = \frac{dE}{dm}. \quad (1)$$

В системе СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг), и имеет специальное название – грей [Gy; Гр].

Грей равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж.

Любая доза является интегральной по времени характеристикой. Скорость накопления дозы характеризуется понятием *мощность дозы* – это отношение приращения дозы dD за некоторый промежуток времени dt к этому интервалу времени:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}. \quad (2)$$

Мощность поглощенной дозы в СИ измеряется в единицах грей в секунду [Гр/с]. Также используются производные единицы – [Гр/мин], [мкГр/час] и т.п.

Эквивалентная доза ионизирующего излучения H – произведение поглощенной дозы D на средний коэффициент качества K ионизирующего излучения в данном элементе объема биологической ткани стандартного состава

$$H = K \cdot D \quad (4)$$

Численные значения коэффициентов качества для различных излучений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты качества для различных видов излучений.

Виды излучений	K
Рентгеновское и γ -излучение	1
Электроны и мюоны	1
Нейтроны с энергией:	
менее 10 КэВ	5
от 10 КэВ до 100 КэВ	10
от 100 КэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа- частицы, осколки деления, тяжёлые ядра отдачи	20

Единицей измерения эквивалентной дозы излучения является **зиверт** (Sv,Зв). Отметим, что для рентгеновского, бета и гамма излучения численные значения поглощенной и эквивалентной дозы совпадают.

Эквивалентная доза более адекватно учитывает возможный ущерб здоровью человека от воздействия ионизирующего излучения произвольного состава. Однако необходимо принять во внимание и тот факт, что одни части тела (органы, ткани) более чувствительны к действию радиации, чем другие. Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Для учета неодинаковой чувствительности различных органов к радиации вводится специальная дозовая характеристика - эффективная эквивалентная доза.

Мощность экспозиционной дозы фоновое гамма излучения, типичная для равнинных территорий, сложенных осадочными породами, соответствует 10 – 20 мкР/час (или 0,1 – 0,2 мкЗв/час для мощности поглощенной дозы). Такой фон характерен для территории Беларуси.

2 РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

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

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

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.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 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 радионуклида цезий-137 в веществах, 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·см²)

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 (SI, 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.

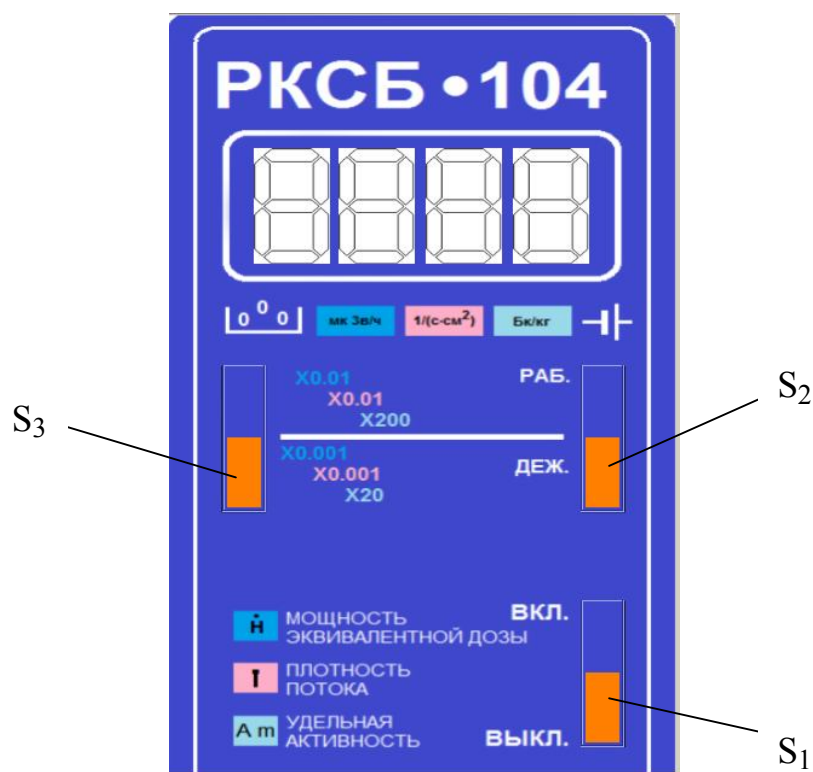


Рисунок 1 – Лицевая панель РКСБ-104 (эмулятор)

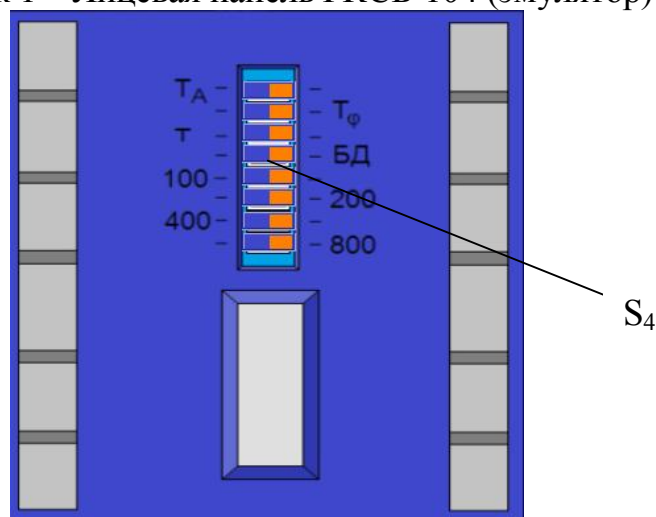


Рисунок 2 – Тыльная сторона РКСБ-104 (эмулятор)

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.

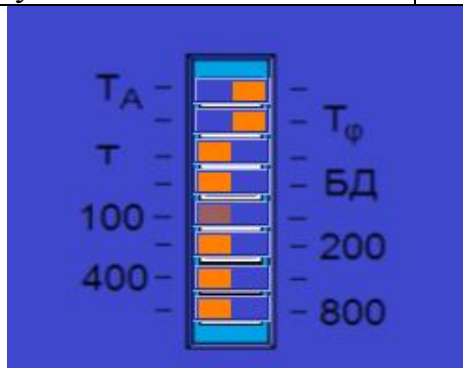
Таблица 2—Коэффициенты пересчета показаний прибора

Измеряемая величина	Обозначение	Единица измерения	Значение пересчетных коэффициентов для разных поддиапазонов измерений	
			для верхнего положения тумблера S3	для нижнего положения тумблера S3
1. Мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения	H	мкЗв/ч	0,01	0,001
2. Плотность потока бета-излучения с поверхности	Φ	1/(с·см ²)	0,01	0,001
3. Удельная активность радионуклида цезий- 137 в веществах	A _m	Бк/кг	200	20

3.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРА РКСБ-104 И ЕГО ЭМУЛЯТОРА.

3.2.1. Измерение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения

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 мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения

в. Установите крышку-фильтр на прежнее место	в. Нажмите кнопку «Закрыта»
г. Переведите, тумблеры S2 в верхние положения	г. Переведите, тумблеры S2 в верхние положения
д. Включите прибор тумблером S1, переводя его в положение «ВКЛ.». Через 27—28 с прибор выдает прерывистый звуковой сигнал, а на табло жидкокристаллического индикатора индицируется и отображается 4-разрядное число. Для определения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения умножьте значащую часть этого числа на пересчетный коэффициент, равный 0,01 (табл. 1) — и вы получите результат в микрозивертах в час (мкЗв/ч)	д. Включите прибор тумблером S1, переводя его в положение «ВКЛ.». Через 27—28 с появится сообщение «эмуляция завершена»*, а на табло жидкокристаллического индикатора индицируется и отображается 4-разрядное число. Для определения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения умножьте значащую часть этого числа на пересчетный коэффициент, равный 0,01 (табл. 1) — и вы получите результат в микрозивертах в час (мкЗв/ч)

Примечание: Значащая часть 4-разрядного числа соответствует измеренной величине мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в микро-рентгенах в час (мкР/ч).

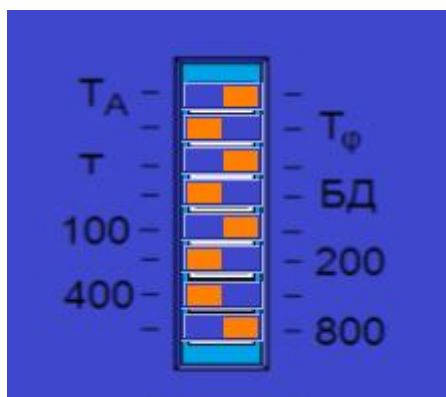
Показания прибора и рассчитанное значение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения занести в отчет.

*Эмулятор всегда выдает сообщение при окончании измерения. (Для ускорения времени эмуляции в 5 раз можно поставить галочку «5х»)

3.2.2. Измерение загрязненности поверхностей бета-излучающими радионуклидами

Поднесите прибор к исследуемой поверхности, удалив прибор от этой поверхности на расстояние 110 — 120 см. Включите прибор тумблером S1, установив его в положение «ВКЛ.».

РКСБ-104	Эмулятор РКСБ-104
а) Снимите заднюю крышку-фильтр	а) Нажмите кнопку «Открыта»
б) Переведите движки кодового переключателя в положения, показанные на рисунке 4.	б) Переведите движки кодового переключателя в положения, показанные на рисунке 4.



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

Рисунок 4 – Положения движков для измерения загрязненности поверхностей бета-излучающими радионуклидами

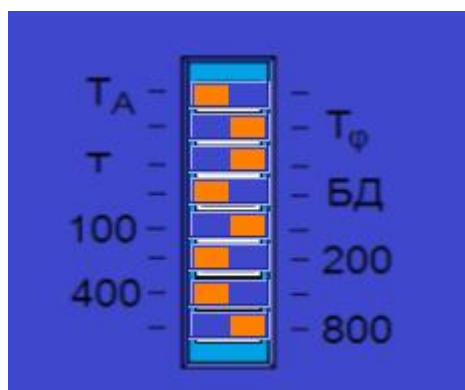
в) Установите крышку-фильтр на прежнее место	в) Нажмите кнопку «Закрыта»
г) Переведите, тумблер S2 в верхнее положение	г) Переведите, тумблер S2 в верхнее положение
д) Поднесите прибор к исследуемой поверхности, удалив прибор от этой поверхности на расстояние 110 — 120 см. Включите прибор тумблером S1, установив его в положение «ВКЛ.».	д) Включите прибор тумблером S1, установив его в положение «ВКЛ.».
е) Снимите фоновое показание прибора, которое установится на табло через интервал времени, примерно равный 18 с после включения прибора. Запишите показание прибора в отчет $\Phi_{\text{ф}}$ (таблица 3)	е) Снимите фоновое показание прибора, которое установится на табло через интервал времени, примерно равный 18 с после включения прибора. Запишите показание прибора в отчет $\Phi_{\text{ф}}$ (таблица 3)
ж) Выключите прибор, установив тумблер S1 в положение «ВЫКЛ.».	ж) Выключите прибор, установив тумблер S1 в положение «ВЫКЛ.».

з) Снимите заднюю крышку-фильтр и поместите прибор над исследуемой поверхностью на расстояние не более 1 см	з) Нажмите кнопку «Открыта»
и) Включите прибор тумблером S1. Запишите показание прибора установившееся во время действия прерывистого звукового сигнала $\varphi_{\text{и}}$.	и) Включите прибор тумблером S1. Запишите установившееся показание прибора $\varphi_{\text{и}}$.
к) Определите величину загрязненности поверхности бета-излучающими радионуклидами, которая характеризуется величиной плотности потока бета-излучения с поверхности φ , по формуле:	к) Определите величину загрязненности поверхности бета-излучающими радионуклидами, которая характеризуется величиной плотности потока бета-излучения с поверхности φ , по формуле:
$\varphi = K_1 (\varphi_{\text{и}} - \varphi_{\text{ф}}),$ <p>где K_1 — коэффициент, определяется по таблице 2.</p>	

Показания прибора и рассчитанное значение загрязненности поверхностей бета-излучающими радионуклидами занести в отчет.

3.2.3. Измерение удельную активность радионуклида 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 5.	б) Переведите движки кодового переключателя в положения, показанные на рисунке 5.



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

Рисунок 5 – Положения движков для измерения удельной активности радионуклида 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 A_{ϕ} 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 A_{ϕ} по формуле:</p> $A_{\text{изм}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5}$	
<p>Рассчитайте по формуле величину удельной активности радионуклида цезий-137:</p> $A_{\text{м}} = K_2(A_{\text{изм}} - A_{\phi})$ <p>K_2 – пересчетный коэффициент (таблица 2)</p>	

3.3 ЗАДАНИЕ

3.3.1. Задача №1.

Известно, что погрешность прибора РКСБ-104 в поддиапазоне от 0,1 до 1 мкЗв/ч - $\pm 40\%$, в поддиапазонах от 1 до 10 мкЗв/ч и от 10 до 99,9 мкЗв/ч - $\pm 25\%$.

Рассчитать максимальные показания прибора РКСБ-104, которые будут соответствовать благополучной радиационной обстановке (H_6) (складывается из искусственного и естественного фона), которые не будут считаться повышенными (H_n) и высокими (H_v) в соответствии с ГН 2.6.1.8-127 – 2000 Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000) и СанПиН 2.6.2.11-4- 2005 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения».

Основные выдержки из СанПиН 2.6.2.11-4- 2005 (естественное облучение):

...
10. Облучение населения природными источниками ионизирующего излучения считается **повышенным**, если эффективная доза за счет всех основных природных источников ионизирующего излучения составляет от 2 до 5 мЗв/год; если дозы облучения населения превышают 5 мЗв/год, то облучение населения является высоким.

25. ...
радиационная обстановка на предприятии является **благополучной**, если максимальные дозы на рабочих местах не превышают 1 мЗв/год

Основные выдержки из НРБ-2000 (искусственное облучение):

...
Приложение 1

Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

3.3.2. Задача №2.

Известно, что погрешность прибора РКСБ-104 в поддиапазоне от 0,1 до 1 $1/(с \cdot см^2)$ - $\pm 60\%$, в поддиапазонах от 1 до 10 $1/(с \cdot см^2)$ и от 10 до 99,9 $1/(с \cdot см^2)$ - $\pm 40\%$.

Рассчитать максимальные показания прибора РКСБ-104, которые будут соответствовать допустимым уровням радиоактивного в соответствии с ГН 2.6.1.8-127 – 2000 Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000).

Основные выдержки из НРБ-2000:

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты, част/(см² × мин)

Объект загрязнения	Альфа-активные нуклиды		Бета-активные нуклиды
	Отдельные	прочие	
Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты	2	2	200

3.3.3. Задача №3.

Известно, что погрешность прибора РКСБ-104 в поддиапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^4$ Бк/кг - $\pm 60\%$.

Рассчитать максимальные показания прибора РКСБ-104, которые будут соответствовать допустимым уровням радиоактивного загрязнения воды и свежих грибов в соответствии с Республиканскими допустимыми уровнями содержания радионуклидов цезия-137 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99).

3.3.4. Практическая работа

- а) Получить у преподавателя номер варианта;
- б) Измерить мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения;
- в) Измерить плотность потока бета-излучения с поверхности;
- г) Измерить удельную активность радионуклида цезий-137 в веществах;
- д) Занести полученные данные в таблицу (таблицу в электронном виде можно скачать с сайта zniorb.narod.ru)

Таблица 2

Измеряемая величина	Значение, показанное прибором		Значение измеряемой величины	ед. измерения	Выводы
Мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения					
	$\Phi_{\text{ф}}$	$\Phi_{\text{и}}$	-		-
Плотность потока бета-излучения					
-	$A_{\text{фп}}$	$A_{\text{п}}$	-		-
Удельная активность радионуклида цезий-137					

- е) Рассчитать значения измеренных величин и занести их в таблицу;
- ж) Сделать выводы о полученных результатах.