

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию в качестве
учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по группе специальностей
74 06 «Агроинженерия» и специальности 1-36 12 01 «Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники»*

Минск
БГАТУ
2022

УДК 614.876(07)
ББК 24.13я7
З-40

Авторы:

кандидат технических наук, доцент кафедры *А. Н. Гурина*,
кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры *В. М. Раубо*,
старший преподаватель *Т. В. Севастюк*,
старший преподаватель *А. В. Гаркуша*

Рецензенты:

кафедра безопасности жизнедеятельности
УО «Белорусский государственный технологический университет»
(доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой *Л. А. Веремейчик*);
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Охрана труда»
Белорусского национального технического университета *Т. П. Ком*

Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.
З-40 Радиационная безопасность. Лабораторный практикум :
учебно-методическое пособие / А. Н. Гурина [и др.]. – Минск :
БГАТУ, 2022. – 148 с.
ISBN 978-985-25-0187-3.

Содержит необходимый теоретический материал для проведения лабораторных работ по дисциплине «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность». Описаны приборы радиационного контроля и приведены методики работы с ними.

Предназначено для студентов агроинженерных специальностей и специалистов по практической организации работ по осуществлению радиационного контроля.

УДК 614.876(07)
ББК 24.13я7

ISBN 978-985-25-0187-3

© БГАТУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ | 6 |
| Лабораторная работа № 1 ОЦЕНКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЩЕВОЙСКОВЫХ ПРИБОРОВ ДП-5В, ДП-22В..... | 18 |
| Лабораторная работа № 2 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРОМ СРП-68-01 И РАДИОМЕТРОМ-ДОЗИМЕТРОМ МКС-01М «СОВЕТНИК» | 34 |
| Лабораторная работа № 3 ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ, В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИБОРАМИ ВПХР; АНКАТ 7664 | 61 |
| Лабораторная работа № 4 ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОЗИМЕТРОВ-РАДИОМЕТРОВ МКС-АТ6130 И МКС-АТ1125 | 80 |
| Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗИМЕТРАМИ ДРГ-01Т И ДБГ-06Т ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАКТИВНОГО ИСТОЧНИКА γ - И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ..... | 95 |
| Лабораторная работа № 6 ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ГАММА-РАДИОМЕТРА РКГ-АТ1320А..... | 102 |
| Лабораторная работа № 7 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ДОЗИМЕТРАМИ ДКГ-РМ1203М, СИГ-РМ1208М, РКС-107..... | 110 |
| Лабораторная работа № 8 ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОМЕТРАМИ РУБ-91, РУГ-91 УДЕЛЬНОЙ И ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.... | 129 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 139 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 141 |

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень радиэкологических знаний не позволяет подавляющему большинству населения объективно оценивать существующую радиационную обстановку, правильно ориентироваться в информационном потоке и критически относиться к получаемым знаниям. Знание свойств радиации и особенностей ее воздействия на живые организмы позволяет свести к минимуму связанные с ее использованием риски. Вопросы контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды, продуктов питания и других объектов, оценки и прогнозирования риска воздействия ионизирующего излучения на живые организмы являются актуальными.

Радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений нашли широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.

В настоящее время в сельском хозяйстве радиоактивные вещества широко применяются для облучения семян растений (хлопчатника, капусты, редиса и др.) небольшими дозами, что приводит к заметному увеличению урожайности. Большие дозы радиации вызывают мутации у растений и микроорганизмов, что в отдельных случаях приводит к появлению мутантов с новыми ценными свойствами (*радиоселекция*). Таким образом выведены ценные сорта пшеницы, фасоли и других культур, а также получены высокопродуктивные микроорганизмы, применяемые в производстве антибиотиков. Радиоактивные вещества используются также для борьбы с вредными насекомыми и для консервации пищевых продуктов.

Широкое применение получили «меченые атомы» в агротехнике: различные удобрения помечают радиоактивным фосфором, чтобы выяснить, какое из фосфорных удобрений лучше усваивается растением.

Радиоактивные вещества широко используются для определения физических свойств почвы и запасов в ней элементов пищи растений, для изучения взаимодействия почвы и удобрений, процессов усвоения растениями питательных элементов, поступления в растения минеральной пищи через листья. Пользуются изотопами для выявления действия на растительный организм пестицидов, что позволяет установить концентрацию и сроки обработки ими посевов. Применяя метод изотопов, исследуют важнейшие биологические

свойства сельскохозяйственных культур (урожайность, скороспелость, хладостойкость) при оценке и отборе селекционного материала.

В животноводстве изучают физиологические процессы, протекающие в организме животных, проводят анализ кормов на содержание токсичных веществ (малые дозы которых трудно определить химическими методами) и микроэлементов. При помощи изотопов разрабатывают приемы автоматизации производственных процессов, например отделение корнеплодов от камней и комков почвы при уборке комбайном на каменистых и тяжелых почвах.

Однако все эти процессы, связанные с использованием радиации, требуют систематических знаний в области радиационной безопасности и основных способов защиты, особенностей возникновения и развития опасностей со стороны источников ионизирующего излучения.

Радиационная безопасность – комплекс научно-обоснованных мероприятий, обеспечивающих защиту человека и объектов окружающей среды от вредного воздействия ионизирующих излучений. Важными задачами радиационной безопасности являются:

1. Разработка *критериев* для оценки ионизирующего излучения как вредного фактора воздействия на отдельных людей, на популяцию в целом и объекты окружающей среды, способов оценки и прогнозирования радиационной обстановки.

2. Разработка *систем радиационного контроля*, позволяющих осуществлять снижение уровня облучения персонала и населения до регламентируемого предела на основе технических, медико-санитарных, организационных мероприятий и позволяющих оперативно регистрировать изменения в радиационной обстановке.

Лабораторный практикум направлен на формирование системного подхода студентов в понимании исходящих со стороны источников ионизирующего излучения опасностей и на приобретение конкретных умений и навыков по оценке радиационной обстановки на местности, определению величины активности радиоактивных веществ в сельскохозяйственных продуктах и других объектах природной среды.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. ОСНОВНЫЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ДОЗИМЕТРИЯ изучает количественное описание *ущерба* (вреда), наносимого человеку воздействием ионизирующих излучений (радиации). Ущерб определяется, как число лет полноценной жизни, потерянных в результате болезни или преждевременной смерти от облучения.

Базовая величина дозиметрии – поглощенная доза излучения (D). Это энергия излучения (ΔE), поглощенная в единице массы (Δm) облучаемого вещества:

$$D = \frac{\mathbf{VE}}{\mathbf{Vm}}.$$

За единицу поглощенной дозы в системе СИ принят **1 грей (Гр)**. Это доза такого облучения, когда в 1 кг массы тела поглощается энергия в 1 джоуль (Дж): 1 Гр = 1 Дж/кг. Внесистемной единицей является **1 рад** (радиационная адаптированная доза). Соотношение единиц: 1 Гр = 100 рад; 1 рад = 0,01 Гр.

Поглощенная доза в 1 Гр и более ведет к гибели в организме значительного числа клеток, к появлению острой лучевой болезни (ОЛБ). Такие непосредственные эффекты облучения называются *детерминированными*. Доза, превышающая 10 Гр, является смертельной.

Для оценки вероятности (риска) возникновения *стохастических* эффектов (которые возникают при небольших значениях поглощенной дозы и проявляются в мутациях клеток) принято использовать эквивалентную и эффективную дозы облучения. Вероятность стохастических эффектов зависит как от типа излучения (альфа, бета, гамма и др.), так и от того, какие органы или ткани тела облучаются.

Мерой риска при облучении отдельного органа или ткани человека, с учетом типа излучения, служит эквивалентная доза.

Эквивалентная доза (H) – поглощенная доза (D) в органе или ткани, умноженная на соответствующий коэффициент, называемый *взвешивающим множителем излучения (W_R)*:

$$H = D \cdot W_R.$$

Значения коэффициента равны: 1 – для γ - и β -излучения; 20 – α -излучения.

Единицей измерения эквивалентной дозы в системе СИ принят **зиверт (Зв)**, внесистемной единицей является **бэр** (биологический эквивалент рентгена). Соотношение единиц: 1 Зв = 100 бэр; 1 бэр – 0,01 Зв.

Наиболее полной величиной, описывающей стохастические эффекты, служит эффективная доза.

Эффективная доза (E) – определяет риск при облучении всего организма и равна сумме произведений эквивалентных доз (**H**) для отдельных органов или тканей на *тканевые множители (W_i)*:

$$E = H_1 \cdot W_1 + H_2 \cdot W_2 + \dots + H_i \cdot W_i = \dots$$

Эти множители учитывают неодинаковую чувствительность разных органов или тканей человека к воздействию излучения. Эффективная доза измеряется в зивертах и производных единицах.

Для описания уровня радиации при длительном ее воздействии на человека используют понятие средняя годовая эффективная доза облучения.

Средняя годовая эффективная доза облучения (E) – полная эффективная доза облучения человека, определяемая как сумма доз внешнего и внутреннего облучения:

$$E = E_{\text{внеш}} + E_{\text{внутр}}$$

Законом «О радиационной безопасности» Республики Беларусь для населения установлен следующий основной предел дозы облучения: **средняя годовая эффективная доза не должна превышать 1 мЗв**. Для профессионалов соответствующий предел составляет 20 мЗв.

Доза зависит от характеристики и расположения источника излучения (уровня радиации) и растет с увеличением времени облучения. Поэтому отношение дозы ко времени, называемое **мощностью дозы (МД)**, можно использовать для описания уровня радиации. Понятие **мощность дозы** определяется для любой из рассмотренных доз: поглощенной, эквивалентной, эффективной. Основным режимом работы любого дозиметра является измерение именно мощности дозы.

Мощность эффективной дозы (P) – величина, характеризующая скорость накопления дозы (уровень радиации) и равная приращению эффективной дозы (ΔE) в единицу времени (Δt):

$$P = \frac{VE}{Vt}.$$

Единицей измерения мощности эффективной дозы в СИ является 1 Зв/с, на практике чаще – 1 мкЗв/ч. В таких же единицах измеряется мощность эквивалентной дозы. Единицей мощности поглощенной дозы служит 1 Гр/с и ее производные.

Уровень радиации в пределах:

0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч) считается нормальным;

0,2–0,6 мкЗв/ч (20–60 мкР/ч) считается допустимым;

0,6–1,2 мкЗв/ч (60–120 мкР/ч) считается повышенным.

Для Беларуси естественный уровень радиации (γ -фон) находится в пределах 0,2 мкЗв/ч.

Эквивалентная и эффективная доза относятся к нормируемым величинам, то есть для них установлены нормы, превышение которых опасно для человека. Нормируемые величины являются расчетными и определяются исходя из поглощенной дозы. Однако измерить поглощенную дозу проблематично, так как невозможно разместить прибор, предназначенный для измерения поглощенной дозы, в человеческом органе или ткани. Поэтому используются операционные дозиметрические величины, которые непосредственно измеряются приборами – **дозиметрами**. Дозиметры позволяют достаточно точно оценить нормируемые величины.

РАДИОМЕТРИЯ изучает определение содержания радионуклидов в конкретном образце (пробе).

Важнейшее физическое понятие радиометрии – **активность**.

Активность (A) характеризует быстроту распада радионуклидов в образце, интенсивность испускаемого им излучения, а также содержание радионуклидов в образце. Ее величина равна числу распадов (ΔN), происходящих в образце за единицу времени (Δt):

$$A = \frac{VN}{Vt}.$$

Единицей измерения активности в системе СИ является **беккерель (Бк)**:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад/с.}$$

Устаревшая единица – кюри (Ки), которая определялась как активность 1 г радия. Соотношение между единицами: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

На практике интерес представляет концентрация радионуклидов в образце, поэтому вводятся понятия удельной и объемной активности.

Удельная активность (A_m или **УА**) – активность единицы массы образца: $A_m = A/m$, измеряемая в Бк/кг.

Объемная активность (A_v или **ОА**) – активность единицы объема образца: $A_v = A/V$, измеряется в $1 \text{ Бк/л} = 10^3 \text{ Бк/м}^3$.

Приборы, измеряющие активность, называются **радиометрами**. Они могут быть снабжены специальными сосудами для образцов (*сосуды Маринелли*), которые имеют заданный объем, обычно 1 л, что позволяет измерить объемную активность. По результатам этого измерения находится и удельная активность. Удобно это сделать для воды и других образцов такой же плотности, так как 1 л воды весит ровно 1 кг. Для веществ, с плотностью отличной от 1 кг/л, требуется взвешивание образца.

Некоторые измерительные устройства позволяют оценить активность β -излучающих радионуклидов. Такие приборы имеют режим измерения плотности потока β -частиц.

Плотность потока β -частиц (P) – это число частиц (ΔN), излучаемых образцом в единицу времени (Δt) с поверхности единичной площади (ΔS):

$$P = \frac{\Delta N}{\Delta t \cdot \Delta S}.$$

Единицы измерения: $1 \text{ част.}/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$, $1 \text{ част.}/(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$ или просто $1/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$, $1/(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$.

Измерение плотности потока β -частиц относят к задачам радиометрии. Однако реализовать эту функцию можно в комбинированных приборах – **дозиметрах-радиометрах**.

2. РЕГИСТРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ

Регистрация излучений – это их обнаружение и измерение основных характеристик: энергии и интенсивности.

Детекторы – это устройства для регистрации излучений.

Параметры детекторов:

– **эффективность регистрации**, которая определяется долей зарегистрированных частиц из всех, попавших в детектор;

– **энергетическое разрешение** – способность различать кванты излучения по величине их энергии;

– **быстродействие**, которое обычно оценивается максимальной частотой частиц, при которой детектор в состоянии регистрировать их как отдельные события.

Наиболее широко используются электронные детекторы, в которых попадание частицы излучения приводит к появлению электрического сигнала. Основные типы электронных детекторов: *газоразрядные, полупроводниковые, сцинтилляционные*.

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

В основе работы газоразрядных детекторов лежит ионизация вещества под действием излучения, поэтому их называют *ионизационными*. Простейший детектор такого типа – **ионизационная камера** – представляет собой плоский конденсатор, внутренний объем которого заполнен газом (рис. 1).

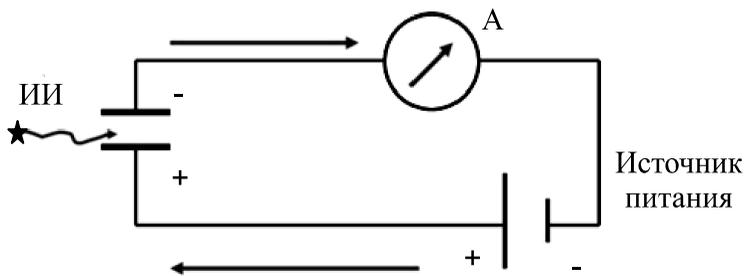


Рис. 1. Устройство ионизационной камеры

При отсутствии ионизирующего излучения (ИИ) ионизация в камере не происходит и амперметр тока не фиксирует. Под действием ИИ в газе камеры возникают положительные и отрицательные

ионы, в результате в цепи появится ток, сила которого будет пропорциональна интенсивности излучения.

Достоинства ионизационной камеры – наличие энергетического разрешения, простота и надежность. *Недостаток* – малая величина электрического сигнала на выходе.

Этот недостаток устранен в **пропорциональных счетчиках**, которые обычно выполнены в виде цилиндрического конденсатора. Еще одна разновидность детектора – **счетчик Гейгера-Мюллера** (рис. 2). Такие счетчики широко применяют в дозиметрии; они просты, не требуют усиления сигналов, но не позволяют измерять энергию частиц.

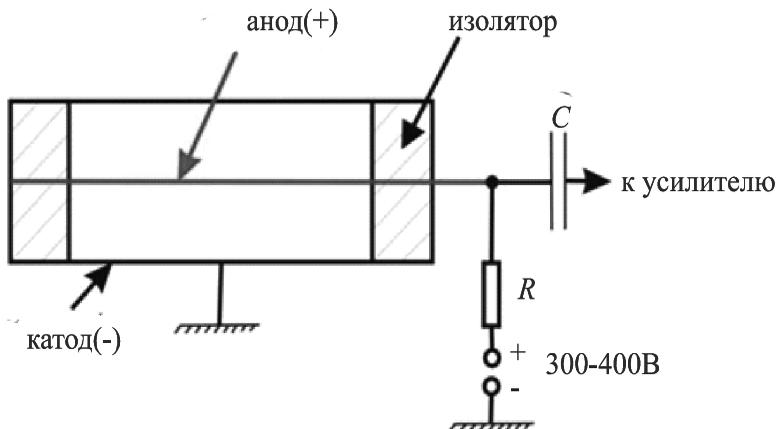


Рис. 2. Устройство счетчика Гейгера-Мюллера

Общий недостаток газоразрядных детекторов – низкая эффективность регистрации γ -излучения. Эффективность регистрации β -частиц зависит от их энергии.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР

Чтобы повысить эффективность регистрации ионизационного детектора, целесообразно применение в рабочем объеме не газа, а твердого вещества.

Полупроводниковый детектор представляет собой p-n-переход, смещенный в обратном направлении (рис. 3).

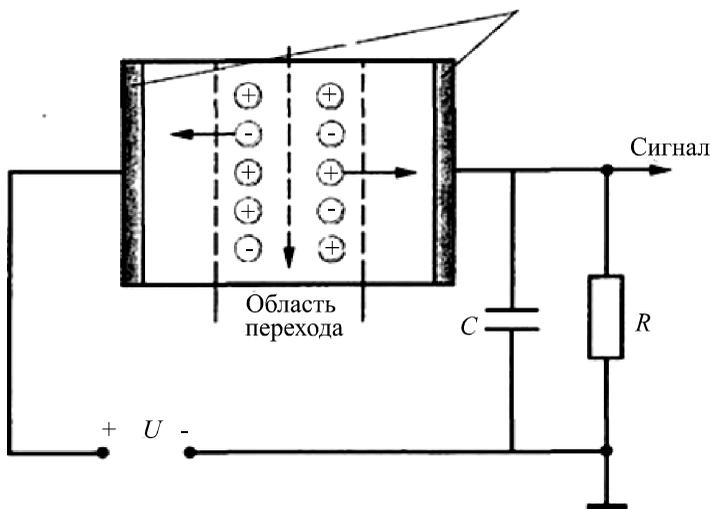


Рис. 3. Устройство полупроводникового детектора

Такой детектор позволяет хорошо распознавать частицы с различной энергией, то есть обладает высоким энергетическим разрешением. Недостаток: малая, как и для ионизационной камеры, величина выходных импульсов. При регистрации частиц с низкой энергией эти импульсы соизмеримы по амплитуде с шумовыми импульсами, уменьшить которые можно понижением температуры. Поэтому некоторые полупроводниковые детекторы требуют охлаждения до температуры жидкого азота, что значительно усложняет их конструкцию и эксплуатацию.

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР

Сцинтилляционный метод регистрации излучений основан на возникновении в некоторых соединениях вспышек света (сцинтилляция) под действием заряженных частиц. В качестве сцинтилляторов используют неорганические и органические соединения, помещенные в оболочку обычно цилиндрической формы. Это могут быть твердые, пластические и жидкие вещества.

Сцинтилляционный детектор состоит из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), преобразующего слабые вспышки света в электрические импульсы (рис. 4).

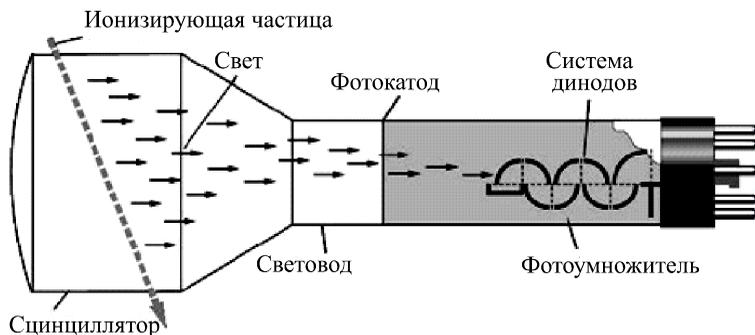


Рис. 4. Устройство сцинтиляционного детектора

Сцинтилляционные детекторы имеют неплохое энергетическое разрешение, но уступают по этому параметру полупроводниковым детекторам. Оба эти типа детекторов обладают высоким быстродействием. Для γ -излучения обычно используют твердые сцинтилляторы на основе монокристаллов NaJ и CsJ. При регистрации β -излучения предпочтение отдается органическим сцинтилляторам.

Сравнительная характеристика детекторов, применяемых в задачах радиационного контроля, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры детекторов излучения

| Детектор | Эффективность регистрации, % | Энергетическое разрешение |
|-------------------|------------------------------|---------------------------|
| Гейгера-Мюллера | Гамма – ~1, бета – 10–100 | Нет |
| Сцинтилляционный | Гамма – ~10, бета – 100 | Хорошее |
| Полупроводниковый | Гамма – ~10, бета – 100 | Очень хорошее |

Высокая эффективность регистрации сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов объясняется тем, что в качестве рабочего вещества используется твердое вещество, то есть значительно более плотное, чем газ в счетчике Гейгера-Мюллера. Низкая эффективность регистрации γ -квантов объясняется их высокой проникающей способностью, то есть они быстро проникают через детектор.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В задачах радиационного контроля используют три основных типа приборов: *спектрометры, дозиметры и радиометры*.

Спектрометры позволяют определить состав радионуклидов в образце и активность каждого из них. Задача обработки спектров обычно возлагается на персональный компьютер.

Дозиметры предназначены для оценки эквивалентной или эффективной дозы излучения. Простейшие из них рассчитаны только на фотонное излучение: гамма и рентгеновское. Как правило, они строятся на основе недорогих счетчиков Гейгера-Мюллера, не обладающих энергетическим разрешением. В некоторых дозиметрах (например, РКС-107, Белрад-04-01, МКС-АТ6130) предусмотрено измерение плотности потока бета-частиц с загрязненной поверхности, что является задачей радиометрии. Такие приборы называются **дозиметрами-радиометрами**. Отдельные комбинированные приборы (например, МКС-01М «Советник») построены с использованием сцинтилляционных детекторов. В режиме дозиметра такие приборы обладают более высокой чувствительностью. С их помощью намного эффективнее можно производить контроль однородности партий продукции.

Радиометры предназначены для измерения удельной и объемной активности образцов. Наиболее распространены радиометры для радионуклидов, испускающих γ -излучение. Как правило, в них используются сцинтилляционные детекторы. Наличие энергетического разрешения у таких детекторов обеспечивает способность настроиться на излучение конкретного радионуклида (чаще всего – ^{137}Cs , ^{40}K). Важнейшая характеристика любого радиометра – нижний предел измеряемой активности. Данная величина зависит от качества блока защиты, рабочего объема и эффективности регистрации детектора. Чем меньшие значения активности приходится измерять, тем качественнее должны быть защита и детектор. При выполнении измерений необходимо учитывать остаточный фон, который имеется, несмотря на наличие блока защиты. Это обусловлено особенностями проникающей способности γ -излучения. Исходя из этого, все методики выполнения радиометрических измерений предусматривают процедуру вычитания фона.

Современные радиометры, такие как РКГ-АТ1320, фактически представляют собой усеченный вариант спектрометра.

В названии любого прибора первые три буквы несут информацию о его назначении, остальные знаки – о предприятии-изготовителе и номере разработки. Расшифровка первых букв названия для наиболее распространенных приборов представлена в табл. 2.

Таблица 2

Значения букв в названиях приборов

| Первая буква | | Вторая буква | | Третья буква | |
|--------------|-----------------|--------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|
| Д | Дозиметры | Р | Мощность экспозиционной дозы | Б | β -излучение |
| Р | Радиометры | Б | Мощность эквивалентной дозы | Г | γ -излучение |
| С | Спектрометры | У | Удельная активность радионуклида | Д | Рентгеновское излучение |
| М | Комбинированные | К | Две и более физические величины | С | Смешанное излучение |

Используя таблицу, можно определить, например, что название РКГ-АТ1320 означает радиометр, измеряющий две или более физические величины, характеризующие γ -излучение. Прибор выпускается предприятием АТОМТЕХ.

4. УСТРОЙСТВО ПРИБОРОВ

Суть работы любого прибора – преобразование и обработка информации, содержащейся в сигналах детектора. Такое преобразование обычно ведется вначале *аналоговыми* схемами, затем – *цифровыми*.

Об аналоговой форме представления информации говорят тогда, когда физическая величина, несущая сигнал, может принимать непрерывный ряд значений. Именно такую форму имеют импульсы напряжения на выходе детектора. Аналоговая обработка обычно производится усилителями импульсов и схемами амплитудной селекции (дискриминаторами), которые осуществляют отбор импульсов с амплитудами, лежащими в определенном диапазоне.

Дальнейшая обработка информации производится цифровыми схемами, сигналы в которых имеют конечное множество значений (дискретны). В простейшем дозиметре такая обработка сводится к подсчету импульсов на выходе дискриминатора. Это осуществляется одной из простейших цифровых схем – *счетчиком*.

Другие цифровые схемы выполняют функции управления и выводу результатов. В их числе – *таймер*, задающий время измерения, а также *схемы*, которые следят за состоянием кнопок управления, производят обработку и вывод данных. На рис. 5 показана блок-схема дозиметра или радиометра.

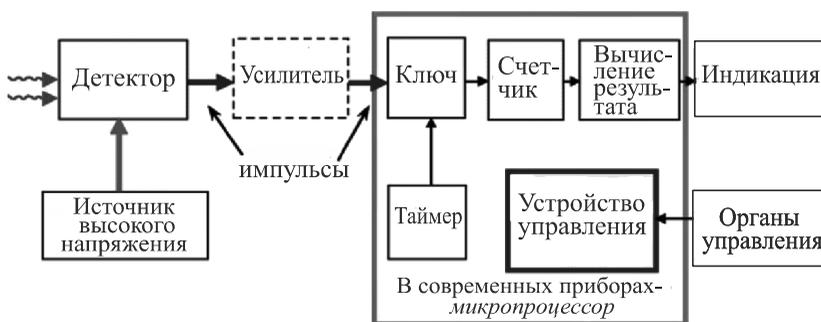


Рис. 5. Блок-схема дозиметра или радиометра

Отображение результатов чаще всего выполняет *жидкокристаллический индикатор* (ЖКИ), достоинство которого – очень малое потребление энергии. В некоторых приборах, например,

спектрометрах, необходимы *аналого-цифровые преобразователи* (АЦП), которые преобразуют величину амплитуды импульсов в цифровой (двоичный) код.

Во всех современных приборах функции цифровой обработки информации возлагают на микропроцессор или персональный компьютер. И тот и другой представляют собой универсальные устройства обработки цифровой информации. В зависимости от написанной *программы*, которая хранится в их *памяти*, они реализуют произвольные алгоритмы функционирования.

При измерениях объемной активности необходимо учитывать объем пробы. Проще всего это достигается, если поместить образец в сосуд заданного объема до полного его заполнения. Когда сосуд помещается в домик для измерений, сцинтиллятор детектора оказывается в углублении нижней части сосуда. Такая геометрия измерений повышает эффективность работы детектора, поскольку γ -кванты попадают в него с нескольких сторон, а не только сверху.

Лабораторная работа № 1

ОЦЕНКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЩЕВОЙСКОВЫХ ПРИБОРОВ ДП-5В, ДП-22В

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки приборов ДП-5В и ДП-22В к работе.
2. Приобрести практические навыки по работе с приборами радиационной разведки и дозиметрического контроля.

1. Общие положения

Дозиметрические приборы предназначены для определения уровней радиации на местности, степени заражения одежды, кожных покровов человека, продуктов питания, воды, фуража, транспорта и других различных предметов и объектов, а также для измерения доз радиоактивного облучения людей при их нахождении на объектах и участках, зараженных радиоактивными веществами.

В соответствии с назначением дозиметрические приборы можно подразделить на приборы: радиационной разведки местности, для контроля степени заражения и для контроля облучения.

В группу приборов для радиационной разведки местности входят индикаторы радиоактивности (ДП-63-А) и рентгенометры (ДП-2, ДП-3Б); в группу приборов для контроля степени заражения входят радиометры- рентгенометры (ДП-5А, ДП-5В), а в группу приборов для контроля облучения – дозиметры (комплекты индивидуальных дозиметров ДП-22В, ДП-24).

Для обнаружения и измерения радиоактивных излучений используются следующие методы: ионизационный; фотографический; химический; сцинтилляционный; радиофотолуминесцентный. В современных приборах обнаружения и измерения радиоактивных излучений наиболее широко используется ионизационный метод. Данный метод является основным, его используют практически во всех дозиметрических приборах.

2. Измеритель мощности дозы (рентгенметр) ДП-5В

Назначение прибора

В системе гражданской обороны одним из приборов радиационной разведки является измеритель мощности дозы ДП-5(А, Б, В) (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Измеритель мощности дозы ДП-5В

Измеритель мощности дозы (рентгенметр) ДП-5В предназначен для измерения уровней γ -радиации и радиоактивной зараженности различных предметов по γ -излучению. Мощность дозы γ -излучения определяется в миллирентгенах или рентгенах в час. Имеется также возможность обнаружения β -излучения.

Технические характеристики:

1. Прибор ДП-5В должен обеспечить требуемые характеристики после 1 минуты самопрогрева.
2. Диапазон измерений по γ -излучению от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч разбит на шесть поддиапазонов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Поддиапазоны измерений и их значения

| Поддиапазоны | Положение ручки переключателя поддиапазонов | Шкала измерительного прибора | Единица измерения | Диапазон измерений | Время установления показаний, с |
|--------------|---|------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| I | 200 | 0–200 | Р/ч | 5–200 | 10 |
| II | ×1000 | 0–5 | мР/ч | 500–5000 | 10 |

| Поддиапазоны | Положение ручки переключателя поддиапазонов | Шкала измерительного прибора | Единица измерения | Диапазон измерений | Время установления показаний, с |
|--------------|---|------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| III | ×100 | 0–5 | мР/ч | 50–500 | 30 |
| IV | ×10 | 0–5 | мР/ч | 5–50 | 45 |
| V | ×1 | 0–5 | мР/ч | 0,5–5,0 | 45 |
| VI | ×0,1 | 0–5 | мР/ч | 0,05–0,50 | 45 |

3. Отсчет показаний производится по нижней шкале микроамперметра в Р/ч, а по верхней шкале – в мР/ч с последующим умножением на соответствующий коэффициент поддиапазона.

4. Прибор имеет звуковую индикацию на всех поддиапазонах, кроме первого. Звуковая индикация прослушивается с помощью головных телефонов.

5. Основная погрешность не превышает $\pm 30\%$.

6. Прибор обеспечивает измерения:

а) в интервале температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $65 \pm 15\%$;

б) в условиях относительной влажности $95 \pm 3\%$ при температуре $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в) после дождевания с интенсивностью 5 ± 2 мм в минуту;

г) при погружении блока детектирования в воду на глубину до 50 см;

д) после пребывания в пыленесущей среде.

7. Прибор не имеет «обратного хода» стрелки микроамперметра при перегрузочных облучениях до 300 Р/ч на I–III поддиапазонах и до 50 Р/ч на IV–VI поддиапазонах.

8. Наибольшее время наблюдения показаний прибора, необходимое для получения гарантируемой точности отсчета, не превышает 45 с.

9. Питание прибора осуществляется тремя элементами типа 1,6 ПМЦ-х-1,05 (КБ-1), А336 (свет-1). Два элемента предназначены для питания прибора и один для подсветки шкалы прибора. Комплект питания обеспечивает непрерывную работу в нормальных условиях в течение не менее 70 часов при использовании свежих элементов.

10. Масса прибора с элементами питания не превышает 3,2 кг. Масса полного комплекта прибора в укладочном ящике не превышает 8,2 кг.

11. Среднее время безотказной работы составляет не менее 400 ч.

Устройство прибора

В состав комплекта прибора входят (рис. 1.2):

- прибор в футляре с ремнями 6;
- удлинительная штанга 3;
- делитель напряжения 5 для подключения прибора к внешнему источнику постоянного тока напряжением 12 и 24 В;
- комплект эксплуатационной документации 1 (техническое описание и инструкция по эксплуатации, формуляр);
- телефон и комплект запасного имущества 2;
- укладочный ящик 4.



Рис. 1.2. Состав комплекта измерителя мощности дозы ДП-5В:

- 1 – комплект эксплуатационной документации;
- 2 – телефон и комплект запасного имущества; 3 – удлинительная штанга;
- 4 – укладочный ящик; 5 – делитель напряжения;
- 6 – прибор в футляре с ремнями

Прибор состоит из измерительного пульта 1 и блока детектирования 9, соединенного с пультом при помощи гибкого кабеля 7 длиной 1,2 м (рис. 1.3).

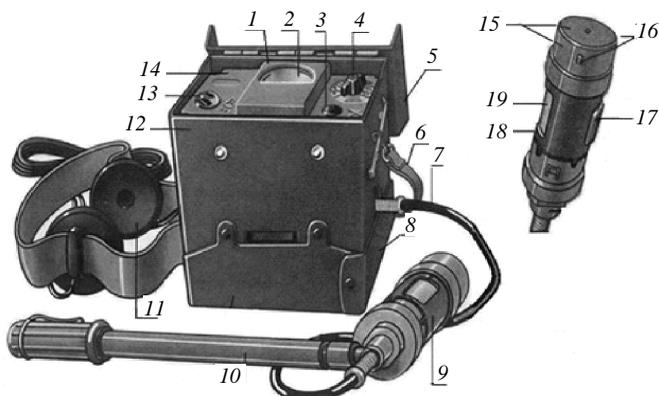


Рис. 1.3. Устройство измерителя мощности дозы ДП-5В:

- 1 – измерительный пульт; 2 – микроамперметр; 3 – кнопка сброса показаний;
 4 – переключатель поддиапазонов; 5 – крышка; 6 – раздвижной ремень;
 7 – гибкий кабель; 8 – транспортировочный отсек; 9 – блок детектирования;
 10 – удлинительная штанга; 11 – головной телефон; 12 – пульт;
 13 – тумблер подсветки шкалы; 14 – панель измерительного пульта;
 15 – корпус; 16 – опорные выступы; 17 – окно; 18 – поворотный экран;
 19 – контрольный источник

На панели измерительного пульта 14 размещаются:

- микроамперметр 2 (с двумя шкалами: верхняя – мР/ч; нижняя – Р/ч);
- кнопка сброса показаний 3;
- переключатель поддиапазонов 4;
- тумблер подсветки шкалы 13.

Головной телефон 11 подключается к измерительному пульту и фиксирует наличие радиоактивных излучений: чем выше мощность излучений, тем сильнее звуковые щелчки (зуммер).

Футляр изготовлен из искусственной кожи. Он состоит из отсека для пульта 12 и транспортировочного отсека 8 для блока детектирования. С внутренней стороны на крышке 5 изложены правила пользования прибором и таблица допустимых величин зараженности. К футляру присоединяются два раздвижных ремня 6 для размещения прибора на груди. В кожухе измерительного пульта (снизу) имеется отсек для размещения трех источников питания.

Для работы с блоком детектирования в комплекте имеется удлинительная штанга 10, раздвижное устройство которой позволяет менять ее длину в пределах 450–750 мм.

Блок детектирования герметичен и имеет стальной корпус 15 цилиндрической формы. На нем располагаются опорные выступы 16. В блоке детектирования размещены газоразрядные счетчики (СИЗБГ и СБМ-20) и другие элементы схемы. Детектор имеет поворотный экран 18 (шторку), под которым располагается контрольный источник 19 (^{90}Sr , ^{90}Y). Поворотный экран фиксируется в трех воспринимающих положениях («Г», «Б», «К»). Положение экрана определяется риской на корпусе блока детектирования. В положении «Г» окно зонда закрывается экраном и в счетчик могут проникать только γ -лучи. При повороте экрана в положении «Б» окно зонда открывается, и β -частицы проникают в счетчик. В положении «К» контрольный источник устанавливается против окна 17 и в этом положении проверяется работоспособность прибора ДП-5В.

Принцип работы прибора

Газоразрядные счетчики под воздействием β -частиц или γ -квантов выдают электрические импульсы, которые поступают на вход усилителя-нормализатора. Усилитель-нормализатор с разрядными цепочками усиливает и нормализует импульсы газоразрядного счетчика, а также обрабатывает их для удобного информирования о состоянии радиационного фона.

Подготовка прибора к работе

1. Ознакомление с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

2. Комплектование прибора:

а) извлечь прибор из укладочного ящика, открыть крышку футляра, ознакомиться с расположением и назначением органов управления;

б) пристегнуть к футляру плечевой и поясной ремни;

в) присоединить удлинительную штангу к блоку детектирования;

г) вскрыть отсек питания и установить источники питания, соблюдая полярность.

3. Контроль источников питания:

а) ручку переключателя поддиапазонов установить в положение ▲;

б) отклонение стрелки микроамперметра в пределах закрашенного сектора шкалы свидетельствует о пригодности источников питания.

4. Проверка работоспособности прибора от контрольного источника:

а) надеть головные телефоны и подключить их к измерительному пульту;

б) поворотный экран блока детектирования установить в положение «К» (контроль);

в) ручку переключателя поддиапазонов последовательно перемещать по поддиапазнам:

– на I поддиапазоне («200») работоспособность прибора не проверяется;

– на II ($\times 1000$) и III ($\times 100$) поддиапазнах при переключении в головных телефонах должны быть слышны отдельные щелчки;

– на IV ($\times 10$) поддиапазоне стрелка микроамперметра должна отклониться до значения, указанного в формуляре прибора при последней поверке прибора;

– на V ($\times 1$) и VI ($\times 0,1$) поддиапазнах стрелка должна отклоняться за пределы шкалы, в головных телефонах должен быть слышен треск.

5. Ручку переключателя поддиапазонов установить в положение \blacktriangle . Нажать кнопку «Сброс». Экран блока детектирования – в положение «Г».

Прибор готов к работе.

Проведение измерений

Радиационная разведка местности

Заражение местности радиоактивными веществами измеряется в рентгенах в час (Р/ч), миллирентгенах в час (мР/ч) и характеризуется уровнем радиации. Уровень радиации показывает дозу обучения, которую может получить человек в единицу времени на зараженной местности.

Измерение мощности экспозиционной дозы γ -излучения (уровня радиации) производится при установлении экрана блока детектирования в положение «Г». Измерительный пульт должен находиться на уровне груди дозиметриста, а блок детектирования – в вертикальном положении на вытянутой руке на высоте 0,7–1,0 м от земной поверхности.

Переключатель поддиапазонов последовательно ставится в положение 200, $\times 1000$, $\times 100$ и далее, пока стрелка микроамперметра не отклонится и не остановится в пределах шкалы. Показания стрелки умножаются на соответствующий коэффициент поддиапазона.

Блок детектирования при измерениях уровней радиации может находиться и в чехле прибора. В таком случае показания умножаются на коэффициент экранизации тела, равный 1,2.

Контроль радиоактивного заражения

Контролю радиоактивного заражения подвергаются кожные покровы людей, их одежда, сельскохозяйственные животные, различные предметы, техника, транспорт, продовольствие, вода и т. п. О степени заражения радиоактивными веществами поверхности контролируемых объектов принято судить по величине мощности дозы (уровня радиации) γ -излучения вблизи зараженных поверхностей, определяемой в миллирентгенах в час (мР/ч). Измерения проводятся для того, чтобы в случае заражения радиоактивными веществами определить, какими предметами и продуктами можно пользоваться, не подвергаясь опасности поражения. В табл. 1.2 приведены предельно допустимые величины заражения различных контролируемых объектов.

Таблица 1.2

Допустимые нормы зараженности объектов

| Наименование объекта | Мощность дозы γ -излучения, мР/ч |
|--|---|
| Поверхность тела человека | 20 |
| Нательное белье | 20 |
| Лицевая часть противогаза | 10 |
| Одежда, обувь, средства индивидуальной защиты | 30 |
| Поверхность тела животного | 50 |
| Техника | 200 |
| Защитные сооружения: внутренние поверхности | 100 |
| наружные поверхности | 500 |

Для определения наличия наведенной активности техники, подвергшейся воздействию нейтронного излучения, производят два измерения: снаружи и внутри техники. Если результаты измерений близки между собой, это означает, что техника имеет наведенную активность.

Последовательность определения степени радиоактивного заражения кожных покровов людей, их одежды, сельскохозяйственных животных, техники, оборудования, транспорта и т. п.:

1. Измерить мощность экспозиционной дозы γ -излучения (γ -фона) на месте контроля радиоактивного загрязнения (P_{ϕ}). Исследуемые

объекты при этом должны находиться на расстоянии 15–20 м от места измерения.

2. Установить зараженные объекты в месте, где был измерен γ -фона (P_{ϕ}).

3. Надеть на блок детектирования полиэтиленовый чехол для предотвращения радиоактивного загрязнения.

4. Перемещать блок детектирования вдоль поверхности обследуемых объектов на расстоянии 1,0–1,5 см.

5. Определить самый зараженный участок по наибольшей частоте сигнала в головных телефонах.

6. Произвести отсчет показаний прибора с учетом коэффициента поддиапазона $P_{\text{изм}}$.

7. Сравнить измеренные величины P_{ϕ} и $P_{\text{изм}}$.

8. При $P_{\phi} < P_{\text{изм}}$ определить величину загрязнения поверхности объекта по выражению

$$P_{\text{об}} = P_{\text{изм}} - \frac{P_{\phi}}{K_3},$$

где P_{ϕ} – мощность экспозиционной дозы γ -фона, мР/ч;

K_3 – коэффициент, учитывающий экранирующее действие объекта (для бронированной техники $K = 2$; для автомобилей, тракторов, станков и прочего оборудования $K = 1,5$; для людей и животных $K = 1,2$; для мелких объектов $K = 1$).

Степень радиоактивной зараженности объектов измеряется, как правило, на незараженной местности или в местах, где внешний γ -фон (уровень радиации) не превышает предельно допустимого заражения объекта более чем в 3 раза. Если γ -фон более чем в 3 раза превышает предельно допустимую величину заражения людей, инструмента, одежды, СИЗ, воды и продуктов питания, то измерения проводятся в укрытиях, снижающих γ -фон.

При измерении степени зараженности людей особое внимание следует обращать на открытые участки кожи – лица, шеи, рук.

Пробы жидких пищевых продуктов (молока, растительного масла, соков, компотов и др.), а также пищи в сваренном виде следует брать после тщательного перемешивания.

Пробы крупы, сахара, муки, соли и др. следует брать от прилегающего к таре слоя толщиной 1–2 см и тщательно перемешивать.

При измерении радиоактивного заражения воды и продуктов питания они берутся в количестве (объеме), указанном в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Допустимые нормы зараженности продуктов питания, воды

| Измеряемый объект | Измеряемый объем | Мощность дозы γ -излучения, мР/ч |
|--|------------------|---|
| Вода | Котелок | 1,5 |
| | Ведро | 4,0 |
| Пища в сваренном виде, жидкие и сыпучие продукты | Котелок | 1,5 |
| Макаронные изделия, сухофрукты | Котелок | 0,8 |
| Хлеб | Буханка | 1,5 |
| Мясо сырое | Туша, полутуша | 20,0 |
| Рыба сырая | 1 кг (25×25 см) | 1,5 |
| Молоко: взрослым | Котелок | |
| | | 0,50 |
| детям | | 0,05 |

Последовательность измерения радиоактивного заражения жидких и сыпучих пищевых продуктов, макаронных изделий, сухофруктов, пищи в сваренном виде и воды ($P_{об}$) необходимо:

- измерить γ -фон в месте контроля (P_{ϕ});
- установить кювету с исследуемым продуктом в месте контроля;
- установить экран блока детектирования в положение «Г»;
- расположить блок детектирования над серединой кюветы на расстоянии 1 см от поверхности исследуемого продукта;
- снять показания микроамперметра ($P_{изм+\phi}$),
- вычесть из полученной величины $P_{изм+\phi}$ значение γ -фона P_{ϕ} и определить $P_{об}$: $P_{об} = P_{изм+\phi} - P_{\phi}$.

Для измерения радиоактивного заражения воды отбираются две пробы общим объемом 1,5–10,0 л в котелок, ведро или специальную кювету. Одна проба берется из поверхностного слоя водоемочника, другая – со дна вместе с грунтом (после взмучивания).

Измерения производят зондом в положении «Б», располагая его на расстоянии 0,5–1,0 см от поверхности воды, и снимают показания по верхней шкале. Работа осуществляется в защищенном сооружении или помещении, которое существенно снижает γ -фон.

Индикация β -излучения

Обнаружение β -излучений производится для того, чтобы определить, какая сторона поверхности объекта (брезентового тента авто, стены, котла для приготовления пищи и других объектов, через которые проходят γ -излучения) заражена. При повороте экрана блока детектирования в положении «Б» прибор является индикатором для обнаружения β -излучений. В этом положении экрана блока детектирования измеряется мощность дозы суммарного β - γ -излучения.

Обнаружение β -зараженности объекта осуществляется на IV, V, VI поддиапазонах.

Сначала экран блока детектирования устанавливается в положение «Г» и на расстоянии 1,0–1,5 см от поверхности объекта проводятся измерения до отключения стрелки микроамперметра в пределах шкалы.

Затем экран переводится в положение «Б» и при прежнем положении блока детектирования производится второе измерение. Увеличение показания прибора по сравнению с γ -измерением свидетельствует о наличии β -зараженности. Если же оба показания одинаковы, то это говорит о том, что поверхность β -активными веществами не заражена, β -излучения радиоактивных веществ, находящихся с другой стороны объекта, поглощаются им и на прибор не воздействуют.

Прибор ДП-5В имеет смысл использовать только при повышенном фоне. Так как он имеет диапазон измерений от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч (а уровень 0,05 мР/ч (0,5 мкЗв/ч) уже является повышенным), то прибор не будет показывать значения при естественном фоне.

Основные различия в модификациях измерителей мощности дозы типов ДП-5А, ДП-5Б, ДП-5В

Различие между типами приборов состоит в основном в конструктивном исполнении и частично – в электрической схеме.

Прибор ДП-5Б отличается от ДП-5А следующим:

1. Крышка отсека источников питания ДП-5Б крепится одним специальным невыпадающим винтом в центре.

2. В ДП-5Б нет дополнительного газоразрядного счетчика в корпусе прибора, а используется счетчик СИ-ЗБГ блока детектирования на поддиапазоне 200;

3. В ДП-5Б у блока детектирования нет ручки, а используется штанга измененной конструкции;

4. Изменена конструкция делителя напряжения в колодке питания.

Прибор ДП-5В отличается от ДП-5Б следующим:

1. Прибор ДП-5В сохраняет работоспособность после падения с высоты 0,5 м, его корпус изготовлен из пресс-материала и обладает более высокой механической прочностью.

2. Прибор ДП-5В не имеет «обратного» хода стрелки при перегрузочных облучениях на поддиапазонах IV, V и VI и 50 Р/ч, у прибора ДП-5Б только 1 Р/ч.

3. В приборе ДП-5В контрольный источник измерения смонтирован под поворотным экраном блока детектирования, и при проверке работоспособности прибора детектор нужно устанавливать меткой «К» против рамки.

4. В приборе не предусмотрен потенциометр «Режим». Регулировка напряжения, подаваемого в схему, производится автоматически, что упрощает работу с прибором.

3. Индивидуальные дозиметры ДП-22В

Назначение комплекта индивидуальных дозиметров ДП-22В

Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В предназначен для контроля экспозиционных доз γ -облучения, получаемых людьми при работе на зараженной радиоактивными веществами местности или при работе с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений.

Устройство прибора

В комплект входят 50 индивидуальных прямопоказывающих дозиметров ДКП-50А, зарядное устройство ЗД-5, техническая документация. Для переноски и хранения комплекта предназначен укладочный ящик (рис. 1.4). Вес комплекта в укладочном ящике не превышает 5,6 кг.



Рис. 1.4. Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В

Зарядное устройство ЗД-5 предназначено для зарядки дозиметров ДКП-50А. Оно состоит из зарядного гнезда, преобразователя напряжения, выпрямителя высокого напряжения, потенциометра-регулятора напряжения, лампочки для подсветки зарядного гнезда, элементов питания.

На верхней панели ЗД-5 расположены: ручка потенциометра, зарядное гнездо с колпачком и крышка отсека питания.

Дозиметр карманный прямопоказывающий ДКП-50А предназначен для измерения индивидуальных доз γ -излучения. Конструктивно он выполнен в форме авторучки (рис. 1.5).

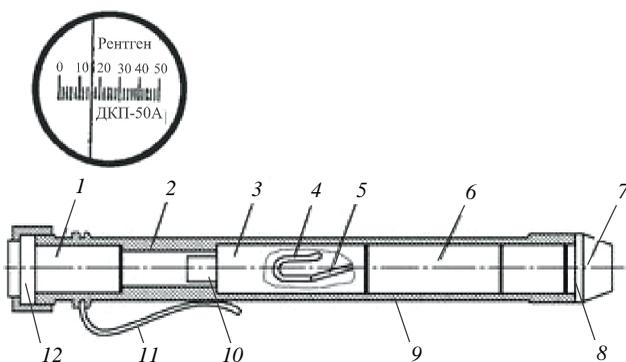


Рис. 1.5. Измеритель дозы ДКП-50А:

- 1 – окуляр; 2 – корпус; 3 – ионизационная камера; 4 – платинированная нить;
- 5 – держатель; 6 – конденсатор; 7 – пылезащитный колпачок; 8 – стекло колпачка;
- 9 – ионизационная камера; 10 – объектив микроскопа;
- 11 – держатель для кармана; 12 – верхний колпачок

Технические характеристики

Питание зарядного устройства осуществляется от двух элементов типа 1,6–ПМЦ-У-8. Один комплект питания обеспечивает работу прибора продолжительностью не менее 30 ч при токе потребления 200 мА.

Диапазон измерения индивидуальных доз γ -излучения дозиметром ДКП-50А от 2 до 50 Р при мощности дозы излучения от 0,5 до 200 Р/ч. Отсчет измеряемых экспозиционных доз производится по шкале, расположенной внутри дозиметра и отградуированной в рентгенах. Оцифровка делений через 10 Р, цена делений – 2 Р. Погрешность измерений $\pm 10\%$. Саморазряд дозиметров в нормальных условиях не превышает двух делений за сутки.

Принцип работы прибора

Принцип действия дозиметра аналогичен действию простейшего электроскопа. В процессе зарядки дозиметра визирная нить электроскопа отклоняется от внутреннего электрода под влиянием сил электростатического отталкивания. Отклонение нити зависит от приложенного напряжения, которое при зарядке регулируют и подбирают таким образом, чтобы изображение визирной нити совместилось с нулем шкалы отсчетного устройства.

При воздействии γ -излучения на заряженный дозиметр в рабочем объеме камеры возникает ионизационный ток. Ионизационный ток уменьшает первоначальный заряд конденсатора и камеры и, следовательно, потенциал внутреннего электрода. Изменение потенциала, измеряемого электроскопом, пропорционально экспозиционной дозе γ -излучения. Изменение потенциала внутреннего электрода приводит к уменьшению сил электростатического отталкивания между визирной нитью и держателем электроскопа. В результате визирная нить сближается с держателем, а изображение ее перемещается по шкале отсчетного устройства.

Подготовка к работе

Зарядка дозиметра ДКП-50А производится перед выходом на работу в район радиоактивного заражения. Для этого необходимо:

- отвинтить защитную оправу дозиметра и защитный колпачок зарядного гнезда, ручку потенциометра повернуть влево до отказа;
- дозиметр вставить в зарядное гнездо зарядного устройства, при этом включается подсветка зарядного гнезда и высокое напряжение;

- наблюдая в окуляр, слегка нажать на дозиметр и поворачивать ручку потенциометра вправо до тех пор, пока изображение нити на шкале дозиметра не перейдет на «0», после чего вынуть дозиметр из зарядного гнезда;
- проверить положение нити при дневном свете;
- при вертикальном положении нити ее изображение должно быть на «0»;
- закрутить защитную оправу дозиметра и колпачок зарядного гнезда.

Проведение измерений

ДКП-50А во время работы в районе действия γ -излучения носится в кармане одежды. При воздействии радиоактивного излучения в камере дозиметра образуется ионизационный ток, в результате чего заряд дозиметра уменьшается пропорционально дозе облучения и нить движется по шкале. Периодически наблюдая в окуляр дозиметра, определяют по положению нити на шкале величину дозы облучения, полученную во время работы.

Контрольные вопросы и задания

1. На какие группы в соответствии с назначением подразделяются дозиметрические приборы?
2. В каких целях используют прибор ДП-5В?
3. Перечислите основные технические характеристики прибора ДП-5В.
4. Что входит в комплект дозиметра ДП-5В?
5. Назовите последовательность подготовки прибора ДП-5В к работе.
6. Как осуществляется радиационная разведка местности прибором ДП-5В?
7. С какой целью проводится контроль радиоактивного заражения различных предметов?
8. Назовите предельно допустимые величины заражения различных контролируемых объектов, нормы зараженности продуктов питания, воды.
9. Опишите последовательность и особенности определения степени радиоактивного заражения кожных покровов людей, их одежды, сельскохозяйственных животных, техники, оборудования, транспорта и т. п.

10. Опишите последовательность и особенности измерения радиоактивного заражения жидких и сыпучих пищевых продуктов, макаронных изделий, сухофруктов, пищи в сваренном виде и воды.

11. С какой целью и каким образом осуществляется индикация β -излучения прибором ДП-5В?

12. Перечислите основные различия в модификациях приборов ДП-5А, ДП-5Б, ДП-5В.

13. Для чего предназначен комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В?

14. Опишите принцип работы зарядного устройства ЗД-5.

15. Назовите назначение и опишите технические характеристики дозиметра карманного прямопоказывающего ДКП-50А.

16. Как осуществляется зарядка ДКП-50А к работе?

17. Как происходит снятие показаний и учет доз облучения с дозиметра ДКП-50А?

18. На каком методе основана работа приборов ДП-5В и ДП-22В?

Лабораторная работа № 2

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРОМ СРП-68-01 И РАДИОМЕТРОМ-ДОЗИМЕТРОМ МКС-01М «СОВЕТНИК»

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки прибора СРП-68-01 к работе.
2. Получить практические навыки по определению прибором СРП-68-01 мощности экспозиционной дозы γ -излучения загрязненных радиоактивными веществами (РВ) объектов природной среды.
3. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки прибора МКС-01М «Советник» к работе.
4. Выполнить практические замеры мощности эквивалентной дозы γ -излучения в пробах природной среды прибором МКС-01М «Советник».

1. Радиометр-дозиметр СРП-68-01

Назначение прибора

Сцинтилляционный дозиметр СРП-68-01 предназначен для измерения активности и мощности экспозиционной дозы γ -излучения при геологоразведочных изысканиях радиоактивных химических элементов (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Общий вид радиометра-дозиметра СРП-68-01

Прибор не относится к разряду средств измерения, зарегистрированных Госстандартом как профессиональные приборы, позволяющие делать официальные заключения по уровню загрязнения объектов природной седы.

В практике радиометрии прибор применяется для оценочных измерений мощности экспозиционной дозы при определении однородности партии сельскохозяйственной продукции, а также для определения удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани КРС.

Технические характеристики

Диапазон измерений:

- активности потока γ -излучения в диапазоне 0–100 000 с^{-1} ;
- γ -излучения в пределах от 0 до 3000 мкР/ч.

Время установления рабочего режима – 1 мин.

Основная погрешность прибора $\pm 10\%$.

Время измерений – 2,5 и 5,0 с.

Рабочий диапазон температур от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность воздуха до 90 % при температуре $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Длина кабеля от 1,5 до 1,7 м.

Градуировка прибора производится по образцовым источникам второго разряда ^{226}Ra . Контроль работоспособности осуществляется от контрольного источника К-3А (^{60}Co) с периодом полураспада $T_{1/2} = 5,25$ лет.

Устройство прибора

Прибор состоит (см. рис. 2.1) из выносного блока 1 детектирования БДГ 4-01, подключенного с помощью коаксиального кабеля 4 через высокочастотный разъем к 3 измерительному пульта РПГ 4-01. Прибор снабжен контрольным источником 2, коллиматором, наушниками, приспособлением для переноски, запчастями и инструментом.

Внешний вид передней панели измерительного пульта прибора представлен на рис. 2.2.

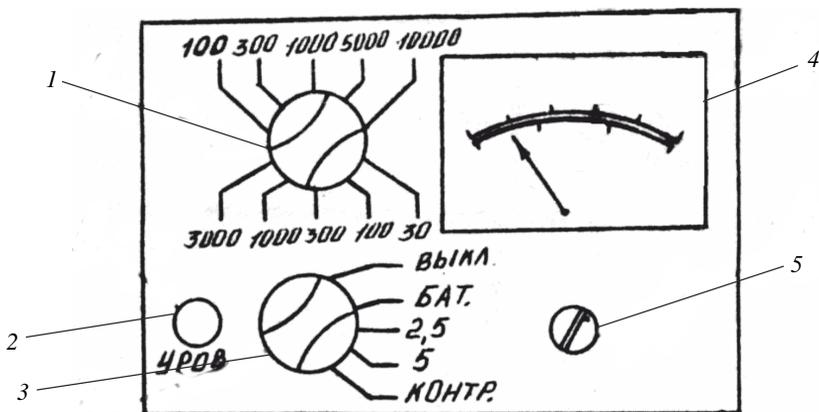


Рис. 2.2. Устройство прибора СПР-68-01:

- 1 – переключатель поддиапазонов; 2 – регулятор уровня мощности;
 3 – переключатель режима работы; 4 – стрелочный индикатор;
 5 – контрольный источник

Принцип работы прибора

Принцип работы прибора основан на сцинтилляционном методе регистрации ионизирующих излучений, при котором энергия световых вспышек, возникающих в сцинтилляторе под воздействием γ -излучения, преобразуется в импульсы электрического тока и усиливается до величины, удобной для регистрации.

Подготовка прибора к работе:

1. Изучить техническую документацию.
2. Проверить комплектность прибора, провести визуальный осмотр целостности корпуса, переключателей и других элементов прибора.
3. Проверка установки нуля стрелочного индикатора. Если стрелка индикатора не установлена в положение «ноль» ее необходимо перевести на нулевую отметку с помощью регулировочного винта.
4. Проверка пригодности источников питания. Прибор питается от 9 батареек типа «Корунд» напряжением 12 В. Для проверки пригодности источников питания переключатель режимов работы перевести в положение «Бат». При этом показания стрелочного индикатора должны быть не менее 15 мкР/ч по нижней шкале стрелочного индикатора. Если показания прибора менее 15 мкР/ч, следует заменить питание.

5. Контроль выходного напряжения стабилизатора. Переключатель режимов работы перевести в положение «5В», переключатель поддиапазонов в положение «100». При этом показания стрелочного индикатора по верхней шкале, должны быть равны 50 ± 1 деление шкалы. В этом случае напряжение подается от стабилизатора к детектору.

6. Контроль работоспособности блока детектирования. Для контроля работоспособности блока детектирования одна из модификаций прибора имеет кнопку «Контроль», другая – режим работы «Контроль». Сначала проводится измерение мощности экспозиционной дозы γ -фона. Для этого переключатель поддиапазонов устанавливается в положение «30»; выбирается время измерения. В положении не ниже 1 метра от земли снять 5–10 показаний и рассчитать среднее значение. Затем снять крышку с контрольного источника, поднести детектор вплотную к источнику в месте, отмеченном на его поверхности с помощью рисок. Переключатель режимов работы установить в положение «5», выбрав таким образом время измерения 5 с, переключатель диапазонов – на 1000. Провести 3–5 измерений, рассчитать среднее значение и вычтуть из него среднее значение γ -фона. Перейти на режим работы «Контроль» и, не меняя положения детектора, снять 3–5 показаний. Рассчитать среднее значение, вычтуть из него значение γ -фона. Показание прибора в режимах работы «5» и «Контроль» (за вычетом значения γ -фона) не должны отличаться более чем на 10 %, что свидетельствует о работоспособности датчика. Если показания прибора в указанных режимах работы отличаются более чем на 10 %, прибор необходимо сдать в ремонт.

7. Установка контрольного уровня мощности осуществляется с помощью регулятора уровня мощности. Для установки контрольного уровня необходимо детектор и источник разместить на одной горизонтальной поверхности. Поднося детектор к источнику, дожидаться нужного значения контрольного уровня на шкале прибора. Затем, не меняя положения, вращать ручку введения уровня до появления звукового сигнала. Эту операцию повторить несколько раз, чтобы уточнить уровень.

8. Проверка работоспособности прибора от контрольного источника. Измерить значение мощности экспозиционной дозы γ -фона. Для этого переключатель поддиапазонов установить в положение «30», выбрать время измерения с помощью переключателя режимов работы. В положении не ниже 1 метра от земли снять 5–10 показаний, рассчитать среднее значение N_{ϕ} .

Измерить значение мощности экспозиционной дозы источника, вычесть фон. Для этого детектор в месте, отмеченном на его поверхности с помощью нанесения рисок, поднести вплотную к источнику. Снять 5–10 показаний, рассчитать среднее значение. Это $N_{\text{ист+ф}}$.

Рассчитать мощность экспозиционной дозы источника и сравнить ее с паспортными данными об активности источника либо с данными по последней проверке источника $N_{\text{форм}}$.

$$N_{\text{ист}} = N_{\text{ист+ф}} - N_{\text{ф}} \quad (2.1)$$

Рассчитать относительную погрешность измерений:

$$\delta = \frac{N_{\text{форм}} - N_{\text{ист}}}{N_{\text{форм}}} 100 \% \quad (2.2)$$

Полученные значения $N_{\text{ист}}$ не должно отличаться от результатов последней поверки источника более чем на 10 %.

Результаты измерений занести в табл. 2.1

Таблица 2.1

Проверка работоспособности прибора от контрольного источника

| № | $N_{\text{ф}}$ | $\overline{N_{\text{ф}}}$ | $N_{\text{ист+ф}}$ | $\overline{N_{\text{ист+ф}}}$ | $N_{\text{ист}}$ | $N_{\text{форм}}$ | δ |
|-----|----------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|----------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| Ср. | | | | | | | |

Проведение измерений:

1. Измеряем значение мощности экспозиционной дозы γ -фона на $N_{\text{ф}}$. С помощью переключателя режимов работы выбираем время проведения измерений – 2,5 или 5 с. Переключатель поддиапазонов ставим в положение «30». Проводим 5–10 измерений $N_{\text{ф}}$ на расстоянии не менее 1 м от земли, рассчитываем среднее значение.

2. Измеряем значение мощности экспозиционной дозы загрязненного РВ объекта природной среды без вычета фона $N_{\text{ф+пр}}$. С помощью переключателя поддиапазонов выбираем поддиапазон в зависимости от значения измеряемой величины. При этом рекомендуется учитывать,

что прибор обеспечивает наиболее высокую чувствительность при работе на средней части шкалы стрелочного индикатора. В начале и в конце шкалы чувствительность прибора снижается.

При работе на поддиапазонах «30», «300» и «3000» необходимо пользоваться нижней шкалой стрелочного индикатора: для поддиапазона «30» снимаем прямые показания, «300» – показания умножаем на 10, «3000» – показания умножаем на 100.

При работе на поддиапазонах «100» и «1000» необходимо пользоваться верхней шкалой стрелочного индикатора: для поддиапазона «100» снимаем прямые показания, для «1000» – показания умножаем на 10.

Проводим 3–5 измерений $N_{\phi+пр}$, рассчитываем значения.

3. Рассчитываем мощность экспозиционной дозы объекта природной среды:

$$N_{пр} = \overline{N_{пр+ф}} - \overline{N_{\phi}} \quad (2.3)$$

Результаты измерений и вычислений заносим в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Определение уровня загрязнения объектов природной среды

| № пробы | Объект измерения | № измерения | N_{ϕ} | $\overline{N_{\phi}}$ | $N_{пр+ф}$ | $\overline{N_{пр+ф}}$ | $N_{пр} = \overline{N_{пр+ф}} - \overline{N_{\phi}}$ |
|---------|------------------|-------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|--|
| 1 | | 1 | | | | | |
| | | 2 | | | | | |
| | | 3 | | | | | |
| 2 | | 1 | | | | | |
| | | 2 | | | | | |
| | | 3 | | | | | |
| 3 | | 1 | | | | | |
| | | 2 | | | | | |
| | | 3 | | | | | |

4. Для определения удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани КРС при жизни существует временная методика. Для проведения измерений на детектор необходимо одеть коллиматор. Измеряется значение γ -фона при горизонтальном положении детектора на уровне

не ниже 1 м от земли. Затем измеряется мощность экспозиционной дозы γ -излучения мышечной ткани КРС без вычета фона $N_{\text{ф+пр}}$ в двух местах: в области крестца и лопатки. Рассчитывается удельная активность γ -излучения в мышечной ткани, Ки/кг:

$$A = [N_{\text{пр+ф}} - 0,6N_{\text{ф}}] \cdot 0,6 \cdot 10^{-8}. \quad (2.4)$$

В методике приведены значения контрольных уровней удельной активности (РДУ). Полученное значение A сравнивается с РДУ и делается вывод о пригодности продукции к реализации.

2. Радиометр-дозиметр МКС-01М «Советник»

Назначение прибора

Радиометр-дозиметр МКС-01 «Советник» предназначен для измерения удельной активности ^{137}Cs без отбора проб, в частности в мышечной ткани животных, для измерений удельной активности ^{137}Cs в пробах различных веществ, а также для измерений мощности амбиентной дозы γ -излучения (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Радиометр-дозиметр МКС-01М «Советник»

Область применения:

– прижизненная радиометрия крупных сельскохозяйственных животных;

– радиационный контроль пищевых продуктов, промышленной продукции, сырья, окружающей среды;

– определение однородности партий продукции по ^{137}Cs .

Прибор обеспечивает измерения:

1) удельной активности (УА) ^{137}Cs без отбора проб, то есть на месте расположения объекта (insitu), в том числе:

– в мышечной ткани животных;

– в бидоне диаметром 37–45 см (измеряемая масса не меньше 50 кг);

– в пластмассовом ведре емкостью 10 л;

– в крупных, протяженных объектах (стог, бургт и т. д.);

2) удельной активности счетных образцов (проб):

– без применения защиты (в сосуде Маринелли 1 и 0,5 л);

– с применением защиты (в сосудах емкостью 1, 0,5, 0,3 и 0,1 л);

3) мощности амбиентного эквивалента дозы γ -излучения;

4) скорости счета в энергетических окнах γ -излучения ^{137}Cs и ^{40}K .

Два последних режима работы могут быть использованы для контроля однородности партий продукции.

Технические характеристики

Технические характеристики прибора представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Технические характеристики прибора

| Параметр | Значение |
|---|-----------------------|
| Тип детектора | NaI(Tl), ø63×63 мм |
| <i>Диапазон измерений удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани</i> | 40–4000 Бк/кг |
| Пределы допустимой относительной погрешности измерений УА в мышечной ткани: в диапазоне от 40 до 80 Бк/кг в диапазоне от 80 до 4000 Бк/кг | ±45 % ±28 % |
| <i>Диапазон измерений удельной активности ^{137}Cs в пробе емкостью 1 л без защиты</i> | 40–10 000 Бк/кг |

| Параметр | Значение |
|---|--|
| Пределы допустимой относительной погрешности измерений УА ^{137}Cs в пробе емкостью 1 л без защиты | $\pm 22\%$ |
| <i>Диапазон измерений удельной активности ^{137}Cs в пробе емкостью 1 л с защитой</i> | 5–100 000 Бк/кг (Бк/л) |
| Пределы допустимой относительной погрешности измерений УА ^{137}Cs в пробе емкостью 1 л с защитой: в диапазоне от 5 до 20 Бк/кг в диапазоне от 20 до 40 Бк/кг в диапазоне от 40 до 10 000 Бк/кг | $\pm 45\%$ $\pm 28\%$ $\pm 22\%$ |
| <i>Диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы γ-излучения</i> | 0,05–1,0 мкЗв/ч |
| Пределы допустимой основной относительной погрешности измерений амбиентного эквивалента дозы γ -излучения | $\pm 40\%$ |
| Время установки рабочего режима | 15 мин |
| Питание | Батареи 2×1,5 В |
| Класс защиты | IP54 |
| Диапазон рабочих температур | От $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Вес | 3 кг |

Устройство прибора

Прибор (см. рис. 2.3) состоит из блока детектирования (БД) и блока регистрации (БР). В торце ручки БД расположен отсек для батарей питания, закрытый круглой крышкой. Модификации прибора могут отличаться способом крепления БР к ручке и электрического соединения БД и БР.

Принцип работы прибора

В БД применен сцинтилляционный детектор (или CsJ) с кристаллом большого объема ($\varnothing 63 \times 63$ мм). Функционирование прибора основано на обработке импульсов с выхода детектора в блоке регистрации, выполненном на основе микропроцессора.

Подготовка прибора к работе

На передней панели БР расположены клавиатура, дисплей и два светодиода с зеленым и красным свечением (рис. 2.4). Включение и выключение прибора производятся нажатием кнопки **F** и удерживанием ее в нажатом положении в течение нескольких секунд. Кнопку следует отпустить, когда при включении прибора на дисплее появляется сообщение «Инициализация», а при выключении – «Выключение», сопровождаемое подсветкой экрана. Нажатие каждой кнопки включенного прибора сопровождается коротким звуковым сигналом.



Рис. 2.4. Блок регистрации MKC-01 «Советник»

Структура главного меню прибора представлена в табл. 2.4

Структура главного меню МКС-01 «Советник»

| На месте (без отбора проб) | По радконтроль? | Измерение потока | Измерение проб | Измерение дозы | Служебный |
|--|---|---|---|---|--|
| <p><i>Измерения без отбора пробы на месте расположения объекта</i></p> <p>Мышечная ткань Измерение УА Cs-137 в мышечной ткани скота</p> <p>Бидон Измерение УА Cs-137 вещества в пластмассовом бидоне</p> | <p><i>Измерения УА Cs-137 в различных объектах с применением программного обеспечения «радконтроль»</i></p> <p>Счетный образец Измерение УА Cs-137 в пробах вещества с плотностью от 0,1 до 2,0 кг/дм³, выполняемые с применением пассивной защиты БД</p> | <p>Скорость счета Измерение скорости счета в «энергетических окнах» γ-излучения Cs-137 и K-40: контроль однородности партии продукции по измерениям скорости счета; измерение имитанта при периодической проверке работоспособности</p> <p>Порог скорости счета</p> | <p>В защите Измерение УА Cs-137 в пробе (счетном образце) в сосудах 0,1, 0,3 и 0,5 л, сосуде Маринелли 1 л в защите</p> <p>Без защиты Измерение УА Cs-137 в пробе (счетном образце) в сосуде Маринелли 1 и 0,5 л без защиты</p> | <p>Мощность дозы Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы; контроль однородности партии по измерениях мощности дозы</p> <p>Доза-фон Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы с вычитанием фонового уровня</p> | <p><i>Служебные режимы работы прибора (защищено паролем). Используются для калировки и настройки на предприятии-изготовителе</i></p> |

| На месте (без отбора проб) | По радконтроль? | Измерение потока | Измерение проб | Измерение дозы | Служебный |
|-------------------------------|---|---------------------|-------------------|----------------|-----------|
| | <p>Крупный объект Измерение УА Cs-137 без отбора проб в объектах типа стог сена, насыпь зерна и т. п.</p> <p>Объект 10 л Измерение УА Cs-137 вещества в пластмассовом ведре</p> <p>Проба? Измерение УА Cs-137 в пробах вещества с плотностью от 0,1 до 2,0 кг/дм³, выполняемые без применения пассивной защиты БД</p> | | | | |

После включения прибора и его инициализации, которая длится около минуты, на дисплее появляется первый пункт (раздел) главного меню. Символы стрелок означают, что нажатием можно вызвать другой раздел («карусельное» меню). При этом нажатие кнопок → и ↑ вызовет переход к следующему разделу, а ← и ↓ – к предыдущему. В верхней строке экрана отображаются: слева – индикатор состояния элементов питания, в центре – информация о текущем состоянии прибора; в нижней части – краткое описание выбираемого раздела или режима работы.

Выбор раздела осуществляется нажатием кнопки ENTER, при этом на экране появляется первый элемент подменю, указывающий на конкретный режим измерения. Выбор других режимов, как и в главном меню, осуществляется курсором, возврат в главное меню – нажатием кнопки ESC.

После нажатия ENTER для выбранного режима необходимо задать условия измерений. Это можно сделать либо перебором предлагаемых прибором вариантов с помощью кнопок курсора, либо вводом конкретного числа с цифровой клавиатуры. В обоих случаях необходимо завершающие нажатие кнопки ENTER. Для удаления ошибочно введенной цифры нажимается кнопка ←.

На дисплее БР находятся светодиоды с зеленым и красным свечением. Редкие вспышки зеленого означают, что ведется заданное измерение, более частые – говорят о завершении измерений с результатом, не превышающим норму. Об этом свидетельствует и звуковой сигнал.

Частые вспышки красного светодиода и серия частых звуковых сигналов говорят о завершении измерений с результатом, который превышает норму.

Проведение измерений

Пункт меню «На месте». Режимы работы и их применение, предоставляемые при вызове пункта меню «На месте», представлены в табл. 2.4.

Измерение УА мышечной ткани. Измерение УА мышечной ткани проводится на предприятиях мясной промышленности для радиационного контроля животных, туш, полутуш.

С помощью нажатия любой стрелки найти в главном меню программный запрос **«На месте (без отбора проб)»**, далее выбираем

режим «Мышечная ткань», подразумевающий выполнение измерений удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани объекта контроля на месте его расположения без отбора пробы, и нажать кнопку «Да». Появится запрос «Мышечная ткань?», в ответ на который нужно нажать кнопку «Да». На дисплее появится сообщение «НП = 80 Бк/кг?».

Для подтверждения следует нажать кнопку «Да».

Последовательность операций, выполняемых в режиме «Мышечная ткань», изображена на рис. 2.5.

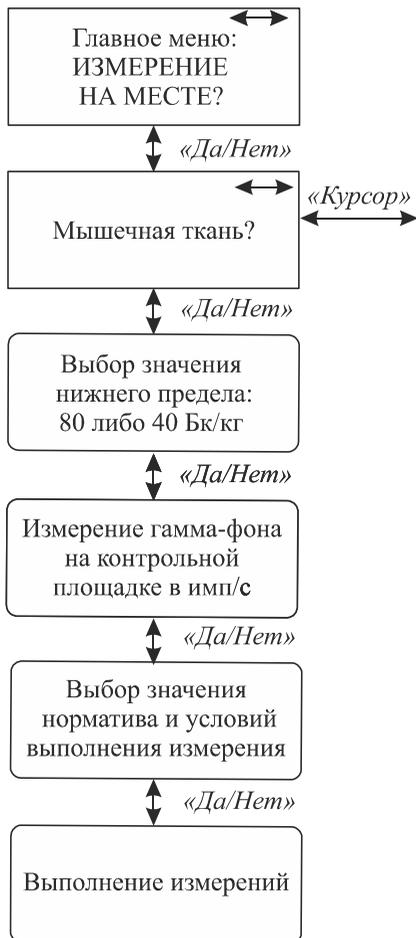


Рис. 2.5. Последовательность выполнения операций в режиме «Мышечная ткань»

Измерения проводятся в несколько этапов:

1. Запрос на дисплее «*Измерять фон?*». Если измерения планируется выполнять на эстакаде, контролируя особь, расположенную в открытом кузове автомобиля, то, стоя на эстакаде и направив БД в сторону от себя на расстоянии 1,0–1,5 м в направлении места будущей стоянки автомобиля с КРС, нажать кнопку «Да». Время измерения фона определяется прибором автоматически. Через 10–20 с после начала измерений на экране появится сообщение (рис. 2.6). Первая строка данного сообщения информирует о выполняемой операции, вторая – сообщает о текущем измеренном значении скорости счета фона γ -излучения и достигнутой на данный момент относительной неопределенности измерения (доверительная вероятность $P = 0,95$). Третья строка информирует о времени в секундах, оставшемся до завершения измерения фона.

| |
|---|
| Измерение фона: 19,2 имп/с ± 62 % Осталось 56 с |
|---|

Рис. 2.6. Сообщение, возникающее на экране прибора после начала измерения

Если γ -фон на контрольной площадке порядка 0,2 мкЗв/ч, то потребуется значительное время для измерения УА, которое при массовых измерениях КРС становится фактически неприемлемым. В этом случае на дисплее прибора появится сообщение «*Смените площадку*». При появлении такого сообщения нужно принять меры по деактивации площадки, выбранной для проведения измерений скота либо перейти на другую площадку с фоном менее 0,2 мкЗв/ч.

Успешное завершение измерения фона сопровождается серией редких звуковых сигналов и выводом запроса на значение норматива в Бк/кг: **500**. Ввод иного значения осуществляется с помощью цифровых кнопок клавиатуры.

2. После завершения измерений необходимо ввести значение контролируемого норматива и выбрать массу измеряемой особи:

«*Масса менее 100 кг*»;

«*Масса более 100 кг*».

При измерении особей с массой более 100 кг следует уточнить условия выполнения предстоящих измерений. На дисплее прибора отражается запрос «*Отдельная особь?*». В зависимости от расстояния между животными реализуется одно из двух условий выполнения измерений: «*Отдельная особь*» или «*Плотный гурт*».

Второе условие выполняется, когда особи стоят вплотную друг к другу. В этом случае в ответ на запрос следует нажать любую кнопку. На дисплее появится запрос «*Плотный гурт?*». Если особи стоят не вплотную друг к другу, но расстояние между ними меньше 1 м, нужно с помощью кнопки **↵** или **↻** выбрать режим измерений «*Плотный гурт*». Далее необходимо определить область на теле особи, на которой будет выполняться измерение.

Если при выполнении измерения в условиях «*Плотный гурт*» поступило сообщение о браке, то данную особь следует маркировать после завершения измерений всех особей, расположенных вплотную друг к другу, маркированных особей отделить от «чистых» и расположить так, чтобы расстояние между ними было не менее, чем 1 м. Повторно выполнить измерения маркированных особей, результаты которых считать окончательными.

3. После нажатия кнопки ENTER в ответ на запрос «*Измерение УА?*» нажать кнопку «Да». БД плотно приложить к выбранной ранее контрольной области. Нужно также заранее позаботиться о том, чтобы торец БД был укрыт полиэтиленовым пакетом, закрепленным тесьмой или резиновым колечком (при загрязнении пакет меняется на чистый).

После завершения измерения на дисплее отображается сообщение о доверительном интервале, в котором находится УА, далее будет выполняться измерение «*Условия прежние?*». Если условие выполнения предстоящего измерения прежнее, то в ответ на запрос следует нажать кнопку «Да». Прибор выполняет измерение следующей особи.

Если одно из условий изменилось, нужно установить необходимый вариант. Следует вернуться к предыдущим пунктам программного меню и задать требуемые в предстоящем измерении условия. Если результат выполненного измерения показал, что особь удовлетворяет нормативу, то радиационный контроль данной особи завершен.

Нажатие ENTER приведет к началу нового измерения. Чтобы изменить условия измерения, нужно нажимать кнопку ESC. Каждое ее нажатие возвращает прибор к предыдущему запросу.

Дополнительный режим измерений «Индикация». Прибор обладает дополнительным режимом измерений «*Индикация*», который включается любой кнопкой курсора в ответ на запрос «*Измерение УА*» и последующим нажатием ENTER.

Режим «*Индикация*» обеспечивает определение соответствия либо несоответствия УА ¹³⁷Cs в мышечной ткани введенному в программу численному значению. Данный режим работы рекомендуется

использовать при контроле животных перед отправкой на убой, а также при входном контроле продукции/животных относительно установленного уровня УА. Применение указанного режима обеспечивает значительное сокращение времени на проведение контроля.

Измерение в режиме «Бидон». С помощью нажатия любой стрелки курсора найти в главном меню программный запрос «**На месте (без отбора проб)**», выбрать режим «Бидон» (прибор производит измерения УА ^{137}Cs в веществе с плотностью $\rho = 1 \text{ кг/л}$ и массой не менее 50 кг, помещенном в пластмассовый бидон с диаметром от 37 см до 45 см). Ход измерений аналогичен рассмотренному выше режиму «Мышечная ткань».

Контрольная точка, в которой выполняется измерение удельной активности, назначается на боковой поверхности бидона на уровне, примерно соответствующем полувысоте столба измеряемого вещества $h_{1/2}$ (рис. 2.7). Расстояние от торца БД до контрольной точки при измерении фона $L_{\text{фон}}$ должно быть в пределах от 1,0 до 1,5 м.

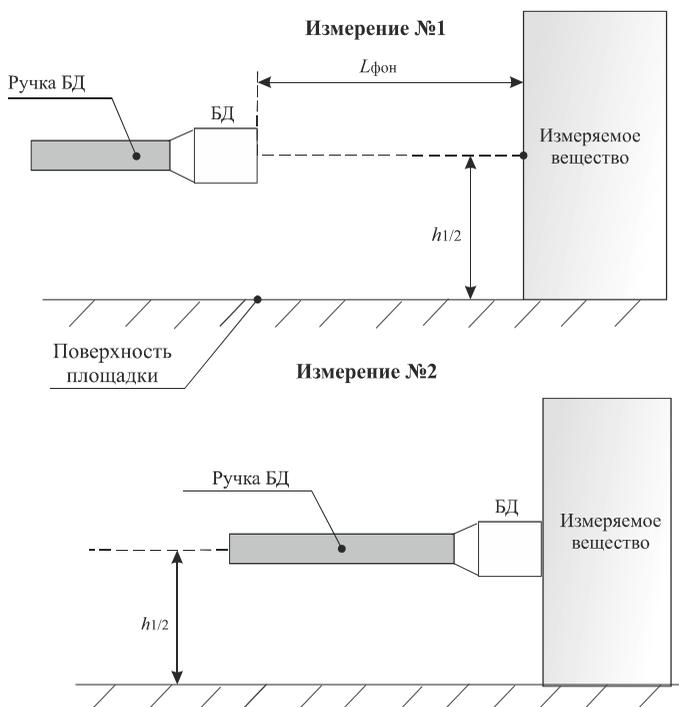


Рис. 2.7. Измерение в режиме «Бидон»

Пункт меню «Измерение потока». Пункт меню «Измерение потока» применяется в следующих случаях:

- проверка скоростей счета;
- определение однородности партии продукции по ^{137}Cs в измерениях скорости счета;
- поверка прибора;
- измерение УА ^{137}Cs в продукции и сырье.

Выбираем пункт меню «Измерение потока» и нажимаем кнопку «Да».

Режим «Скорость счета». Расположить в пространстве БД и измеряемый объект требуемым образом. Алгоритм замеров представлен на рис. 2.8.

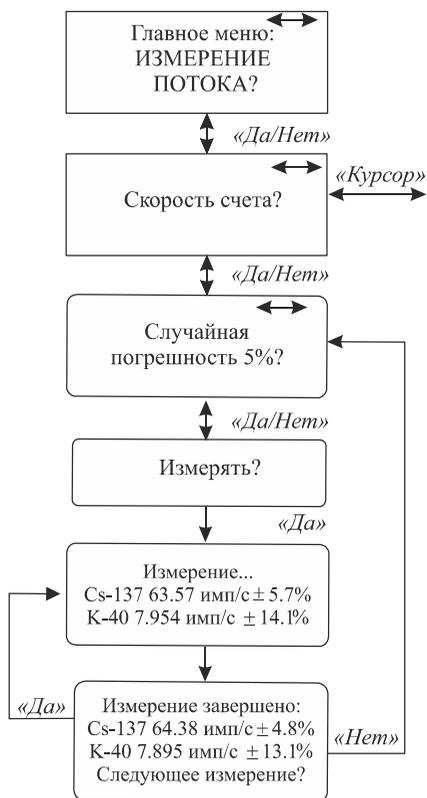


Рис. 2.8. Пример сообщений на дисплее и алгоритм работы в режиме «Измерение потока»

Пункт меню «Измерение пробы». Режимы измерений, предоставляемые при вызове пункта меню **«Измерение пробы»**, используются в следующих случаях:

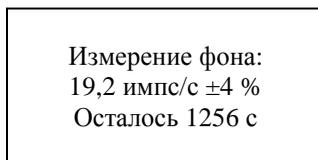
- измерение без пассивной защиты УА ^{137}Cs в пробе объемом 1 л с плотностью 1 г/см³, помещенной в сосуд Маринелли 1 л.
- проверка прибора.

Установить БД в вертикальном положении с помощью подставки либо разместив БД прибора в пассивной защите (в случае ее наличия).

Выбираем пункт меню **«Измерение пробы»** и нажимаем кнопку **«Да»**.

В ответ на программный запрос **«Измерять фон?»** установить на БД сосуд Маринелли с *1 л воды* и нажать кнопку **«Да»**.

При выполнении измерения фона на дисплее отображается периодически обновляемое сообщение (рис. 2.9).

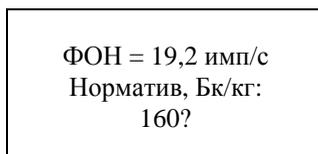


Измерение фона:
19,2 импс/с ±4 %
Осталось 1256 с

Рис. 2.9. Периодически обновляемое сообщение

Вторая строка данного сообщения – наблюдаемое значение скорости счета фона и текущие пределы относительной статистической неопределенности измерения для доверительной вероятности $P = 0,95$, третья – оставшееся до завершения измерения время (время измерения фоновое γ -фона устанавливается автоматически).

После завершения измерения фона на дисплее отобразится сообщение (рис. 2.10).



ФОН = 19,2 имп/с
Норматив, Бк/кг:
160?

Рис. 2.10. Сообщение, отображаемое после завершения измерения фона

Установить на БД сосуд Маринелли с пробой. Измеренное численное значение скорости фоновое γ -излучения на рис. 2.9, имеет

информационный характер и при выполнении автоматических измерений проб учитывается автоматически. Необходимо дать только правильный ответ на заданный в указанном сообщении вопрос о численном значении норматива. После ввода в программу требуемого значения норматива нажать кнопку «Да». Далее измерения проводятся в автоматическом режиме. Алгоритм приведен на рис. 2.11.

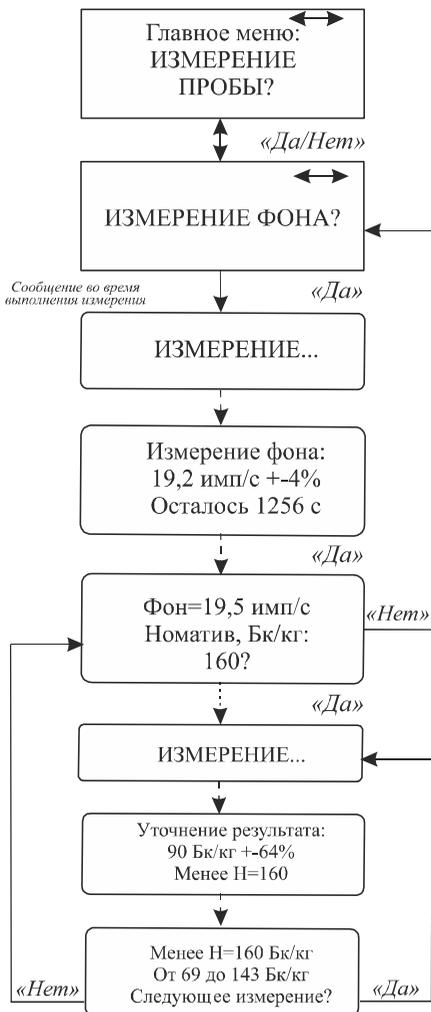


Рис. 2.11. Пример сообщений на дисплее и алгоритм работы

Пункт меню «По радконтроль». Режимы измерений, предоставляемые при вызове пункта меню **«По радконтроль»** обеспечивают измерения УА ^{137}Cs в разных условиях эксплуатации прибора, которые подразделяются на измерения, выполняемые на месте расположения исследуемого объекта, и лабораторные измерения.

Режим «Крупный объект». В данном режиме возможно измерение УА в стоге сена, насыпи зерна, бурте картофеля, силоса в яме, объектов в кузове автомобиля или прицепа и т. п. При измерении УА клубней, корнеплодов, овощей следует учитывать, что максимальный размер отдельной единицы продукции не должен превышать 10 см.

Для вызова режима *«Крупный объект»* выбрать в главном меню программный запрос **«По радконтроль»** и нажать кнопку **«Да»**.

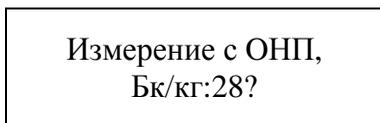
Для измерения фона прибор располагается в выбранной контрольной точке на поверхности исследуемого объекта. В ходе измерения на дисплее отображается служебная информация о скоростях в энергетических окнах ^{137}Cs и ^{40}K .

При выполнении изменения необходимо БД погрузить в место расположения контрольной точки и нажать ENTER. На экране отображается текущее значение УА с относительной погрешностью измерения.

Возможен дополнительный вариант проведения измерений – с помощью рассмотренных выше режимов *«Индикация»* или *«Измерение с ОНП»* (оптимизация нормативных показателей).

Режим «Измерение с ОНП». Данный режим позволяет оптимизировать время выполнения измерения, может быть применен в тех случаях, когда допустимо выполнение измерений в диапазоне значений УА, начинающимся со значения УА большего, чем величина НП (нормативных показателей).

При вызове режима отображается сообщение (рис. 2.12):

A rectangular box with a thin black border containing the text "Измерение с ОНП, Бк/кг:28?".

Измерение с ОНП,
Бк/кг:28?

Рис. 2.12. Сообщение, отображаемое при вызове режима

Вводимое значение ОНП должно быть больше, чем значение НП: ОНП = 2000 Бк/кг. После ввода численного значения ОНП

измерение УА вещества объекта выполняется в автоматическом режиме. Если при выполнении операций значение норматива N было задано, то вводимое значение ОНП должно быть также не больше, чем значение величины $N/2$.

После ввода численного значения ОНП измерение УА вещества объекта выполняется в автоматическом режиме, как и в режиме «Измерение».

Режим «Объект 10 литров»

Измеряется УА вещества с плотностью от 0,1 до 1,2 кг/л, помещенного в пластмассовую емкость (ведро) объемом 10 л. Это может быть, например, ведро с молоком, ягодами, грибами и т. д. После выбора соответствующего пункта в меню прибор предлагает либо произвести измерения фона в энергетических окнах γ -излучения ^{137}Cs и ^{40}K ? либо подтвердить его ранее измеренные значения.

Фоновую скорость счета проще всего измерять при наличии пустого ведра. Его следует поместить на месте выполнения измерений дном вверх, а сверху расположить БД прибора. Время измерения фона достаточно велико (порядка 1 часа), поэтому целесообразно проводить измерения на одной и той же контрольной площадке. В этом случае выполняется предусмотренная в приборе непродолжительная оперативная проверка интенсивности фонового γ -излучения.

Далее, как и в режиме «Крупный объект», запрашиваются значения норматива, а также массы и объема для определения плотности вещества. Также возможны два режима выполнения измерения: «Измерение УА», «Индикация». Контрольная точка выбирается в центре открытой поверхности измеряемого вещества.

Возможен дополнительный вариант проведения измерений – рассмотренный выше «Индикация», «Измерение с ОНП».

Режим «Проба»

Применяется при измерении УА в счетных образцах без применения пассивной защиты, которые выполняются на месте расположения объекта радиационного контроля. Для выполнения измерений БД прибора устанавливается в этом случае в вертикальное положение с помощью подставки. Крышка пассивной защиты при измерениях должна быть опущена.

Для вызова режима выбираем режим «Проба» и нажимаем кнопку «Да». Алгоритм измерений представлен на рис. 2.13.

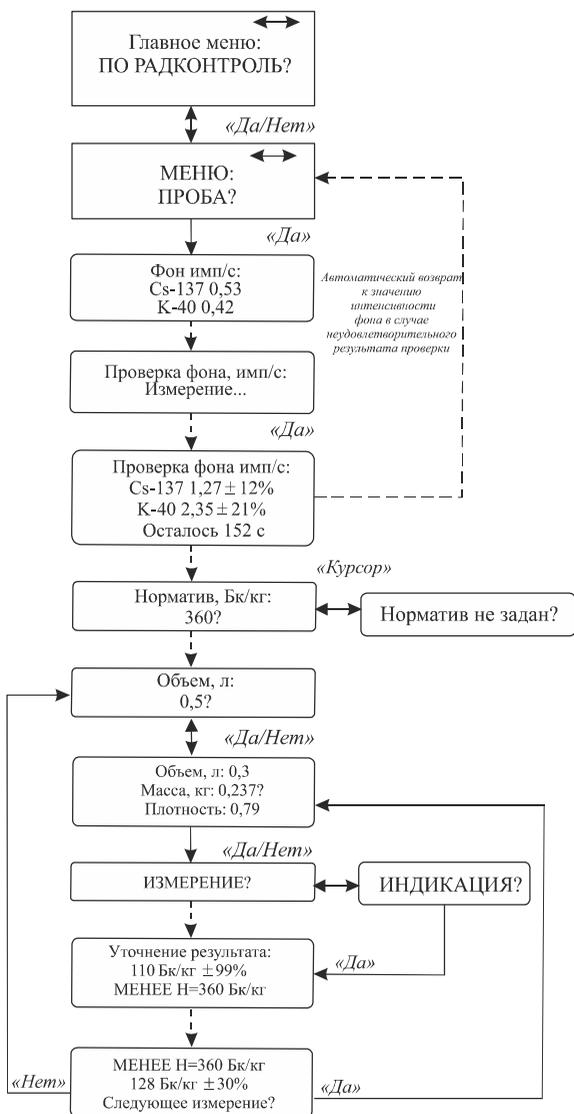


Рис. 2.13. Пример сообщений на дисплее и алгоритм работы в режиме «Проба»

Режим «Счетный образец»

Режим предназначен для лабораторных условий измерения УА ^{137}Cs в счетных образцах. БД прибора в этом случае должен быть

установлен в блоке пассивной защиты. Алгоритм работы аналогичен работе в режиме «Проба».

Пункт меню «Измерение дозы». «Измерение дозы» применяется в следующих случаях:

- измерение мощности дозы γ -излучения;
- оценка величины фонового γ -излучения ^{137}Cs на данной контрольной площадке либо вблизи данной особи КРС;
- определение однородности партии продукции или сырья по ^{137}Cs .

Режим «Мощность дозы»

Для измерения мощности эквивалентной дозы в разделе меню «Измерение дозы» нужно выбрать пункт «Мощность дозы» и цифровыми кнопками задать требуемое значение относительной статистической погрешности измерения (доверительная вероятность $P = 0,95$). При погрешности 15 % измерение длится считанные секунды. Алгоритм представлен на рис. 2.14.

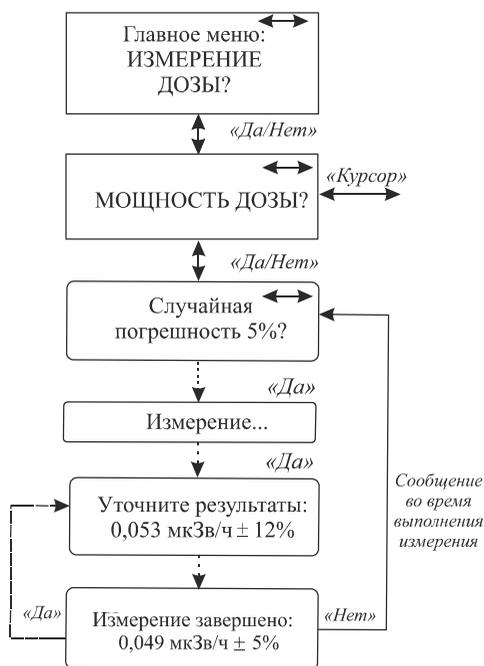


Рис. 2.14. Пример сообщений на дисплее и алгоритм работы в режиме «Мощность дозы»

Сообщение о завершении измерения отображается на дисплее в течение нескольких секунд, после чего автоматически начинается выполнение следующего измерения мощности дозы с тем же самым значением относительной статистической погрешности измерения. Для ввода иного значения погрешности следует нажать кнопку ESC.

Результат измерения запишите в виде

$$МД = МД_{изм} \pm \Delta; \quad (2.5)$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{МД_{изм} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (2.6)$$

где θ – основная относительная погрешность, составляющая для данного прибора $\pm 40\%$.

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

Проверка однородности партии сельскохозяйственной продукции

Проверку однородности для партии пищевых продуктов и продовольственного сырья, продукции растениеводства и животноводства при проведении радиационного контроля выполняют для того, чтобы заключение было сделано о той партии, из которой затем производился отбор проб на соответствие действующим нормативным документам.

Партия продукции считается однородной, если минимальное и максимальное значения результатов измерений в разных точках отличаются не более чем в полтора раза (на 50 %).

В наши дни однородность партии проверяется в основном выборочным методом, когда проверки однородности производятся либо для одной партии, выбранной из заранее установленного числа, либо с определенной периодичностью во времени.

Проверку однородности без отбора проб в выбранных контрольных точках рациональнее проводить одной из двух величин:

- мощность дозы γ -излучения в мкЗв/ч;
- скорость счета импульсов γ -излучения в имп/с.

Правила выбора контрольных точек устанавливаются для каждого вида контролируемой продукции, исходя из технологий производства, транспортировки и хранения партии продукции. Измерения проводят, соблюдая постоянное расстояние, не превышающее 3 см, между блоком детектирования и поверхностью контролируемой продукции. В каждой точке контроля производят не менее трех измерений с погрешностью не более 30 %. При наличии в приборе индикации погрешности проводят измерения до достижения статистической погрешности не более 15 % (МКС-01 «Советник»).

Если в результате дозиметрического контроля партии установлено, что в разных точках контролируемой партии результаты измерений различаются более чем на 50 % от среднего значения измеренных величин, партия считается неоднородной и подлежит разделению на несколько однородных групп. Рассортировку партии проводят по уровню радиоактивного загрязнения: высокий, средний, низкий. Границы раздела неоднородной партии на однородные группы устанавливаются путем более детальных измерений МД вокруг точки максимального отклонения от среднего МЭД партии.

Для измерения однородности партии прибором МКС-01 «Советник» необходимо взять образцы с условной продукцией. В главном меню выбрать **«Измерение потока»** → **«Скорость счета»**, установить статистическую погрешность 15 %, поднести прибор на расстояние 1,0–1,5 см к поверхности образца и нажать СТАРТ. По завершении измерения записать полученное значение. Повторить указанную процедуру для других образцов. Найти максимальное и минимальное значения скорости счета. Сделать заключение об однородности партии.

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначен прибор СРП-68-01?
2. Каким образом прибор СРП-68-01 может использоваться в практике радиометрии?
3. Перечислите основные технические характеристики прибора СРП-68-01 и опишите его устройство.
4. В чем сущность сцинтилляционного метода регистрации ионизирующих излучений?

5. Как проверяются источники питания и выходное напряжение стабилизатора в приборе СРП-68-01?
6. Как определяется работоспособность блока детектирования?
7. Опишите последовательность проверки работоспособности прибора СРП-68-01 от контрольного источника?
8. Назовите порядок проведения измерений прибором СРП-68-01.
9. Практическое применение прибора МКС-01М «Советник».
10. Перечислите основные технические характеристики прибора МКС-01М «Советник»?
11. Назовите основные режимы главного меню прибора МКС-01М «Советник»?
12. Какой из рабочих режимов прибора МКС-01М «Советник» широко применяется на предприятиях мясной промышленности? Как осуществляются измерения в этом режиме?
13. Перечислите особенности проведения измерений прибором МКС-01М «Советник» в режиме «Бидон».
14. В каких случаях в приборе МКС-01М «Советник» используется режим «Индикация» и режим «Измерение с ОНП»?
15. В каких случаях используют режим прибора «Измерение потока»?
16. Назовите особенности измерения УА различных проб.
17. Какой режим позволяет проводить измерения как на месте расположения исследуемого объекта, так и в лабораторных условиях?
18. Опишите методику измерения мощности эквивалентной дозы прибором МКС-01М «Советник».
19. Опишите методику определения однородности партии сельскохозяйственной продукции.

Лабораторная работа № 3

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ, В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИБОРАМИ ВПХР; АНКАТ 7664

Цели работы:

1. Изучить назначение, принцип работы и устройство прибора химической разведки ВПХР; освоить правила работы с ним.
2. Изучить назначение, основные технические характеристики, принцип работы, устройство прибора АНКАТ 7664; освоить режимы работы прибора при определении концентрации отравляющих веществ в воздухе рабочей зоны.

1. Общие положения

Обнаружение современных отравляющих веществ (ОВ) с помощью органов чувств (органолептически) не всегда возможно из-за отсутствия у ряда ОВ запаха, цвета, раздражающего действия, а главное – небезопасно: токсичность некоторых ОВ настолько высока, что попытка определить их по запаху или раздражающему действию может привести к тяжелому поражению. Органолептически можно лишь ориентировочно определить отдельные ОВ (типа иприт) по видимым пятнам и каплям на зараженных объектах, по изменению цвета и растительности, окраске облака ОВ и другим внешним признакам.

Основным способом обнаружения отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ и определения степени заражения ими воздуха, местности, сооружений, оборудования, транспорта, средств индивидуальной защиты, одежды, продовольствия, воды, фуража и других объектов является использование приборов химической разведки, а также взятие проб и последующий их анализ в химических лабораториях.

К приборам химической разведки относятся: войсковой прибор химической разведки (ВПХР), прибор химической разведки (ПХР), полуавтоматический прибор химической разведки (ППХР), автоматический газосигнализатор.

2. Войсковой прибор химической разведки (ВПХР)

Назначение прибора

ВПХР предназначен для определения в воздухе, на местности, технике и различных предметах ОВ типа зарина, зомана, Ви-Икса, иприта, фосгена, синильной кислоты и хлорциана в полевых условиях.

Принцип обнаружения ОВ

Для обнаружения и индикации ОВ применяются химические методы, основанные на использовании реакции ОВ с определенными веществами – индикаторами.

Принцип работы прибора ВПХР заключается в следующем: при просасывании ручным поршневым насосом зараженного воздуха через индикаторные трубки в них происходит изменение окраски наполнителя под действием отравляющих веществ. По изменению окраски наполнителя и ее интенсивности или времени перехода окраски судят о наличии отравляющего вещества и его примерной концентрации, сравнивая с цветовыми эталонами на кассетах с индикаторными трубками.

Устройство прибора

Прибор ВПХР состоит из корпуса с крышкой и размещенных в них следующих элементов (рис. 3.1): ручного насоса, насадки к насосу, защитных колпачков для насадки, противодымных фильтров, патронов грелки, электрического фонаря, корпуса грелки, штыря, лопатки, индикаторных трубок в кассетах. Для переноски прибора имеется плечевой ремень, а для работы с прибором он закрепляется поясной тесьмой. Вес прибора 2,3 кг.

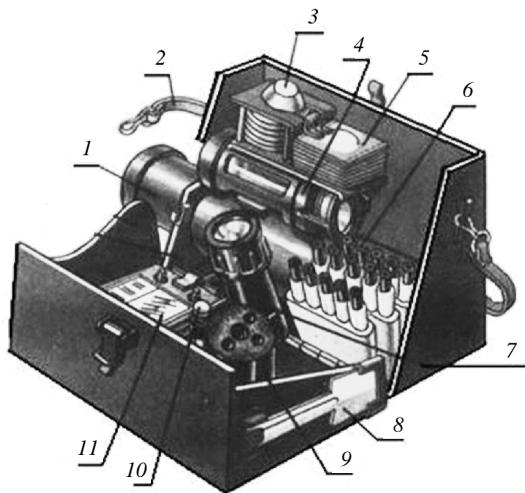


Рис. 3.1. Общий вид прибора ВПХР:

- 1 – ручной насос; 2 – плечевой ремень с тесьмой; 3 – защитные колпачки для насадки;
- 4 – насадка к насосу; 5 – противодымные фильтры; 6 – патроны к грелке;
- 7 – электрический фонарь; 8 – лопатка; 9 – корпус грелки; 10 – штырь;
- 11 – индикаторные трубки в кассетах

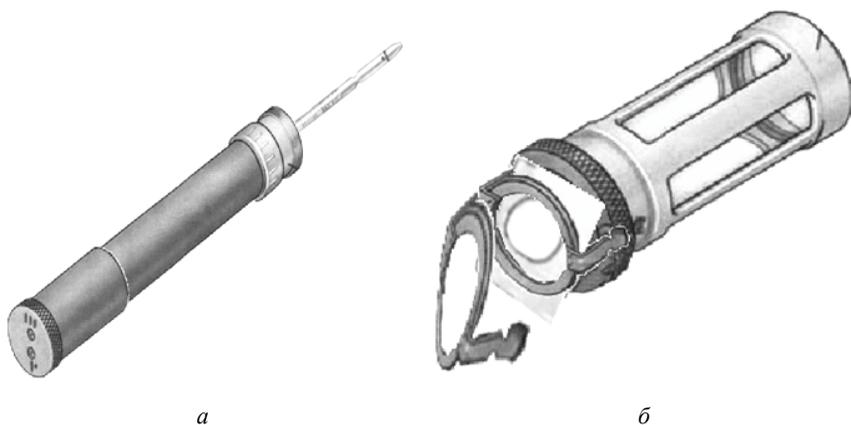
Назначение составляющих комплекта

Ручной насос (рис. 3.2, *а*) служит для прокачивания исследуемого воздуха через индикаторные трубки. При 50–60 качаниях насоса в минуту через индикаторную трубку проходит 1,8–2,0 литра воздуха.

Насос помещается в металлической трубе в корпусе прибора; для выталкивания насоса имеется пружина с защелкой. Насос вкладывается в трубу ручкой наружу.

В ручке насоса размещены два ампуловскрывателя, служащие для разбивания ампул, имеющихся в индикаторных трубках. На торце ручки нанесена маркировка штырей-ампуловскрывателей: три зеленые полоски и красная полоска с точкой. В головке насоса размещены: нож для надрезания индикаторных трубок, гнездо для установки индикаторной трубки. На торце головки имеются два углубления для обламывания концов трубок.

Насадка к насосу (рис. 3.2, *б*) предназначена для работы с прибором в дыму, при определении отравляющих веществ в почве, технике, сооружениях, одежде и других предметах, а также в сыпучих материалах. Герметизация соединения стеклянного цилиндра с корпусом насадки и насадки с насосом достигается при помощи двух резиновых прокладок.



*Рис. 3.2. Комплектующие прибора ВПХР:
а – ручной насос; б – насадка к насосу*

Защитные колпачки служат для предохранения внутренней поверхности воронки насадки от заражения каплями стойких ОВ и для помещения проб почвы и сыпучих материалов.

Противодымные фильтры (ПДФ) состоят из одного слоя фильтрующего материала или нескольких слоев капроновой ткани. Фильтры используются для определения ОВ в дыму или воздухе, содержащем пары веществ кислого характера, а также при определении ОВ из почвы или других сыпучих материалов. При длительном ранинии фильтры находятся в чехле из полиэтиленовой пленки.

Электрофонарь применяется ночью для наблюдения за изменением окраски индикаторных трубок.

Лопатка служит для забора сыпучих веществ.

Грелка (рис. 3.3) служит для подогрева трубок в случае определения ОВ при пониженной температуре окружающего воздуха (для фосфорорганических веществ (ФОВ) ниже 5 °С, иприт – ниже 15 °С). Корпус грелки представляет собой пластмассовый кожух, внутри которого установлен сердечник. Пространство вокруг сердечника заполнено теплоизолирующим наполнителем. В центральное отверстие грелки вставляют патрон и штырем через отверстие в колпачке патрона разбивают находящуюся внутри ампулу. Убедившись, что ампула разбита, штырь вынимают из патрона и устанавливают его снаружи корпуса грелки в специальные боковые выступы. Появление паров из патрона указывает на нормальный запуск грелки. После запуска грелки ею пользуются для подогревания или оттаивания индикаторных трубок, опуская их в боковые гнезда. От температуры окружающего воздуха зависит время и температура остывания внутри боковых отверстий грелки.

Патрон грелки состоит из металлической гильзы, ампулы с раствором и пластмассового колпачка. На дно гильзы насыпан порошок магнезия, закрытый сверху прокладкой из фильтровальной бумаги. И такой же бумагой обложена внутренняя боковая поверхность патрона. В комплект прибора входят 10 патронов (кассета рассчитана на 15 патронов, поэтому прибор может комплектоваться 15 патронами грелки), расположенных в специальной кассете.



Рис. 3.3. Грелка прибора ВПХР

Индикаторные трубки предназначены для определения ОВ. Они представляют собой запаянные трубки, внутри которых помещены наполнитель и стеклянные ампулы с реактивами. Трубки имеют маркировку в виде цветных колец, показывающую какое ОВ может определяться с помощью данной трубки.

В комплекте ВПХР имеется три вида индикаторных трубок (рис. 3.4):

- с *одним красным кольцом и красной точкой* для определения зарина, зомана, Ви-Икса – отравляющих веществ нервно-паралитического действия;

- с *тремя зелеными кольцами* для определения фосгена, дифосгена, синильной кислоты и хлорциана – отравляющих веществ общеядовитого и удушающего действия;

- с *желтыми кольцами* – для определения иприта – отравляющих веществ кожно-нарывного действия.

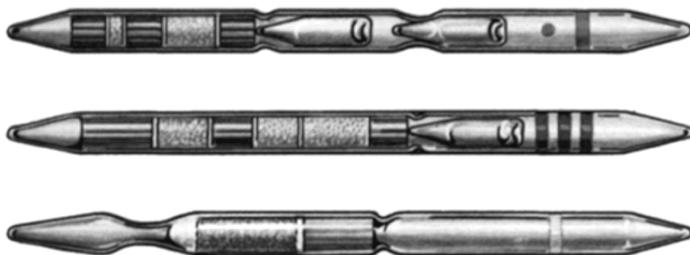


Рис. 3.4. Индикаторные трубки

Они уложены в бумажные кассеты по десять индикаторных трубок одинаковой маркировки (рис. 3.5). На лицевой стороне кассеты наклеена этикетка с изображением окраски наполнителя индикаторной трубки при наличии в воздухе ОВ. В этом случае можно определить концентрацию ОВ путем сравнения интенсивности окраски индикатора с цветом на этикетке. При отсутствии этикетки можно судить только о наличии отравляющего вещества.



Рис. 3.5. Кассета с индикаторной трубкой

Подготовка прибора к работе

1. Произвести внешний осмотр прибора.
2. Проверить наличие в приборе всех предметов и убедиться в их исправности.
3. Разместить кассеты с индикаторными трубками в следующем порядке: сверху трубки с красной маркировкой, затем с зеленой маркировкой, внизу – с желтой.

4. Снять с ПДФ полиэтиленовый чехол.
5. Вынуть из прибора инструкцию по эксплуатации.

В походном положении прибор носится на левом боку и закрепляется тесьмой вокруг пояса.

Определение ОВ в воздухе

Наличие ОВ в воздухе определяют по внешним признакам и по показаниям индикаторных трубок. При подозрении наличия ОВ в воздухе необходимо надеть противогаз и исследовать воздух с помощью индикаторных трубок, имеющихся в приборе, в следующем порядке:

- трубками с красным кольцом и точкой;
- трубками с тремя зелеными кольцами;
- трубками с желтым кольцом.

Порядок работы с индикаторными трубками, имеющими красное кольцо и красную точку

В первую очередь определяют пары ОВ нервно-паралитического действия (типа зомана, зарина, табуна, Ви-Икса).

Для этого необходимо:

- взять две индикаторные трубки с красным кольцом и красной точкой;
- с помощью ножа на головке насоса надрезать, а затем отломить концы индикаторных трубок;
- с помощью ампуловскрывателя разбить верхние ампулы обеих трубок и, взяв трубки за маркированные концы, встряхнуть их 2-3 раза;
- одну из трубок (опытную) немаркированным концом вставить в насос и прокачать через нее воздух (5-6 качаний), через вторую (контрольную) воздух не прокачивается, и она устанавливается в штатив корпуса прибора;
- затем ампуловскрывателем разбить нижние ампулы обеих трубок и встряхнуть их одновременно;
- после встряхивания наблюдать за переходом окраски контрольной трубки от красной до желтой.

К моменту образования желтой окраски в контрольной трубке красный цвет верхнего слоя наполнителя опытной трубки указывает на опасную концентрацию ОВ (зарина, зомана или Ви-Икса).

Появление желтого цвета одновременно в контрольной и опытной трубках указывает на отсутствие ОВ или невысокую концентрацию.

В этом случае определение ОВ в воздухе повторяют, но вместо 5–6 качаний делают 30–40 качаний насосом, и нижние ампулы разбивают после двух-, трехминутной выдержки. Положительные показания в этом случае свидетельствуют о практически безопасных концентрациях ОВ.

Порядок работы с индикаторными трубками, имеющими три зеленых кольца

Независимо от полученных результатов при содержании ОВ нервно-паралитического действия определяется наличие отравляющих веществ общедовитого и удушающего действия (фосгена, дифосгена, синильной кислоты, хлорциана) с помощью индикаторной трубки с тремя зелеными кольцами.

Для этого необходимо:

- вскрыть индикаторную трубку с тремя зелеными кольцами;
- пользуясь ампуловскрывателем, разбить в ней ампулу;
- вставить трубку немаркированным концом в гнездо насоса и сделать 10–15 качаний насосом;
- вынуть трубку из насоса и сравнить окраску наполнителя с эталоном, нанесенным на кассете, в которой хранятся индикаторные трубки с тремя зелеными кольцами.

Порядок работы с индикаторными трубками, имеющими желтое кольцо

Затем определяют наличие в воздухе паров иприта индикаторной трубкой с одним желтым кольцом.

Для этого необходимо:

- вскрыть индикаторную трубку с одним желтым кольцом;
- вставить в насос и прокачать воздух (60 качаний) насосом;
- вынуть трубку из насоса и по истечении 1 мин сравнить окраску наполнителя с эталоном, нанесенным на кассете для индикаторных трубок с одним желтым кольцом.

Для обследования воздуха при пониженных температурах трубки с одним красным кольцом и точкой и с одним желтым кольцом необходимо подогреть с помощью грелки до их вскрытия.

Обследование воздуха индикаторными трубками с красным кольцом и красной точкой при отрицательных температурах

Оттаивание трубок с красным кольцом и точкой производится при температуре окружающей среды 0 °С и ниже в течение 0,5–3,0 мин.

После оттаивания трубки вскрыть, разбить верхние ампулы, энергично встряхнуть 2-3 раза, вставить в насос и прокачать воздух через опытную трубку. Контрольная трубка находится в штативе.

Подогреть обе трубки в грелке в течение 1 мин.

Разбить нижние ампулы опытной и контрольной трубок, одновременно их встряхнуть.

Наблюдать за изменением окраски наполнителя.

Трубки *с одним желтым кольцом* при температуре окружающей среды +15 °С и ниже подогреваются в течение 1–2 мин после прокачки через них воздуха. Затем наблюдают окраску наполнителя.

В случае сомнительных показаний трубок *с тремя зелеными кольцами* при определении в основном наличия синильной кислоты в воздухе при пониженных температурах необходимо повторить измерения с использованием грелки, для чего трубку после прососа воздуха поместить в грелку.

При определении ОВ в дыму необходимо:

- поместить индикаторную трубку в гнездо насоса;
- достать из прибора насадку и закрепить в ней противодымный фильтр;
- навернуть насадку на резьбу головки насоса;
- сделать соответствующее количество качаний насосом;
- снять насадку;
- вынуть из головки насоса индикаторную трубку и провести определение ОВ.

Определение ОВ на местности и технике:

- достать необходимую индикаторную трубку и, вскрыв ее, установить ее в гнездо насоса;
- навернуть на насос насадку, оставив откинутым прижимное кольцо;
- надеть на воронку насадки защитный колпачок;
- приложить насадку к почве или к поверхности обследуемого предмета так, чтобы воронка покрыла участок с наиболее резко выраженными признаками заражения (капли, маслянистые пятна и др.);
- прокачать через индикаторную трубку воздух, делая необходимое число качаний насосом;
- выбросить колпачок, снять насадку и убрать ее в прибор;
- вынуть из гнезда индикаторную трубку и определить наличие ОВ.

Обнаружение ОВ в почве и сыпучих материалах

Для обнаружения ОВ в почве и сыпучих материалах готовят и вставляют в насос соответствующую индикаторную трубку, навертывают насадку, вставляют колпачок. Затем лопаткой берут пробу верхнего слоя почвы (снега) или сыпучего материала и насыпают ее в воронку колпачка до краев. Воронку накрывают противодымным фильтром и закрепляют прижимным кольцом. После этого через индикаторную трубку прокачивают воздух, выбрасывают защитный колпачок вместе с пробой и противодымным фильтром.

Отвинчивают насадку, вынимают индикаторную трубку и определяют присутствие ОВ.

3. Газоанализатор АНК АТ-7664Микро

Вследствие производственной деятельности в воздушную среду помещений могут поступать разнообразные вредные вещества, которые используются в технологических процессах.

Вредные вещества – вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе воздействия вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Вредные вещества могут поступать в организм человека тремя путями: *через легкие, желудочно-кишечный тракт и неповрежденный кожный покров*. Через *дыхательные пути* вредные вещества проникают в организм в виде паров, газов и пыли; через *желудочно-кишечный тракт* – чаще всего с загрязненных рук, но также и вследствие заглатывания пыли, паров, газов; через *кожу* проникают органические химические вещества преимущественно жидкой, маслянистой и тестообразной консистенции. Наиболее опасным путем попадания вредных веществ в организм являются органы дыхания. Благодаря огромной (более 90 м²) всасывающей поверхности легкие создают благоприятные условия для попадания вредных веществ непосредственно в кровь.

Вредные вещества, которые попали тем или иным путем в организм могут вызывать отравления (острые или хронические). Степень отравления зависит от токсичности вещества, его количества, времени воздействия, пути проникновения, метеорологических

условий, индивидуальных особенностей организма. Острые отравления возникают в результате больших доз вредных веществ (угарный газ, метан, сероводород). Хронические отравления развиваются вследствие длительного воздействия на организм человека небольших концентраций вредных веществ (свинец, ртуть, марганец). Вредные вещества, попав в организм, распределяются в нем неравномерно. Например, наибольшее количество свинца накапливается в костях, фтора – в зубах, марганца – в печени.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений, а также их контроль должны соответствовать санитарным нормам и правилам «Требования к контролю воздуха рабочей зоны» и гигиеническим нормативам «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны», «Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны», «Предельно допустимые уровни загрязнения кожных покровов вредными веществами», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11 октября 2017 г. № 92 (в ред. от 05.01.2018 № 4).

Назначение газоанализатора АНКАТ-7664Микро

Газоанализаторы предназначены для непрерывного автоматического измерения объемной доли кислорода (O_2), диоксида углерода (CO_2), пропана (C_3H_8) и метана (CH_4), массовой концентрации оксида углерода (CO), диоксида азота (NO_2), диоксида серы (SO_2), хлора (Cl_2), хлороводорода (HCl), аммиака (NH_3) и дозврывоопасных концентраций метана, горючих газов и паров, их смесей (Ex), дозврывоопасных концентраций суммы предельных углеводородов ($\sum CH$) в воздухе, а также выдачи сигнализации о достижении содержания определяемых компонентов установленных пороговых значений.

Газоанализаторы применяются для контроля содержания вредных веществ, взрывоопасных газов и паров, кислорода в воздухе рабочей зоны производственных, административных, жилых помещений и открытых пространств, а также объектов морского транспорта.

Газоанализатор **АНКАТ-7664Микро** (рис. 3.6) представляет собой переносной прибор непрерывного действия и предназначен для измерения:

- хлора (Cl_2) в диапазоне 0–25 мг/м³;
- сероводорода (H_2S) в диапазоне 0–40 мг/м³;
- аммиака (NH_3) в диапазоне 0–150 мг/м³.



Рис. 3.6. Газоанализатор АНКАТ-7664Микро

Технические характеристики прибора

1. Электрическое питание газоанализаторов осуществляется от батареи аккумуляторной напряжением от 3,0 до 4,2 В.
2. Масса газоанализаторов не более 0,6 кг.
3. Диапазон температуры окружающей и контролируемой сред от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. Массовая концентрация пыли, $\text{г}/\text{м}^3$ – не более 10^{-2} .
5. Время срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации для измерительного канала CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , NO_2 не более 30 с; для канала HCl , NH_3 и канал Cl_2 не нормируется.
6. Пределы времени установления показаний для измерительного канала CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , NO_2 – 60 с; для канала HCl , NH_3 – 180 с; для канала Cl_2 – 90 с.
7. Время прогрева газоанализаторов:
 - по измерительному каналу E_x – не более 2 мин;
 - по измерительным каналам CO_2 , $\sum\text{CH}$, CH_4 , C_3H_8 – не более 15 мин;
 - по измерительным каналам O_2 , CO_2 , CO , SO_2 , H_2S , NO_2 , Cl_2 , HCl , NH_3 – не более 5 мин.
8. Средний полный срок службы газоанализаторов в условиях эксплуатации – не менее 10 лет.

Газоанализатор обеспечивает следующие **виды сигнализации**:

ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ – прерывистая световая красного цвета и прерывистая звуковая, свидетельствующая о достижении содержания определяемого компонента по любому из измерительных каналов порога срабатывания «ПОРОГ 1» (при этом на табло цвет индикации измеренного значения изменяется на оранжевый по измерительному каналу, в котором сработала сигнализация);

АВАРИЙНАЯ – непрерывная световая красного цвета и непрерывная звуковая, свидетельствующая о достижении содержания определяемого компонента по любому из измерительных каналов порога срабатывания «ПОРОГ 2» (при этом на табло цвет индикации измеренного значения изменяется на красный по измерительному каналу, в котором сработала сигнализация);

РАЗРЯД АККУМУЛЯТОРА – отсутствие цветового заполнения соответствующего значка пункта основного меню «БАТАРЕЯ» и выдача прерывистого звукового сигнала при разряде аккумулятора;

ОТКАЗ – прерывистая световая красного цвета и прерывистая звуковая, свидетельствующая об отказе инфракрасного датчика (ИКД), термохимического датчика (ТХД) или электрохимического датчика (ЭХД) (при этом на табло вместо измеренного значения в соответствующем измерительном канале выводится сообщение «---», по остальным каналам продолжают индицироваться измеренные значения);

ПЕРЕГРУЗКА – индикация символа («стрелка вверх») красного цвета рядом с показаниями по каналу, по которому измеренные значения достигли верхнего предела диапазона показаний.

Принцип работы прибора

Принцип действия газоанализатора:

- термохимический – по измерительному каналу дозрывоопасных концентраций метана, горючих газов и паров, их смесей;
- оптико-абсорбционный – по измерительным каналам дозрывоопасных концентраций суммы предельных углеводородов, объемной доли диоксида углерода, пропана и метана;
- электрохимический – по измерительным каналам объемной доли кислорода, массовой концентрации оксида углерода, сероводорода, диоксида азота, диоксида серы, хлора, хлороводорода и аммиака.

Устройство прибора

В верхней части газоанализатора расположено табло (графический индикатор или AMOLED) – дисплей (активная матрица на органических светодиодах) и индикаторы световой сигнализации. В нижней части расположена пленочная клавиатура, в которой имеется отверстие звукового излучателя. На нижней стенке расположен разъем miniUSB, имеющий двойное назначение: для информационной связи с ПЭВМ и для заряда встроенной батареи аккумуляторной.

В корпусе газоанализатора расположен блок аккумуляторный. На верхнюю крышку газоанализатора могут быть установлены побудитель расхода или блок поверочный, закрывающие пазы на верхней стенке и образующие при их установке на газоанализатор газовый канал, служащий для принудительной подачи пробы.

Для управления работой газоанализатора предназначена пленочная клавиатура, состоящая из четырех клавиш.

Внешний вид прибора представлен на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Внешний вид газоанализатора

Газоанализатор имеет следующие режимы работы:

1. Режим загрузки.
2. Режим измерений.
3. Режим просмотра среднесменного значения.
4. Режим регулировки.
5. Режим установки порогов.
6. Режим настройки.

Режим измерений. Является основным режимом работы газоанализатора. В этом режиме на табло отображаются результаты измерений по всем измерительным каналам газоанализатора, а также текущие дата и время (рис. 3.8).

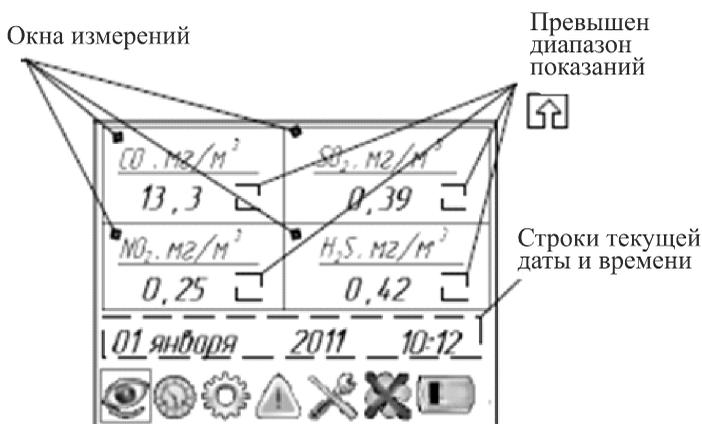


Рис. 3.8. Вид панели прибора в режиме измерений

Цвет индикации результатов измерений изменяется следующим образом:

- зеленый цвет – измеренные значения не достигли установленных пороговых значений;
- оранжевый цвет – измеренные значения достигли порога срабатывания предупредительной сигнализации;
- красный цвет – измеренные значения достигли порога срабатывания аварийной сигнализации.

Режим просмотра среднесменного значения. Режим (рис. 3.9) позволяет посмотреть среднесменное значение содержания

определяемых компонентов по каждому каналу измерений (кроме каналов O_2 , CH_4 , C_3H_8 , ΣCH) от момента последнего включения газоанализаторов.

При повторном включении газоанализатора предыдущее значение обнуляется, и расчет среднесменного проводится от последнего включения.



Рис. 3.9. Вид панели прибора в режиме просмотра среднесменного значения

Режим регулировки. Режим регулировки (рис. 3.10) позволяет провести корректировку нулевых показаний и чувствительности газоанализаторов по поверочной газовой смеси (ПГС).

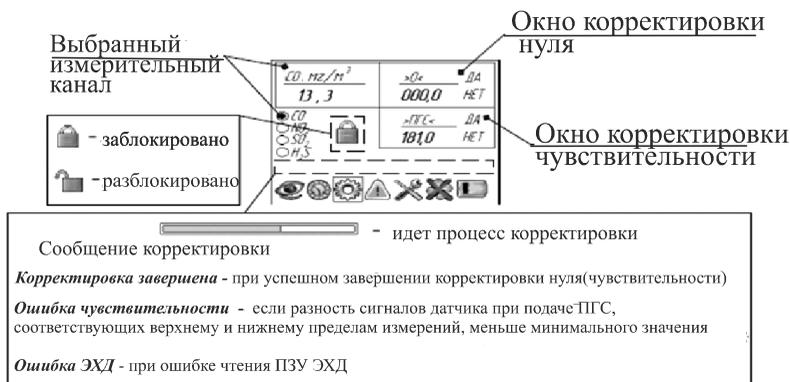


Рис. 3.10. Вид панели прибора в режиме регулировки

При этом режиме в левой нижней части табло отображаются обозначения измерительных каналов газоанализатора, в левой

верхней части экрана – окно с обозначением выбранного канала и результатом измерений. В правой части экрана располагаются окна регулировки нуля «> 0 <» и чувствительности «> ПГС <».

Для корректировки показаний газоанализатора по ПГС выбирается измерительный канал, устанавливается указанное в паспорте значение содержания определяемого компонента в ПГС. В нижней части табло появится полоса прогресса, которая по завершении корректировки полностью закрасится зеленым цветом и в нижней части табло выведется одно из сообщений: «Корректировка завершена», «Ошибка чувствительности», «Ошибка ЭХД».

Режим установки порогов. Данный режим позволяет просмотреть установленные значения порогов сигнализации.

В режиме установки порогов в левой нижней части табло отображаются обозначения измерительных каналов газоанализатора, в левой верхней части экрана – окно с обозначением выбранного канала и результатом измерений.

В правой части экрана располагаются окна установки порогов. В нижней строке окон отображаются установленные значения порогов срабатывания предупредительной «Порог1» и аварийной «Порог2» сигнализации.

Для изменения пороговых значений выбирается измерительный канал и необходимое окно установки значения: «Порог1» или «Порог2».

Режимы установки порогов и регулировки защищены паролем. Для доступа в эти режимы необходимо зайти в подменю «Заблокировано» и ввести двухзначный пароль – «12» (скрыт символами «*»). Для ввода пароля следует при помощи кнопок «◀» и «▶» выделить символ «*» в знакоместе, подлежащем редактированию (выделенный символ подсвечивается белым). При этом отобразится цифра, выделенная желтым прямоугольником.

При помощи кнопок «◀» и «▶» установить необходимое значение в соответствующем знакоместе, сохранить результат редактирования. При этом выделение желтым снимается, а введенная цифра заменится символом «*».

Режим настройки. Данный режим позволяет установить время выключения табло, проконтролировать значение напряжения батареи аккумуляторной, перевести газоанализатор в режим заряда батареи аккумуляторной, отключить звуковую сигнализацию и регулировать производительность побудителя расхода.

В данном режиме на табло в верхней строке выводится окно выбора времени выключения экрана, ниже расположено окно контроля уровня напряжения и выбора режима работы батареи аккумуляторной.

В правой части табло расположены значки выключения звука и включения побудителя расхода.

Звуковая сигнализация автоматически включается при включении газоанализатора, даже если перед выключением газоанализатора она была отключена.

Подготовка газоанализатора к работе:

1. Установить на газоанализатор блок аккумуляторный.
2. Надеть на газоанализатор чехол.
3. Зарядить аккумуляторную батарею.
4. Проверить работоспособность газоанализатора:
 - 4.1. Включить газоанализатор.
 - 4.2. Убедиться в отсутствии сигнализации «Отказ».
 - 4.3. Проверить правильность установленных значений даты и времени, значений порогов сигнализации. При необходимости откорректировать.
 - 4.4. При подключении к газоанализатору побудителя расхода проверить его работоспособность. Для этого необходимо включить побудитель расхода. По показаниям индикатора расхода убедиться, что расход, создаваемый побудителем, не менее $0,3 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Если меньше этого значения, то необходимо увеличить производительность побудителя в режиме настроек.

Газоанализатор по истечении времени прогрева осуществляет непрерывное автоматическое измерение содержания определяемых компонентов и выдачу сигнализации об увеличении (уменьшении) показаний относительно установленных пороговых значений.

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначен прибор ВПХР?
2. В чем заключается принцип работы прибора ВПХР?
3. Опишите устройство прибора ВПХР.
4. Как осуществляется подготовка ВПХР к работе?
5. Опишите порядок работы с индикаторными трубками, имеющими красное кольцо и красную точку.

6. Опишите порядок работы с индикаторными трубками, имеющими три зеленых кольца.
7. Опишите порядок работы с индикаторными трубками, имеющими желтое кольцо.
8. В чем заключаются особенности обследования воздуха при отрицательных температурах?
9. Перечислите особенности определения ОВ в дыму, на местности и технике, в почве и сыпучих материалах.
10. Какими путями вредные вещества могут поступать в организм человека?
11. Для чего предназначен газоанализатор АНКАТ-7664Микро?
12. Для чего предназначен газоанализатор АНКАТ-7664Микро?
13. Раскройте сущность принципов действия газоанализаторов.
14. Назовите виды сигнализации газоанализаторов.
15. Перечислите основные технические характеристики газоанализаторов.
16. Опишите устройство газоанализатора АНКАТ-7664Микро.
17. Опишите режимы работы газоанализатора.
18. Как проводятся измерения газоанализатором?

Лабораторная работа № 4

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА МЕСТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОЗИМЕТРОВ-РАДИОМЕТРОВ МКС-АТ6130 И МКС-АТ1125

Цель работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки приборов МКС-АТ6130 и МКС-АТ1125 к работе.

2. Получить практические навыки измерений мощности эквивалентной дозы рентгеновского и γ -излучения, плотности потока β -частиц, а также поиска источников ионизирующих излучений.

1. Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130

Назначение прибора

МКС-АТ6130 предназначен:

- для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и γ -излучения;
- измерения амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и γ -излучения;
- измерения плотности потока β -частиц, испускаемых с загрязненной поверхности;
- измерения скорости счета импульсов от регистрируемых γ -или рентгеновских квантов;
- для оперативного поиска источников ионизирующих излучений и радиоактивных материалов.

Технические характеристики

Технические характеристики прибора МКС-АТ6130 представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики

| Параметр | Значение |
|---------------------------|---------------------|
| <i>Диапазон измерений</i> | |
| мощность дозы | 0,1 мкЗв/ч–10 мЗв/ч |
| дозы | 0,1 мкЗв–100 мЗв |

| Параметр | Значение |
|---|---|
| плотности потока β -частиц | $10-10^4$ част./ $(\text{мин} \cdot \text{см}^2)$ |
| энергии регистрируемого γ -излучения | 50 кэВ–3 МэВ |
| энергии регистрируемого β -излучения | 300 кэВ–3,5 МэВ |
| времени измерения естественного радиационного γ -фона (0,1 мкЗв/ч) при статистической погрешности ± 20 % | Не более 300 с |
| <i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i> | |
| для всех режимов | ± 20 % |
| <i>Пределы дополнительной относительной погрешности измерения</i> | |
| при отклонении температуры от нормальной (20 ± 5 °С) | ± 10 % |
| при отклонении влажности от нормальной (30–80 %) | ± 10 % |
| при изменении напряжения питания от 3,3 до 2,0 В | ± 5 % |
| при воздействии вибраций в диапазоне частот 10–55 Гц | ± 5 % |
| <i>Условия эксплуатации</i> | |
| Температура окружающего воздуха | От -20 °С до $+55$ °С |
| Относительная влажность воздуха при температуре до 35 °С | Не более 95 % |
| Атмосферное давление | 84,0–106,7 кПа |
| Напряженность магнитного поля | До 400 А/м |
| Питание (элемент, аккумулятор) | 2×тип ААА |

Прибор имеет звуковую и световую сигнализации о превышении измеряемой величины (мощности дозы, дозы или плотности потока бета-частиц) заранее заданного порогового значения.

Прибор обладает рядом сервисных возможностей:

- отображение серии последовательных измерений в виде диаграммы (гистограммы);
- запись и хранение результатов измерений в памяти прибора («записная книжка»).

Прибор МКС-АТ6130 способен передавать измеренные данные в персональный компьютер через инфракрасный канал связи.

Устройство прибора

На передней панели прибора находятся: табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) 1, светодиодный индикатор 2, мембранная панель управления с четырьмя кнопками 3 (рис. 4.1).

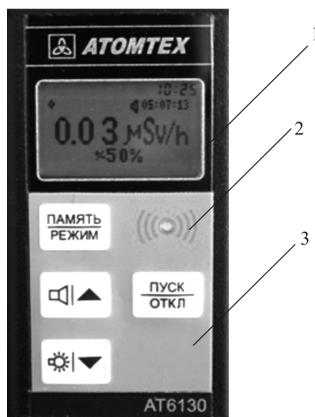


Рис. 4.1. Общий вид прибора MKS-AT6130

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 табл. 4.2 представлено назначение кнопок управления.

Таблица 4.2

Назначение кнопок управления

| Кнопка | Функция | |
|---------------|--|---|
| | в режиме индикации измерений | в режиме меню |
| ПУСК | Команда «Запуск» на новое измерение | Команда «Выполнить» (аналог клавиши Enter в компьютере) |
| ПАМЯТЬ | 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) |

| Кнопка | Функция | |
|---|---|---|
| | в режиме индикации измерений | в режиме меню |
|  | Включение/выключение звукового излучателя | Команда «Вверх» для перемещения по экрану ЖКИ |
|  | Включение/выключение подсветки табло | Команда «Вниз» для перемещения по экрану ЖКИ |

В табл. 4.3 представлена структура меню, отражающая все режимы работы приборов.

Таблица 4.3

Структура меню, отражающая все режимы работы прибора

| МКС-АТ6130 | | Для МКС-АТ6130 <i>с открытой крышкой-фильтром</i> | |
|---|---|--|--|
| 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 |

Принцип работы прибора

Принцип действия прибора основан на измерении скорости счета импульсов, генерируемых в газоразрядном счетчике Гейгера-Мюллера под воздействием рентгеновского, γ - и β -излучения.

Подготовка прибора к работе

После нажатия кнопки ПУСК/ОТКЛ на экране появляется 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).

Проведение измерений

1. Измерение мощности дозы γ -излучения в помещении

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 выбором пунктов **MODE** \rightarrow **DOSE RATE**. На табло выводится текущее значение мощности дозы ($\mu\text{Sv/h}$) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%).

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

$$\text{МД} = 0,10 \text{ мкЗв/ч.}$$

Для запуска нового цикла измерения нажмите кнопку **ПУСК/ОТКЛ**.

При большей статистической погрешности (но не более 30 %) выполняют измерения **не менее 3 раз**, и находят среднее значение МД.

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

$$\text{МД} = \text{МД}_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad (4.1)$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{МД_{изм} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (4.2)$$

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

Если результат оказывается меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то запишите его в виде $МД = 0,10$ 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 $МД$. Сделайте заключение по результатам измерений.

2. Измерение плотности потока β -частиц с загрязненной поверхности

Измерения проводятся в два этапа.

2.1. Измерение фона

Запустите измерение фона (при закрытой задней крышке фильтра) через основное меню: **MODE** \rightarrow **BACKGROUND** \rightarrow **MEASURE**. На табло выводится текущее значение фона (s^{-1}) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). При достижении статистической погрешности $\pm 10\%$ значение фона запишите и запомните, нажав кнопку ПАМЯТЬ/РЕЖИМ. Записанное в память значение фона можно посмотреть через основное меню: **MODE** \rightarrow **BACKGROUND** \rightarrow **VIEW**.

2.2. Измерение плотности поток

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

Возьмите у преподавателя необходимый образец. 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 « $1/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$ » и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). Измеренный ранее фон вычитается автоматически. По достижении статистической погрешности $\pm 10\%$ остановите измерение.

Результат измерений запишите в виде:

$$q = q_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad (4.3)$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле:

$$\Delta = \frac{q_{\text{изм}} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (4.4)$$

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

Сделайте заключение по результатам измерений.

3. Поиск источника ионизирующих излучений

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.

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.

2. Дозиметр-радиометр МКС-АТ1125

Назначение прибора

Прибор предназначен:

- для контроля радиационной обстановки (измерение Ambient Equivalent Dose Rate и Ambient Equivalent Dose Rate);
- измерения удельной активности (УА) радионуклида ^{137}Cs в продуктах питания и других пробах;

- экспресс-контроля загрязненности продуктов питания, воды, почвы γ - и β -излучающими радионуклидами;
- оперативного поиска источников ионизирующих излучений и радиоактивных материалов;
- контроля загрязненности поверхностей α и β -излучающими радионуклидами (при наличии поставляемого по заказу блока детектирования БДПС-02 – торцевого счетчика Гейгера-Мюллера с тонким входным окном из слюды).

Технические характеристики

Технические характеристики прибора МКС-АТ1125 представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Технические характеристики

| Параметр | Значение |
|---|--|
| <i>Диапазоны измерения</i> | |
| мощности дозы | 0,03–300 мкЗв/ч |
| дозы | От 10 нЗв до 10 мЗв |
| УА с блоком защиты (БЗ) | $20\text{--}10^5$ Бк/кг |
| УА без БЗ (экспресс-контроль) | $50\text{--}10^5$ Бк/кг |
| скорости счета импульсов | $1\text{--}10^5$ с ⁻¹ |
| энергии регистрируемого γ -излучения | От 50 кэВ до 3 МэВ |
| времени измерения естественного радиационного γ -фона (0,1 мкЗв/ч) при статистической погрешности ± 20 % | Не более 15 с |
| <i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i> | |
| мощности дозы, дозы | ± 15 % |
| удельной активности | ± 20 % |
| скорости счета импульсов | Не нормируется |
| плотности потока альфа-частиц в диапазонах | $2,4\text{--}30$ част./((мин·см ²)) |
| плотности потока бета-частиц | $30\text{--}10^6$ част./((мин·см ²)) |
| <i>Пределы дополнительной относительной погрешности измерения</i> | |
| при отклонении температуры от нормальной (20 ± 5 °С) | ± 10 % |
| при изменении влажности до 90 % | ± 10 % |
| при изменении напряжения питания от 5,6 до 7,2 В | ± 5 % |

| Параметр | Значение |
|---|---|
| при изменении напряженности магнитного поля до 400 А/м | $\pm 10 \%$ |
| при воздействии вибраций в диапазоне частот 10–55 Гц | $\pm 5 \%$ |
| <i>Условия эксплуатации</i> | |
| Температура окружающего воздуха | От $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Относительная влажность воздуха при температуре до $+35 \text{ }^\circ\text{C}$ | Не более 90 % |
| Атмосферное давление | 84,0–106,7 кПа (630–800 мм рт. ст.) |
| Напряженность магнитного поля | До 400 А/м |
| Питание (аккумуляторы) | 5×6 В емкостью 1,2 А/ч |

Прибор имеет звуковую и световую сигнализации о превышении измеряемой величины (мощности дозы, дозы, плотности потока альфа- или бета-частиц, скорости счета и флюенса) заранее заданного порогового значения.

Устройство прибора

Прибор состоит из блока обработки информации (БО) со съемной ручкой и (при наличии) блока детектирования (БДПС-02) с соединительным кабелем. Общий вид прибора представлен на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Общий вид прибора MKS-AT1125:

1 – панель управления; 2 – табло ЖКИ; 3 – защитный колпачок; 4 – метка центра детектора; 5 – резьбовые отверстия для крепления ручки; 6 – место пломбирования

Принцип работы прибора

Действие прибора основано на обработке микропроцессором последовательности импульсов, генерируемых регистрируемыми излучениями в сцинтилляционном счетчике, в зависимости от выбранного режима работы.

Прибор имеет два основных режима работы **F1** и **F2**, каждый из которых состоит из нескольких подрежимов:

F1 – режим дозиметра (измерение мощности дозы и дозы гамма-излучения);

F2 – режим радиометра (измерение УА, а с БДПС-02 – измерение плотности потока альфа- и бета-излучения).

Для перехода из подрежима **1** в другие подрежимы длительно нажмите кнопку **ПАМЯТЬ/РЕЖИМ** – на табло появится индикация подрежима **2**. Для перехода в другие подрежимы кратковременно нажимайте на кнопку **ПАМЯТЬ/РЕЖИМ** (или **▲**, **▼**). Примерно через 1,5 с после появления на табло номера нужного подрежима прибор начнет в нем работать.

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.

Ниже в табл. 4.5 представлены все подрежимы работы прибора.

Таблица 4.5

| № подрежима | Назначение подрежима в режиме | | |
|-------------|----------------------------------|---|--|
| | F1 | F2 | |
| | Прибор | Измерение с БЗ (индикация CL) | Экспресс-контроль (индикация OP) |
| 1 | Измерение МД | Измерение УА, ввод значения массы | |
| 2 | Измерение дозы | Измерение фона с пустым сосудом Маринелли | |
| 3 | Поиск | Измерение фона с сосудом, наполненным водой | |
| 4 | Измерение средней скорости счета | – | |

| № подрежима | Назначение подрежима в режиме | | |
|----------------|--|--|---|
| | F1 | F2 | |
| | Прибор | Измерение с БЗ (индикация CL) | Экспресс- контроль (индикация OP) |
| 5 | Записная книжка (режим ЗК) | | |
| 6 | Сервисный | | |
| 7 | Переключение режима работы из F1 в F2 | Переключение режима работы из F2 в F1 | |

Подготовка прибора к работе

Нажмите кнопку **ПУСК**. В режим самоконтроля прибор переходит сразу же после включения питания. При этом 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 **▲**, указывающий на включение звуковой сигнализации; 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** (нЗв/ч), если был выбран режим **F1**, или измерение УА в **Bq/kg** (Бк/кг) – для **F2**.

Проведение измерений

Порядок работы в режиме дозиметра (F1)

Подрежим «Измерение мощности дозы»

Включите прибор, выберите режим измерения **F1** и подрежим **1**. Поместите прибор на расстоянии 1 м параллельно полу. Дождитесь, пока статистическая погрешность на табло не достигнет $\pm 15\%$. Значение фона запишите в тетрадь и память прибора, нажав кнопку **ПАМЯТЬ/РЕЖИМ**. На табло появляется индикация **OK**.

Для записи результата в мкЗв/ч разделите показания прибора на 1000 и запишите значение в журнал 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 меньше нижнего предела измерений, то его записывают в виде

$$МД = 0,03 \text{ мкЗв/ч.}$$

Для запуска нового цикла измерения нажмите кнопку **ПУСК/ОТКЛ**.

При большей статистической погрешности прибора (но не более 30 %), выполняют измерения **не менее 3 раз**, а результатом измерения является среднее значение МД.

При кратковременном нажатии кнопки **ПАМЯТЬ/РЕЖИМ** отображаемое на табло значение МД записывается в память прибора («записную книжку»).

Подрежим «Измерение дозы»

Для измерения дозы установите подрежим **2**, при этом появляется индикация накопленной дозы и ее единица измерения.

В процессе измерения мощности дозы автоматически измеряется и доза. Поэтому при переходе в режим измерения дозы на табло индицируется значение, накопленное с момента включения прибора.

Для запуска нового цикла измерения кратковременно нажмите кнопку **ПУСК**.

Подрежим «Поиск»

Установите подрежим **3**, на табло появится символ **!**, показания мощности дозы, индикация единицы измерения и мигающая индикация **◀**.

За точку начала поиска принимается значение усредненного количества импульсов, которое записывается в приборе при нажатии кнопки **ПУСК**. Далее значения мощности дозы выводятся без усреднения, каждую секунду результат обновляется. В нижней части табло отображается величина **К**, представляющая собой отклонение текущего числа импульсов от начального усредненного. При приближении в процессе поиска к радиоактивному источнику величина **К** возрастает и появляется звуковая сигнализация.

Для продолжения (уточнения) поиска нажмите на кнопку **ПУСК**. При этом за точку начала поиска принимается новое значение усредненного количества импульсов, частота звуковых сигналов и значение **К** возвращаются к первоначальным.

При удалении от источника значение **К** уменьшается и после перехода через нуль становится со знаком минус.

Подрежим «Измерение средней скорости счета»

Установите прибор в подрежим **4**. При этом на табло выводятся среднее значение скорости счета, соответствующее ему значение статистической погрешности и единица измерения s^{-1} (s^{-1}).

Для запуска нового цикла измерения кратковременно нажмите кнопку **ПУСК**.

Пороговые значения

При превышении порога измеряемой величины срабатывает звуковая сигнализация, имеющая разный вид:

- по МД, плотности потока: длинный гудок – длинная пауза;
- по дозе, флюенсу: три коротких гудка – длинная пауза;
- по скорости счета: короткие «щелчки», интенсивность которых пропорциональна скорости счета.

При включении прибора автоматически устанавливаются следующие значения порогов:

- а) по мощности дозы – 29 мкЗв/ч;
- б) по дозе – 180 мкЗв;
- в) по плотности потока альфа-частиц – $20 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ (с БДПС-02);
- г) по плотности потока бета-частиц – $400 \text{ мин}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ (с БДПС-02);
- д) по флюенсу – $2,99 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$ (с БДПС-02);
- е) по скорости счета – 10^5 см^{-1} .

Значения порогов можно изменить, нажав и удерживая кнопку **▲**. После появления двойного звукового сигнала нужное значение порога можно установить кратковременными нажатиями

кнопки ▲ и ▼. Если их перестать нажимать, через 1,5 с прибор вернется в режим измерения.

Порядок работы в режиме радиометра (F2)

Измерение УА может проводиться с блоком защиты (БЗ) и без БЗ (экспресс-контроль), при этом на табло высвечивается **СЛ** или **ОР** соответственно. Выбор нужного варианта проводится в подрежиме **6** кнопками ▲ или ▼.

Фон измеряется не перед каждым измерением УА, а перед проведением серии измерений УА при изменении условий работы (места расположения, уровня внешнего γ -фона и т. д.).

При внешнем фоне γ -излучения не более 0,2 мкЗв/ч измеренное значение фона не должно превышать 6 с⁻¹. Если измеренное значение выше, то измерение следует повторить.

Подрежим «Измерение фона с пустым сосудом»

Установите в БЗ штатный сосуд, плотно закройте крышку.

Установите подрежим измерения фона **2**, после исчезновения индикации появится значение ранее измеренного фона. Если это значение устраивает, то перейдите к измерению УА, если нет – проведите новое измерение, нажмите кнопку **ПУСК**, при этом появится индикация **0**, что свидетельствует об измерении фона с пустым сосудом.

При достижении нужного значения статистической погрешности кратковременно нажмите кнопку **ПУСК** – появится мигающая индикация **М**. Значение фона запишите в память прибора, кратковременно нажав на кнопку **ПАМЯТЬ/РЕЖИМ**.

Подрежим «Измерение фона с сосудом, заполненным водой»

Установите в БЗ штатный сосуд, заполненный водой, плотно закройте крышку.

Установите подрежим измерения фона **3**, после исчезновения индикации появится значение ранее измеренного фона. Если это значение устраивает, то перейдите к измерению УА, если нет – проведите новое измерение, нажав кнопку **ПУСК**, при этом появится индикация **500**, что свидетельствует об измерении фона с сосудом, заполненным водой.

Подрежим «Измерение удельной активности»

Измерение удельной активности с БЗ:

1. Установите режим работы с БЗ (индикация **СЛ**).
2. Установите штатный сосуд с пробой в БЗ, предварительно взвесив пробу. Плотно закройте крышку.

3. Установите подрежим **1** – появится индикация «**0, Вq/kg**».
4. Чтобы ввести значение массы пробы, нажмите на кнопку **ПУСК** и кнопку **▲** (для увеличения значения) или **▼** (для уменьшения значения).
5. Запустите измерение УА, нажав кнопку **ПУСК**.
Измерение удельной активности без БЗ (экспресс-контроль):
 1. Установите режим работы без БЗ (индикация **ОР**).
 2. Укрепите прибор на подставке и установите штатный сосуд на прибор. Измерьте фон, как было описано ранее в подрежиме **2** или **3**.
 3. Установите штатный сосуд с пробой на прибор и проведите измерение УА по ранее описанной методике.
 4. Три раза нажмите кнопку **ПУСК**. На табло появится сообщение **OFF** и через 1–2 с прибор выключится.

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначен прибор МКС-АТ6130?
2. В каких единицах измеряется мощность эквивалентной дозы γ -излучения (системные и внесистемные)?
3. В каких единицах измеряется плотность потока радиоактивного вещества (системные и внесистемные)?
4. Назовите основные рабочие режимы прибора МКС-АТ6130.
5. Каким образом измеряется мощность эквивалентной дозы γ -излучения прибором МКС-АТ6130?
6. Как измеряется плотность потока β -излучения прибором МКС-АТ6130?
7. Какая погрешность отображается на табло прибора в ходе измерения и какую погрешность следует записать в окончательный результат?
8. Нужно ли при работе с данным прибором проводить несколько измерений с последующим усреднением результатов?
9. Какими дополнительными сервисными возможностями обладает прибор МКС-АТ6130?
10. Для чего предназначен прибор МКС-АТ1125?
11. Назовите основные рабочие режимы прибора МКС-АТ1125.
12. Каким образом проводится измерение мощности дозы γ -излучения прибором МКС-АТ1125?
13. Каким образом проводится измерение удельной активности прибором МКС-АТ1125?
14. Почему прибором МКС-АТ1125 хорошо проводить контроль однородности партии сельскохозяйственной продукции?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗИМЕТРАМИ ДРГ-01Т И ДБГ-06Т ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАКТИВНОГО ИСТОЧНИКА γ- И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки приборов ДРГ-01Т, ДБГ-06Т к работе.

2. Овладеть практическими навыками выполнения измерений мощности дозы ионизирующего излучения.

1. Дозиметр ДРГ-01Т

Назначение и устройство прибора

Дозиметр ДРГ-01Т (рис. 5.1) предназначен для измерения мощности дозы внешнего γ- и рентгеновского излучений с энергиями от 0,05 Мэв до 3 Мэв. Это цифровой дозиметр, который также может использоваться для измерения мощности дозы фотонного излучения при определении радиационной обстановки окружающей среды и контроля биологической защиты радиационных упаковок и радиоактивных отходов.

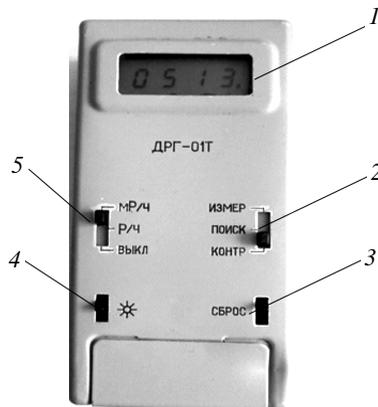


Рис. 5.1. Лицевая панель корпуса дозиметра ДРГ-01Т:

- 1 – табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ);
- 2 – переключатель режимов работы; 3 – кнопка сброса показаний;
- 4 – кнопка подсветки шкалы индикатора;
- 5 – переключатель выбора единиц измерения

Технические характеристики

Дозиметр ДРГ-01Г – это профессиональный прибор, он аттестован Белстандартом и позволяет делать официальные заключения по уровню загрязнения продуктов питания и объектов природной среды. Рекомендуются для работы в условиях:

- температура окружающего воздуха от $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха до 90 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Дозиметр ДРГ-01Г позволяет измерять мощность экспозиционной дозы в двух режимах работы – «Поиск» и «Измерение».

В режиме работы «Измерение» обеспечивает определение мощности экспозиционной дозы в диапазоне от 0,010 мР/ч до 9,999 Р/ч, в режиме «Поиск» обеспечивает измерение мощности от 0,10 мР/ч до 99,99 Р/ч.

Время измерения в режиме работы «Измерение» не превышает 20 с, в режиме «Поиск» – 2 с. Время установления рабочего режима не более 10 с. Предел допускаемой основной погрешности измерения составляет:

- в режиме работы «Измерение» – $\pm 15\%$;
- в режиме работы «Поиск» – $\pm 30\%$.

Принцип работы прибора

Регистрация уровней мощности доз осуществляется газоразрядными счетчиками СБМ-20 и СИ-34Г, в которых под воздействием γ -квантов генерируются электрические импульсы тока, поступающие на входной каскад. Входной каскад преобразует импульсы тока в импульсы напряжения с амплитудой необходимой для регистрации их дальнейшей счетной схемой.

Подготовка прибора к работе:

1. Изучить техническую документацию, провести визуальный осмотр прибора.
2. Включить дозиметр, для чего установить переключатель диапазонов в одно из положений мР/ч или Р/ч, а переключатель режимов работы в положение «КОНТР».
3. Осуществить сброс показаний нажатием кнопки «СБРОС».

4. На ЖКИ при правильном функционировании дозиметра и пригодности источника питания должно отображаться число 0,513. Прибор готов к работе.

Проведение измерений

Нормальное рабочее положение дозиметра, при котором он обладает максимальной чувствительностью – когда направление излучения перпендикулярно плоскости передней панели.

1. Установить переключатель режимов работы в положение «ПОИСК», переключатель диапазонов в положение «МР/ч» или «Р/ч». Произвести сброс показаний нажатием кнопки «СБРОС».

2. Определить направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло. В режиме работы «ПОИСК» смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически, причем отсчет показаний следует производить в момент гашения запятой.

В режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» отсчет показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой младшего цифрового ряда.

Показания прибора сохраняются до момента нажатия кнопки «СБРОС» и запуска дозиметра на новый цикл измерения.

3. Провести измерение мощности дозы для фонового γ -излучения и γ -излучения вблизи источника излучения. В качестве источника излучения может быть использован контрольный источник либо радиоактивно загрязненная проба. Следует снять показания прибора на заданном расстоянии от источника (0,5 м), которое будут представлять собой мощность дозы суммарного γ – излучения (фонового и источника). Полученные данные занести в табл. 5.2.

2. Дозиметр ДБГ-06Т

Назначение и устройство прибора

Дозиметр (рис. 5.2) предназначен для измерения мощности дозы внешнего γ - и рентгеновского излучения с энергиями от 0,05 Мэв до 3 Мэв и является профессиональным прибором.

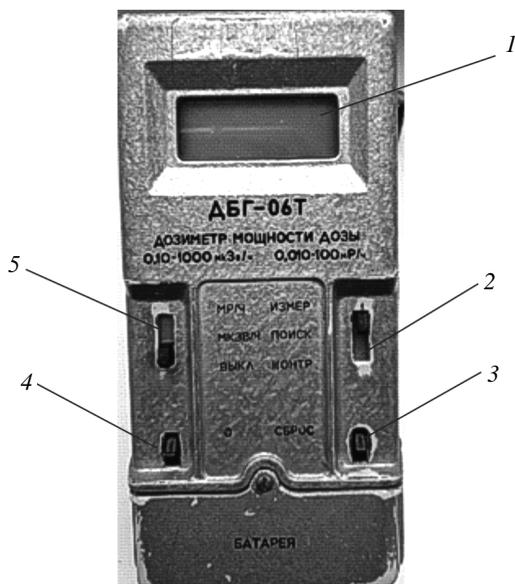


Рис. 5.2. Лицевая панель корпуса дозиметра ДБГ-06Т:

- 1 – табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ); 2 – переключатель «Измерение–Поиск–Контроль»; 3 – кнопка сброса показаний «СБРОС»;
 4 – кнопка подсветки шкалы индикатора;
 5 – переключатель «МР/ч–мкЗв/ч–ВЫКЛ»

Технические характеристики

Дозиметр ДБГ-06Т является профессиональным прибором.

Дозиметр обеспечивает два режима работы: «Измерение» и «Поиск».

В режиме «Измерение» прибор работает в диапазоне от 0,10 мкЗв/ч до 99,99 мкЗв/ч, в режиме «Поиск» – от 1,0 до 999,9 мкЗв/ч.

Время измерения в режиме работы «Измерение» не превышает 40 с, в режиме «Поиск» – 4 с. Время установления рабочего режима не более 10 с.

Предел допускаемой основной погрешности измерения составляет:

- в режиме работы «Измерение» – $\pm 15\%$;
- в режиме работы «Поиск» – $\pm 30\%$.

Дополнительные технические характеристики прибора приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Дополнительные технические характеристики прибора

| Параметр | Значение |
|---|--------------------------------------|
| <i>Пределы дополнительной относительной погрешности измерения</i> | |
| при отклонении температуры от нормальной (20 °С) на 10 °С | Не больше ± 3 % |
| при отклонении влажности воздуха от нормальной (30–80 %) | Не больше ± 15 % |
| <i>Условия эксплуатации</i> | |
| Температура окружающего воздуха | От -10 °С до $+40$ °С |
| Относительная влажность окружающего воздуха при температуре до $+30$ °С | До 90 % |
| Атмосферное давление | 84,0–106,7 кПа 630–800 мм рт. ст. |
| Питание (элемент) | «Корунд» (9 В) |

Принцип работы прибора

Регистрация уровней мощности доз осуществляется счетчиками Гейгера-Мюллера СБМ-20, в которых под воздействием квантов излучения (фотонов) генерируются электрические импульсы, поступающие на счетную схему.

Подготовка прибора к работе

1. Включить дозиметр, для чего установить переключатель 2 в положение «мкЗв/ч», а переключатель 1 в положение «КОНТР».
 2. Осуществить сброс показаний нажатием кнопки «СБРОС».
 3. На ЖКИ при правильном функционировании дозиметра и пригодности источника питания должно отображаться число 0515.
- Прибор готов к работе.

Проведение измерений

Нормальное рабочее положение дозиметра, при котором он обладает максимальной чувствительностью – когда направление излучения перпендикулярно плоскости передней панели.

Режим «Измерение»

Порядок проведения измерения:

1. Расположить дозиметр горизонтально на высоте 1 м от пола.
2. Установить переключатель 1 в положение «ИЗМЕР» и нажать кнопку «СБРОС». В ходе измерения на цифровом табло отображаются

нули, и мигает запятая в младшем разряде. Отсчет показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой. Новый цикл измерения начинается по нажатию кнопки «СБРОС».

3. Провести измерения мощности экспозиционной дозы и мощности эквивалентной дозы для фоновое γ -излучения и вблизи источника излучения. В качестве источника излучения можно использовать контрольный источник либо радиоактивно загрязненную пробу.

4. Выполнить измерение 3–5 раз и найти среднее значение измеренной мощности дозы ($MД_{изм}$).

5. Результат измерения записать в виде

$$MД = MД_{изм} \pm \Delta, \quad (5.1)$$

где Δ – значение погрешности:

$$\Delta = \frac{MД_{изм} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (5.2)$$

где θ – основная относительная погрешность, указанная в свидетельстве о поверке прибора и составляющая для данного прибора $\pm 15 \%$.

Если результат меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то его записывают в виде $MД = 0,10$ мкЗв/ч.

Режим «Поиск»

Режим «Поиск» предназначен для быстрого обнаружения и локализации источника излучения. Для использования этого режима работы дозиметра необходимо:

1. Установить переключатель *I* в положение «ПОИСК» и нажать кнопку «СБРОС».

2. Определить направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло. В этом режиме смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически каждые 4 с, причем отсчет показаний следует производить в момент гашения запятой.

3. Двигаться вместе с прибором в сторону роста показаний на индикаторе, пока не будет локализован источник излучения.

4. Показания прибора сохраняются до момента нажатия кнопки «СБРОС» и запуска дозиметра на новый цикл измерения.

Результаты измерений занести в табл. 5.2.

Результаты измерения мощности дозы

| № измерения | | Показания прибора | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| | | ДРГ-01Т | | ДБГ-06Т | | | |
| | | Мощность экспозиционной дозы, мР/ч | | Мощность экспозиционной дозы, мР/ч | | Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч | |
| | | «Поиск» | «Измерение» | «Поиск» | «Измерение» | «Поиск» | «Измерение» |
| Измер. фона | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | Сред. знач. | | | | | | |
| Измер. вблизи контрольного источника | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | Сред. знач. | | | | | | |

Контрольные вопросы и задания

1. Каков принцип работы газоразрядного счетчика?
2. Дайте определение термину «дозиметр».
3. В каких единицах измеряются доза, мощность дозы рентгеновского и γ -излучения?
4. Для чего предназначены приборы ДРГ-01Т, ДБГ-06Т?
5. Сравните технические характеристики приборов ДРГ-01Т, ДБГ-06Т.
6. Опишите устройство и принцип работы приборов ДРГ-01Т, ДБГ-06Т.
7. Как проводится измерение мощности дозы γ -излучения?

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ И УСТРОЙСТВА ГАММА-РАДИОМЕТРА РКГ-АТ1320А

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки γ -радиометра РКГ-АТ1320А.

2. Приобрести практические навыки по проведению измерений удельной (объемной) активности ^{137}Cs , ^{40}K в различных пробах сельскохозяйственной продукции.

Назначение прибора

Гамма-радиометр РКГ-АТ1320А (рис. 6.1) относится к стационарным средствам измерения спектрометрического типа и может использоваться для радиоэкологического мониторинга объектов окружающей среды и контроля качества продукции в лабораториях радиационного контроля предприятий агропромышленного комплекса, лесного хозяйства, медицинских учреждений, строительных организаций и службами радиационной безопасности других министерств и ведомств.

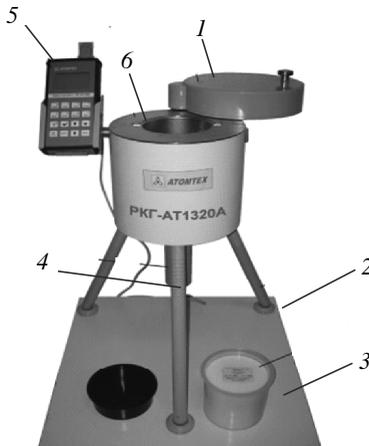


Рис. 6.1. Общий вид γ -радиометра РКГ-АТ1320А:

1 – крышка блока защиты; 2 – ножки с опорами; 3 – измерительный сосуд;
4 – блок детектирования; 5 – блок обработки информации с ЖКИ; 6 – блок защиты

Спектрометрический γ -радиометр РКГ-АТ1320 предназначен:

– для измерения объемной и удельной активности радионуклидов ^{137}Cs ;

– определения удельной эффективной активности природных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в воде, продуктах питания, кормах, почве, строительных материалах, промышленном сырье и других объектах окружающей среды;

– экспресс-анализа металла (стандартизированные пробы плавок металла) на радиационную чистоту; измерения содержания ^{222}Rn в воздухе помещений.

Технические характеристики

Технические характеристики прибора приведены таблице 6.1.

Таблица 6.1

Технические характеристики прибора

| Параметр | Значение |
|--|---|
| Детектор | NaI(Tl) $d = 63 \times 63$ мм |
| Энергетический диапазон γ -излучения | От 50 кэВ до 3 МэВ |
| Диапазон измерений объемной (удельной) активности: ^{137}Cs ^{40}K ^{226}Ra ^{232}Th ^{222}Rn | 3,7– 10^6 Бк/л (Бк/кг) 50– $2 \cdot 10^4$ Бк/л (Бк/кг) 10– 10^4 Бк/л (Бк/кг) 10– 10^4 Бк/л (Бк/кг) 20– 10^3 Бк/м ³ |
| Основная относительная погрешность измерения активности, не более | ± 20 % |
| Диапазон плотностей измеряемых проб | 0,1–3,0 г/см ³ |
| Минимальная измеряемая объемная активность радионуклида ^{137}Cs в питьевой воде для геометрии сосуда Маринелли за время измерения 1 ч со статистической погрешностью ± 50 % ($P = 0,95$) | 5,7 Бк/л |
| Время непрерывной работы, не менее | 24 ч |
| Время установления рабочего режима, менее | 8 мин |
| Питание | 220 В, 50 Гц |

Радиометр обеспечивает:

- регистрацию γ -излучения в диапазоне энергий от 50 до 3000 кЭВ;
- измерение и накопление спектров в диапазоне каналов от 1 до 512;
- запись в память 299 измеряемых спектров с последующим хранением и возможностью считывания;
- стабилизацию энергетической шкалы при использовании контрольной пробы на основе калия хлористого галургического (минерального удобрения), возможность проверки сохранности градуировки с помощью контрольной пробы.

Накопленная информация о спектре γ -излучения пробы выводится на жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и обрабатывается средствами программного обеспечения блоком обработки информации (БОИ). Питание радиометра осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 (+22; –33) В частотой (50 ± 2) Гц с помощью адаптера сетевого (АС).

Измерение производится в сосуде Маринелли емкостью 1 л или в плоских сосудах емкостью 0,5 и 0,1 л.

Устройство прибора

Прибор состоит из блока детектирования (БД), размещенного в блоке защиты (БЗ), блока обработки информации (БОИ), установленного на блоке защиты, и сетевого адаптера (АС) (рис. 6.2).

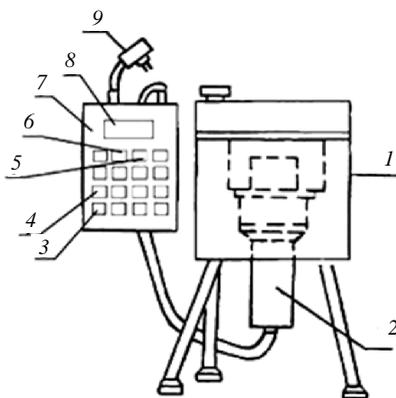


Рис. 6.2. Устройство γ -радиометра РКГ-АТ1320А:

1 – блок защиты (БЗ); 2 – блок детектирования; 3 – кнопка ВКЛ для включения и отключения прибора; 4 – кнопка для подсветки ЖКИ; 5 – кнопка ПУСК для продолжения набора спектра после остановки; 6 – кнопка СТОП для остановки набора спектра; 7 – блок обработки информации (БОИ); 8 – жидкокристаллическое табло; 9 – адаптер сетевой (АС)

Принцип работы прибора

Принцип действия основан на накоплении и хранении амплитудных спектров импульсов в БД. Амплитуда импульсов пропорциональна энергии γ -излучения, преобразуется в цифровой код, который после обработки выводится на жидкокристаллическое табло. В основу принципа работы прибора положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений. В качестве детектора γ -излучения используется сцинтилляционный блок детектирования с кристаллом NaI (Т1) размером 63×63 мм.

Подготовка прибора к работе

Включите радиометр в сеть и нажмите кнопку ВКЛ на блоке обработки информации (БОИ). На экране на несколько секунд появится надпись «АТОМТЕХ», а затем сообщение (рис. 6.3).

| | |
|------------------------------|--------|
| Прогрев прибора | |
| Осталось | 9 : 56 |
| Установите контрольную пробу | |
| Меню – прервать | |

Рис. 6.3. Окно прибора после включения

Прогрев идет в течение 10 мин. В процессе прогрева установите контрольную пробу и закройте БЗ. По окончании прогрева автоматически производится проверка сохранности градуировки радиометра. При прохождении проверки на экране высвечиваются нормируемые и текущие значения скорости счета в имп./с и центра пика в каналах (рис. 6.4).

| | |
|-----------------------|-------|
| Проверка | |
| Скорость счета, имп/с | |
| Центр пика, канал | |
| 27 ± 2,7 | 28,5 |
| 236 ± 46 | 295,3 |
| Меню - прервать | |

Рис. 6.4. Окно прибора во время проверки

Если положение центра пика соответствует нормируемому значению – появится сообщение «Проверка завершена». Извлеките из БЗ контрольную пробу, прибор готов к работе.

Выключение прибора: нажмите 3 раза кнопку ВКЛ/ОТКЛ. В ответ на сообщение «ВЫКЛЮЧИТЬ ПРИБОР?» еще раз нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ.

Проведение измерений

Измерение фоновых характеристик

После включения прибора необходимо измерить фоновые спектры, регистрируемые радиометром в отсутствии источника ионизации (пробы), так как они оказывают существенное влияние на результат исследований, особенно при измерении малых активностей.

Для измерения фоновых характеристик установите в БЗ измерительный сосуд, заполненный дистиллированной водой. Закройте БЗ и нажмите кнопку НАБОР, при этом на ЖКИ появится сообщение (рис. 6.5).

| Параметры набора | |
|--------------------|---|
| Время, с | 0 |
| Масса, г | 0 |
| Геом. Маринелли, л | 1 |
| Ввод – начать | |

Рис. 6.5. Окно прибора «Параметры набора»

В окне редактирования набирают следующие параметры: время набора фоновых спектров – не менее 10 800 с (3 ч); масса пробы – 1000 г; геометрия измерения – сосуд Маринелли объемом 1 л.

Масса прибора – в соответствии с массой воды в установленном сосуде. Геометрическое измерение – в соответствии с установленным сосудом. Радиометр РКГ-АТ1320А измеряет ОА (УА) в сосуде Маринелли (1 л); плоском сосуде (0,5 л); сосуде Дента (0,1).

После набора нажмите кнопку ВВОД. По окончании измерения запишите измеренный спектр в память в качестве рабочего фона.

С этой же целью можно также нажать кнопку МЕНЮ, выбрать в режиме «ИЗМ» функцию «кон. ф», и нажать ВВОД. Появление сообщения «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 ч), 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.

Для отключения прибора нажмите 3 раза кнопку ВКЛ/ОТКЛ. В ответ на сообщение «ВЫКЛЮЧИТЬ ПРИБОР?» еще раз нажмите кнопку ВКЛ/ОТКЛ.

Измерение удельной (УА) и объемной (ОА) активности образцов продукции

Для измерения активности радионуклидов в продукции измерительный сосуд должен быть заполнен исследуемым веществом до отметки или объем пробы должен быть предварительно измерен.

Порядок проведения измерения:

1. Если плотность пробы отлична от 1 г/см³, то необходимо определить массу пробы, используя весы.
2. Поместите сосуд с исследуемой пробой в БЗ и закройте крышку.
3. Нажмите кнопку МЕНЮ, при этом на табло появится изображение поля спектра (исходное состояние).
4. Нажмите кнопку НАБОР. На табло появится сообщение (рис. 6.6).

| Параметры набора | |
|------------------|--------------------------------|
| Время, с | 0 |
| Масса, г | <input type="text" value="0"/> |
| Геом. Маринелли, | 1 л |
| Ввод - начать | |

Рис. 6.6. Окно «Параметры набора»

Перемещая последовательно окно редактирования кнопками «↑», «↓», установите: время измерения 300 с – кнопками цифрового набора; массу образца в граммах – кнопками цифрового набора;

геометрию сосуда в соответствии с используемым измерительным сосудом – кнопкой «←→». При неправильном наборе цифр или необходимости их изменения, стирание информации производится кнопкой «←→». Нажмите кнопку ВВОД на БОИ, при этом начнется измерение активности, на табло появится изображение набираемого спектра. Окончание измерения сопровождается звуковым сигналом. Присвойте номер набранному энергетическому спектру и запишите его в память прибора. Для этого нажмите кнопку МЕНЮ, появится сообщение:

Кнопкой «←→» выберите режим «Спек» и кнопкой «↑» или «↓» – функцию «Запись», нажмите ВВОД. Цифровыми кнопками в окне редактирования присвойте номер набранному спектру от 1 до 299 и нажмите кнопку ВВОД (рис. 6.7).

| | | | |
|-------|------|-----|------|
| Изм | Спек | Обр | Наст |
| набор | | | |
| прод. | | | |
| пров. | | | |
| кон.ф | | | |

Рис. 6.7. Окно прибора во время выбора спектра

5. Для определения удельной активности (УА) радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K нажмите кнопку АКТИВ на БОИ.

6. Для определения объемной активности (ОА) повторно нажмите кнопку АКТИВ. На табло появится сообщение «ИДЕТ РАСЧЕТ», а затем появляется информация (рис. 6.8). В графе «Бк/кг» – измеренная удельная активность соответствующего радионуклида, а в графе «%» – относительная погрешность измерения.

| Нуклид | Бк/кг (л) | % |
|--------|-----------|---|
| Cs-137 | < 20,17 | |
| K-40 | < 309,01 | |

Рис. 6.8. Окно прибора во время определения ОА

Для определения абсолютной погрешности измерения A_m (A_v) радионуклидов нажмите кнопку ТЕСТ.

7. Результаты измерения ОА и УА занесите в табл. 6.2.

Для измерения активности следующей пробы откройте крышку БЗ, извлеките предыдущий образец и вставьте сосуд с новой пробой. Закройте крышку.

Повторите действия пунктов 3–7:

Нажмите на БОИ последовательно кнопки МЕНЮ (исходное состояние), затем НАБОР. Установите:

- время измерения;
- массу образца в граммах;
- геометрию используемого сосуда.

Нажмите кнопку ВВОД. После окончания измерения, присвойте номер полученному результату, сохраните в память прибора. Произведите расчет активностей УА и ОА, для чего нажмите кнопку АКТИВ на БОИ. Результаты измерения занесите в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты измерений

| Контролируемый показатель | Проба № 1 | Проба № 2 | Проба № 3 |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Масса пробы, г | | | |
| Объем пробы, см ³ | | | |
| Плотность пробы, г/см ³ | | | |
| Время измерения, с | | | |
| Удельная активность, Бк/кг (Бк/л): Cs-137 K-40 | | | |
| Абсолютная погрешность измерения Am (Av), Бк/кг (Бк/л): Cs-137 K-40 | | | |

Контрольные вопросы и задания

1. Для каких измерений предназначен γ -радиометр РКГ-АТ1320?
2. На каком методе регистрации ионизирующего излучения основана работа прибора?
3. Опишите устройство прибора.
4. С какой целью контролируется радиационный фон перед измерением активности проб?
5. Перечислите основные технические характеристики γ -радиометра РКГ-АТ1320.
6. Назовите порядок измерения ОА (УА) ^{137}Cs у γ -радиометра РКГ-АТ1320.

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ ДОЗИМЕТРАМИ ДКГ-PM1203М, СИГ-PM1208М, РКС-107

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки приборов ДКГ-PM1203М, СИГ-PM1208М, РКС-107 к работе.
2. Овладеть практическими навыками измерения мощности дозы эквивалентной дозы γ -излучения в исследуемом пространстве приборами ДКГ-PM1203М, СИГ-PM1208М, РКС-107 .
3. Освоить порядок измерения плотности потока β -частиц и последовательность измерения удельной активности ^{137}Cs прибором РКС-107.

1. Дозиметр ДКГ-PM1203М

Назначение прибора

ДКГ-PM1203М (рис. 7.1) является профессиональным дозиметром, предназначенным для использования специалистами, деятельность которых требует постоянного контроля радиационной обстановки и учета накопленной дозы.



Рис. 7.1. Прибор ДКГ-PM1203М

Дозиметр микропроцессорный ДКГ-PM1203М предназначен:
– для измерения мощности амбиентной эквивалентной дозы γ -излучения (МЭД);

- измерения амбиентной эквивалентной дозы γ -излучения (ЭД);
- измерения времени накопления ЭД;
- индикации текущего времени в часах, минутах и секундах, индикации числа и месяца на цифровом жидкокристаллическом индикаторе (дисплее).

Технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Технические характеристики прибора

| Наименование характеристики | Значение |
|---|------------------------|
| Диапазон измерения МЭД | от 0,10 до 2000 мкЗв/ч |
| Диапазон измерения ЭД | от 0,01 до 9999 мкЗв |
| Предел основной относительной погрешности измерений МЭД и ЭД | $\pm 20\%$ |
| Время измерения устанавливается автоматически в пределах | от 1 до 36 с |
| Питание прибора | 2 элемента типа V357 |
| Время непрерывной работы прибора от одного комплекта элементов питания в условиях естественного радиационного фона при включении звукового сигнала не более 2 минут в сутки | 0,5 года |

Устройство и принцип работы прибора

В качестве детектора излучения в приборе используется счетчик Гейгера-Мюллера, преобразующий кванты γ -излучения в электрические импульсы, которые обрабатываются микропроцессором.

Время измерения устанавливается автоматически в обратной зависимости от уровня МЭД: при естественном фоне оно составляет около 36 с; с ростом МЭД уменьшается вплоть до 1 с.

Прибор позволяет устанавливать пороги по величинам МЭД и ЭД. Контроль превышения установленных порогов производится визуально по показаниям на дисплее либо по звуковому сигналу. Измерения МЭД и ЭД производятся непрерывно и независимо от того, какая величина индицируется в данный момент на дисплее.

Прибор имеет следующие режимы работы:

Основные режимы работы:

- режим индикации текущего измеренного значения МЭД;
- режим индикации измеренной ЭД;
- режим индикации текущего времени в часах и минутах.

Проведение измерений

*Порядок измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД)
γ-излучения*

Переход от индикации МЭД к режиму запуска начала измерения МЭД происходит при двойном кратковременном нажатии на кнопку УСТ (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Основной экран прибора

При этом на индикаторе высвечиваются немигающие символы 00,00 мкЗв/ч. Старт режима измерения МЭД осуществляется кнопкой РЕЖ. При этом индикатор переходит в мигающий режим до момента появления первого значения измеренной МЭД. По мере того как прибор измеряет МЭД, заполняется мигающая круговая аналоговая шкала. Мигающая круговая аналоговая шкала служит для индикации режима запуска начала измерения МЭД. Не подсвеченная аналоговая шкала соответствует статистической погрешности более 100 %, полностью заполненная не более 20 %.

Запись в память измеренного значения МЭД осуществляется кнопкой РЕЖ. Выход из предстартового режима МЭД, досрочный выход из режима измерения МЭД и выход из режима после записи в память осуществляется кнопкой УСТ.

Порядок работы в режиме запуска измерения МЭД следующий:

- 1) перевести прибор в состояние готовности к запуску измерения МЭД;

- 2) установить прибор в предполагаемую точку замера МЭД;
- 3) кнопкой РЕЖ произвести старт измерения;
- 4) снять показания прибора после полного заполнения круговой аналоговой шкалы или с помощью кнопки РЕЖ записать измеренное значение в память прибора;
- 5) с помощью кнопки УСТ выйти из режима запуска измерения МЭД.

При измерении МЭД следует учитывать то, что время установления показаний МЭД изменяется автоматически в зависимости от МЭД.

Порядок измерения эквивалентной дозы (ЭД) γ -излучения

Переход от индикации ЭД к режиму индикации времени (в часах), в течение которого осуществлялось накопление ЭД, происходит при кратковременном нажатии на кнопку УСТ (см. рис. 7.2). Если не пользоваться кнопками, то примерно через 5 с прибор автоматически возвратится к индикации ЭД.

Если в режиме индикации времени, в течение которого осуществлялось накопление дозы, повторно кратковременно нажать кнопку УСТ, то прибор перейдет в режим обмена с персональным компьютером. При этом на индикаторе высвечивается надпись IrdA. Прибор будет находиться в режиме обмена с персональным компьютером до полного завершения передачи информации (около 5 с).

2. Сигнализатор-индикатор γ -излучения СИГ-PM1208M

Назначение и устройство прибора

Сигнализатор-индикатор γ -излучения СИГ-PM1208M (рис. 7.3), выполненный в виде наручных часов (часовой механизм швейцарского производства Ronda 763). Стальной корпус обеспечивает надежную работу прибора в любых условиях. Сигнализатор способен сохранять данные о 500 событиях во встроенной энергонезависимой памяти. Сертифицирован в системе добровольной сертификации средств измерений.



Рис. 7.3. Сигнализатор-индикатор гамма-излучения СИГ-PM1208М

Энергонезависимая память сигнализатора обеспечивает запись в историю до 500 значений МЭД и ЭД через программируемый интервал времени, сохранение информации о накопленной дозе, времени накопления ЭД, значений установленных порогов ЭД и МЭД. С помощью специального программного обеспечения информация с прибора может быть передана через ИК-канал связи на компьютер для дальнейшего анализа и систематизации.

Конструктивно сигнализатор-индикатор СИГ-PM1208М выполнен в виде наручных часов в металлическом водонепроницаемом корпусе и оснащен дополнительными функциями будильника и календаря. Электролюминесцентная подсветка прибора позволяет считывать информацию с дисплея даже при отсутствии внешнего освещения.

Технические характеристики

Основные технические характеристики СИГ-PM1208М приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Технические характеристики СИГ-PM1208М

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-------------------|
| Габаритные размеры, не более | 50 мм×45 мм×20 мм |
| Масса сигнализатора (без браслета), не более | 95 г |

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------------------------|
| Детектор | Счетчик Гейгера-Мюллера |
| Диапазон регистрации и индикации мощности дозы | От 0,1 мкЗв/ч до 4 мЗв/ч |
| Диапазон установки порогов по мощности дозы | От 0,1 мкЗв/ч до 4 мЗв/ч |
| Точность регистрации: – мощности дозы – эквивалентной дозы | $\pm 30\%$ $\pm 25\%$ |
| Диапазон энергий | 0,06–1,50 МэВ |
| Питание сигнализатора | 1 элемент CR 2032 |
| Среднее время непрерывной работы сигнализатора от одного элемента питания (CR 2032) при естественном радиационном фоне | Не менее 12 месяцев |
| Механизм кварцевых часов | Ronda 763 (Швейцария) |
| Питание механизма кварцевых часов | 1 элемент SR621SW |
| Срок энергетической автономности механизма кварцевых часов (при питании от элемента SR621SW) | Не менее 36 месяцев |
| Устойчивость к давлению воды/погружению на глубину | До 10 бар/до 100 м |
| Рабочая температура | От 0 °С до +45 °С |

3. Радиометр-дозиметр РКС-107

Назначение прибора

РКС-107 – комбинированный прибор, выполняющий функции дозиметра и радиометра. Прибор предназначен для индивидуального контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях.

Прибор обеспечивает возможность измерения:

- мощности эквивалентной дозы γ -излучения (мкЗв/ч);
- плотности потока β -излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (стронций-90 + иттрий-90);

– удельной (объемной) активности радионуклида ^{137}Cs в водных растворах (Бк/г).

Технические характеристики

Диапазон измерений:

- мощности эквивалентной дозы γ -излучения от 0,1 до 999 мкЗв/ч;
- плотности потока β -излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, от 0,1 до 999 $1/(\text{с} \cdot \text{см}^2)$;
- удельной активности радионуклида ^{137}Cs от 2 до 9990 Бк/г.

Пределы допускаемых значений основных относительных погрешностей измерений зависят от диапазона проводимых измерений и изменяются в сторону уменьшения при увеличении значений измеряемых величин:

- мощности эквивалентной дозы γ -излучений от $\pm 30\%$ до $\pm 20\%$;
- плотности потока β -излучения с поверхности от $\pm 45\%$ до $\pm 25\%$;
- удельной активности радионуклида ^{137}Cs от $\pm 35\%$ до $\pm 25\%$.

Время непрерывной работы РКС-107 не менее 8 ч. Для питания прибора используется аккумуляторная батарея напряжением 9 В.

В приборе предусмотрена звуковая индикация превышения пороговых значений мощности эквивалентной дозы γ -излучения 0,6 мкЗв/ч и выше (до 1,2 мкЗв/ч).

Устройство прибора

Прибор представляет собой носимую конструкцию, состоящую из корпуса 2 и крышки, скрепленных между собой. К крышке (основанию прибора) крепятся две легкоъемные крышки – крышка отсека питания 4 и крышка-фильтр 3. Общий вид прибора показан на рис. 7.4.

В корпусе смонтированы все элементы электрической схемы прибора: два газоразрядных счетчика СБМ-20, устройство управления, счетчик импульсов, преобразователь напряжения, табло жидкокристаллического индикатора, делитель частоты, таймер, устройство звуковой сигнализации.

На лицевой панели прибора расположены табло жидкокристаллического индикатора и четыре кнопки: для включения прибора (ВКЛ), выбора режима его работы (РЕЖИМ), пуска счетной схемы (ПУСК) и выключения (ВЫКЛ).

На тыльной стороне прибора в верхней части имеется окно, закрытое крышкой, в которое выведен разъем для возможного подключения внешнего блока детектирования (в комплект прибора не входит).

В средней части крышки находится крышка-фильтр. Если крышка-фильтр установлена, то прибор регистрирует только фоновое γ -излучение. При работе прибора в режимах радиометра и при измерении плотности потока β -излучения, удельной активности эта крышка снимается, счетчики излучений оказываются закрытыми только пленочными фильтрами.

Требуемый режим измерения выбирается нажатием кнопки РЕЖИМ, при котором на табло индикатора указатель режима работы (символ черная полоса) перемещается на единицу измерения определяемой величины.



Рис. 7.4. Общий вид прибора:

- 1 – жидкокристаллический индикатор; 2 – корпус прибора; 3 – крышка-фильтр;
- 4 – крышка отсека питания; 5 – газоразрядные счетчики;
- 6 – крышка, закрывающая окно для подключения выносного блока

Аккумуляторная батарея устанавливается в нижний отсек, закрываемый съемной крышкой 4, и подключается к контактам печатной платы. До начала эксплуатации батарея должна быть заряжена с помощью зарядного устройства, входящего в комплект прибора.

На крышке-фильтре нанесены знаки:

« ∇ » – показывает направление перемещения запирающей защелки при снятии крышки-фильтра;

«+» – указывает центр плоскости расположения детекторов излучения; от него рассчитываются расстояния до образцовых и контрольных γ -источников при градуировке и поверке прибора.

На крышке отсека питания расположена стрелка « \downarrow », указывающая направление перемещения этой крышки при ее снятии.

Принцип работы прибора

В приборе применен ионизационный метод регистрации излучений, при котором используется эффект ионизации газовой среды, вызываемый воздействием на нее ионизирующего излучения. Для преобразования энергии ионизирующих излучений в энергию электрического тока используются газоразрядные счетчики.

При прохождении ионизирующей частицы через газовую среду образуются ионы, которые собираются на электродах счетчика. Положительные ионы движутся к катоду, отрицательные – к аноду. В электрической цепи прибора начинает проходить ток, который регистрируется измерительным устройством. По значению этого тока можно судить об интенсивности излучения или отсчитывать число зарегистрированных частиц по появляющимся импульсам, то есть при попадании в рабочие объемы газоразрядных счетчиков γ -квантов и β -частиц на нагрузках счетчиков появляются импульсы, частота следования которых пропорциональна измеряемой величине. Импульсы, появившиеся в счетчике, поступают в устройство управления, где преобразуются в импульсы стандартной амплитуды и передаются на счетчик импульсов. Он подсчитывает импульсы, на табло высвечиваются результаты измерений.

После прекращения воздействия ионизирующих излучений на счетчик ток в цепи исчезает, так как газ внутри счетчика является изолятором.

Подготовка прибора к работе

Проверка работоспособности прибора:

– нажать кнопку включения (ВКЛ), при этом на табло жидкокристаллического индикатора должны появиться символы «000» и рядом с надписью «мкЗв/ч» (режим измерения мощности эквивалентной дозы) символ указателя режима работы (черная черта);

– нажать кнопку ПУСК, при этом на табло появится точка между 1-м и 2-м цифровыми символами и начнет пульсировать символ (–) указатель режима работы. Через $53 \pm 1,2$ с прибор должен зарегистрировать значение мощности эквивалентной дозы внешнего фона γ -излучения в микрозивертах в час. В момент регистрации измеренной величины раздается кратковременный звуковой сигнал. Указатель режима работы перестает пульсировать, показания устанавливаются и остаются до повторного нажатия кнопки ПУСК, автоматического выключения (встроенной схемой) прибора или выключения прибора кнопкой ВЫКЛ оператором.

Прибор работоспособен, если он регистрирует на табло внешний фон γ -излучения, символ разряда батареи отсутствует, а прибор автоматически отключается через 20–400 с после окончания измерений;

– выключить прибор кнопкой ВЫКЛ.

Аналогично проверяется работоспособность прибора при других положениях указателя режима работы – « $1/(с \cdot см^2)$ » (режим измерения плотности потока β -излучения) и «Бк/г $\times 10$ » (режим измерения удельной активности радионуклида ^{137}Cs).

Режим работы выбирается нажатием кнопки РЕЖИМ.

Время измерений будет равным соответственно $37 \pm 1,0$ с и 240 ± 6 с.

На этом подготовку прибора к работе и проверку его работоспособности заканчивают.

Проведение измерений

Измерение мощности эквивалентной дозы γ -излучения

Включите прибор, нажав кнопку ВКЛ. При каждом включении прибора раздается кратковременный звуковой сигнал, а на табло появляется информация в соответствии с рис. 7.5.

Указатель режима работы прибора при включении устанавливается в положение «мкЗв/ч».



Рис. 7.5. Вид экрана при включении

Нажмите кнопку ПУСК. При каждом нажатии кнопки также раздается кратковременный звуковой сигнал, а на табло жидкокристаллического индикатора появляется точка (рис. 7.6). Указатель

режима работы начнет пульсировать, а прибор начнет регистрировать измеряемую величину, в данном случае величину мощности эквивалентной дозы внешнего γ -излучения в микрозивертах в час.

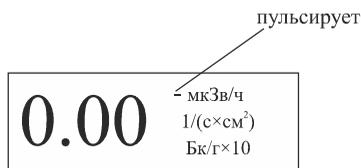


Рис. 7.6. Вид экрана при замерах

В конце цикла измерения (через $53 \pm 1,2$ с) вновь раздается звуковой сигнал, указатель режима перестанет пульсировать, а на табло зафиксируется результат измерения (на примере, приведенном на рис. 7.7, он равен $0,12$ мкЗв/ч).

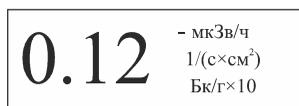


Рис. 7.7. Вид экрана в конце цикла измерений

При малых значениях мощности эквивалентной дозы для получения более точного результата измерения целесообразно снять несколько отсчетов показаний прибора, записать их и за измеренное значение принять их среднее арифметическое. При этом выключать и включать прибор нет необходимости. После индикации результата измерения одного отсчета нужно лишь вновь нажать кнопку ПУСК и дождаться повторного результата измерения.

Выполнить измерение 5 раз и найти среднее значение измеренной мощности дозы ($MД_{изм}$).

Результат измерения запишите в виде

$$MД = MД_{изм} \pm \Delta . \quad (7.1)$$

Значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{MД_{изм} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (7.1)$$

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

Если результат меньше нижнего предела измерений (0,10 мкЗв/ч), то его записывают в виде МД = 0,10 мкЗв/ч.

Выключите прибор, нажав кнопку ВЫКЛ.

Измерение плотности потока β -излучения с поверхности, загрязненной радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

Включите прибор, нажав кнопку ВКЛ.

Нажав кнопку РЕЖИМ, установите указатель режима работы прибора в положение « $1/(с \times см^2)$ » (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Вид экрана в режиме « $1/(с \times см^2)$ »

Расположив прибор относительно исследуемой поверхности на расстоянии не менее 150 см, нажмите кнопку ПУСК.

В конце цикла измерения (через $37 \pm 1,0$ с) раздается кратковременный звуковой сигнал, указатель режима прекратит пульсировать, а на табло отобразится результат измерения. Снимите отсчет фонового показания прибора. На примере, приведенном на рис. 7.9, он равен 0,09 $1/(с \times см^2)$. Запишите результат.



Рис. 7.9. Вид экрана в конце цикла измерений с закрытой крышкой

Повторите измерения не менее 5 раз и найдите среднее арифметическое отсчетов показаний (P_{ϕ}) в β -частицах в секунду с квадратного сантиметра.

Выключите прибор, нажав кнопку ВЫКЛ.

Снимите заднюю крышку-фильтр (поз. 3 на рис. 7.4), поднесите прибор к исследуемой поверхности на расстояние не более 1 см

от нее. Включите прибор кнопкой ВКЛ, кнопкой РЕЖИМ установите режим «1/(с×см²)», затем нажмите кнопку ПУСК, снимите отсчет показаний прибора. На примере, приведенном на рис. 7.10, он равен 0,24 1/(с×см²). Запишите результат.



Рис. 7.10. Вид экрана в конце цикла измерений с открытой крышкой

При малых значениях измеряемой величины плотности потока излучения с поверхности рекомендуется снимать не менее 5 отсчетов показаний и находить их среднее арифметическое (P_{ϕ}).

Определите загрязненность поверхности β -излучающими радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, характеризующуюся величиной плотности потока β -частиц с поверхности (P_{β}), по формуле (7.3):

$$q = N_{\gamma+\beta} - N_{\gamma}, \quad (7.3)$$

где $N_{\gamma+\beta}$ – измеренное значение плотности потока излучения с поверхности (прибор без крышки-фильтра);

N_{γ} – фоновое показание прибора в β -частицах в секунду с квадратного сантиметра (прибор с крышкой-фильтром).

В примерах, показанных на рис. 7.9–7.10, измеренное значение плотности потока равно

$$q = 0,24 - 0,09 = 0,15 \text{ 1/(с} \cdot \text{см}^2\text{)}.$$

Результат измерений запишите в виде

$$q = q_{\text{изм}} \pm \Delta, \quad (7.4)$$

значение погрешности Δ рассчитайте по формуле

$$\Delta = \frac{q_{\text{изм}} \cdot \theta}{100 \%}, \quad (7.5)$$

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

Сделайте заключение по результатам измерений.
Выключите прибор кнопкой ВЫКЛ. Установите крышку-фильтр на место.

*Измерение удельной (объемной) активности
радионуклида ^{137}Cs в водных растворах*

Снимите заднюю крышку-фильтр.

Заполните измерительную кювету (половину упаковки прибора) заведомо чистой в радиационном отношении водой до метки-буртика внутри кюветы; установите прибор на кювету, как это показано на рис. 7.11.



Рис. 7.11. Вид прибора, установленного на кювету

Включите прибор кнопкой ВКЛ. Нажимая дважды кнопку РЕЖИМ, установите указатель режима работы прибора в положение «Бк/г×10» (рис. 7.12).



Рис. 7.12. Вид экрана в режиме «Бк/г×10»

Нажмите кнопку ПУСК. После звукового сигнала окончания цикла измерения (через $240 \pm 6,0$ с) снимите отсчет фонового показания прибора. На примере, показанном на рис. 7.13, он равен $0,51 \text{ Бк/г} \times 10$. Запишите результат.



Рис. 7.13. Вид экрана после окончания цикла измерений

Повторите измерения не менее 5 раз, найдите среднее арифметическое отсчетов показаний, умножьте результат на 10, получив результат измерения фоновых показаний (A_{ϕ}) в беккерелях на грамм, запишите его. Выключите прибор и снимите его с кюветы.

Вылейте воду из кюветы, просушите ее и заполните исследуемым водным раствором до той же метки.

Вновь установите прибор на кювету, включите прибор кнопкой ВКЛ.

Нажимая дважды кнопку РЕЖИМ, установите указатель режима работы прибора в положение «Бк/г $\times 10$ ». Нажмите кнопку ПУСК. После звукового сигнала окончания цикла измерения (через $240 \pm 6,0$ с) после нажатия кнопки снимите отсчет показания удельной (объемной) активности прибора. На примере, показанном на рис. 7.14, он равен $0,94 \text{ Бк/г} \times 10$. Запишите результат.



Рис. 7.14. Вид экрана в конце цикла измерений «Бк/г $\times 10$ »

При малых значениях удельной (объемной) активности радионуклида ^{137}Cs рекомендуется снимать не менее 5 отсчетов показаний, находить их среднее арифметическое и умножать его на 10.

По формуле (7.6) рассчитайте величину удельной (объемной) активности радионуклида ^{137}Cs в водном растворе ($A_{и}$) в беккерелях на грамм:

$$A_{и} = A_{и+\phi} - A_{\phi}. \quad (7.6)$$

На примерах, показанных на рис. 7.13, 7.14, измеренное значение активности равно:

– в беккерелях на грамм:

$$A_{и} = 9,4 - 5,1 = 4,3 \text{ Бк/г};$$

– в беккерелях на килограмм (результат надо умножить на 1000):

$$A_{и} = 4,3 \cdot 1000 = 4300 \text{ Бк/кг};$$

– в кюри на килограмм (результат измерения надо умножить на $2,7 \cdot 10^{-11}$):

$$A_{и} = 4300 \cdot 2,7 \cdot 10^{-11} = 11,61 \cdot 10^{-7} \text{ Ки/кг}.$$

Снимите прибор с кюветы, выключите и установите крышку-фильтр на прежнее место.

Вылейте анализируемый водный раствор, просушите кювету; при необходимости произведите дезактивацию кюветы с применением синтетических моющих средств.

Индикация превышения пороговых значений мощности эквивалентной дозы γ -излучения, перегрузки прибора счетной информацией и разряда батареи питания

При измерениях мощности эквивалентной дозы γ -излучения 0,6 мкЗв/ч и выше (до 1,2 мкЗв/ч) на табло жидкокристаллического индикатора после повторного нажатия кнопки ВКЛ индицируются символы, показанные на рис. 7.15, и включается звуковой сигнал.



Рис. 7.15. Показания прибора при дозах γ -излучения 0,6 мкЗв/ч и выше

При измерении величин мощности эквивалентной дозы γ -излучения, равных или превышающих 1,2 мкЗв/ч, на табло жидкокристаллического индикатора после повторного нажатия кнопки ВКЛ символ «~» (рис. 7.16) начинает пульсировать, увеличивается частота звукового сигнала.

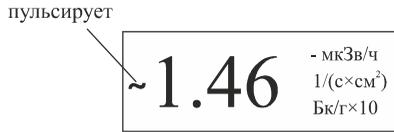


Рис. 7.16. Показания прибора при дозах излучения, равных или превышающих 1,2 мкЗв/ч

При перегрузке прибора счетной информацией, когда измеряемая величина превышает значения верхних пределов диапазонов измерений, на табло перед 3-разрядным числом появляется символ, показанный на рис. 7.17.



Рис. 7.17. Показания прибора, когда измеряемая величина превышает значения верхних пределов диапазонов измерений

При разряде аккумуляторной батареи до напряжения ниже 7,0 ±0,5 В на табло индицируется соответствующий символ (рис. 7.18).

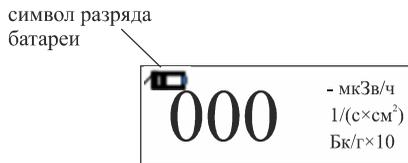


Рис. 7.18. Показания прибора при разряде батареи

В этом случае необходимо прекратить измерение, выключить прибор, извлечь аккумуляторную батарею и зарядить ее при помощи зарядного устройства, входящего в комплект прибора.

Порядок выполнения лабораторной работы

Установить дозиметр-радиометр РКС-107 над исследуемым образцом и произвести измерения мощности эквивалентной дозы γ -излучения (все измерения выполняются 5 раз). Результаты измерений занести в табл. 7.3 и проанализировать.

Выполнить измерения плотности потока β -излучения с исследуемых поверхностей на расстоянии 150 см (с закрытой крышкой-фильтром) и на расстоянии 1 см (крышка-фильтр снята). Полученные показания прибора подставить в формулу (7.3), значения занести в табл. 7.4 и проанализировать полученные результаты измерения.

Провести измерения удельной (объемной) активности радионуклида ^{137}Cs в воде и в исследуемом образце. Полученные показания прибора подставить в формулу (7.6), значения занести в табл. 7.5 и проанализировать полученные результаты измерения.

Таблица 7.3

Результаты измерений мощности эквивалентной дозы γ -излучения (мкЗв/ч)

| № измерения | Исследуемое пространство | Мощность эквивалентной дозы γ -излучения ($P_{\text{экв}}$) в исследуемом пространстве | Значение естественного радиационного γ -фона |
|-------------|--------------------------|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| Средн. | | | |

Таблица 7.4

Результаты измерений плотности потока β -излучения с исследуемой поверхности для определения загрязненности радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, $1/(\text{с}\cdot\text{см}^2)$

| № измерения | Исследуемая поверхность | Показания прибора с установленной крышкой-фильтром, N_{γ} | Показания прибора без крышки-фильтра, $N_{\gamma+\beta}$ | Плотность потока β -излучения, q |
|-------------|-------------------------|--|--|--|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Средн. | | | | |

Таблица 7.5

Результаты измерений удельной (объемной) активности радионуклида ^{137}Cs в исследуемом образце, Бк/г-10

| № | Исследуемый образец | Фоновое показание A_{ϕ} | Активность исследуемого образца $A_{и+ф}$ | Удельная (объемная) активность радионуклида ^{137}Cs $A_{и+ф} - A_{\phi}$ |
|--------|---------------------|------------------------------|---|--|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Средн. | | | | |

Контрольные вопросы и задания

1. В каких целях используют прибор ДКГ-PM1203M?
2. Назовите порядок проведения измерений ДКГ-PM1203M.
3. В каких целях используют сигнализатор-индикатор СИГ-PM1208M?
4. Для чего предназначен прибор РКС-107?
5. Как применяется прибор РКС-107 на практике?
6. Опишите устройство и принцип работы прибора РКС-107.
7. Назовите порядок измерения мощности эквивалентной дозы γ -излучения.
8. Перечислите последовательность измерения плотности потока β -излучения с загрязненных поверхностей радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.
9. Опишите порядок измерения удельной (объемной) активности ^{137}Cs в водных растворах.

Лабораторная работа № 8

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОМЕТРАМИ РУБ-91, РУГ-91 УДЕЛЬНОЙ И ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цели работы:

1. Изучить назначение, основные технические характеристики, устройство, принцип работы и порядок подготовки β -радиометра РУБ-91 «АДАНИ» и γ -радиометра РУГ-91 «АДАНИ» к работе.

2. Освоить методики γ -радиометрического определения с использованием РУГ-91 объемной и удельной активности продуктов питания, воды, сырья и других материалов, обусловленной содержанием в них ^{134}Cs , ^{137}Cs и ^{40}K .

1. Бета-радиометр РУБ-91 «АДАНИ»

Назначение прибора

Бета-радиометр РУБ-91 «АДАНИ» предназначен для измерения удельной (объемной) активности радионуклидов ^{90}Sr (стронция-90) в природных объектах и продуктах питания с соответствующей подготовкой проб.

Технические характеристики

Основные рабочие условия эксплуатации β -радиометра:

- температура окружающего воздуха от $+10\text{ }^\circ\text{C}$ до $+35\text{ }^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха 75 % при $+30\text{ }^\circ\text{C}$.

Защита от внешнего радиационного фона выполнена в виде свинцового экрана толщиной 40 мм и общей массой 65 кг.

Диапазон измеряемой удельной (объемной) активности ^{90}Sr составляет от 1,8 до $1,7 \cdot 10^4$ Бк/кг (от 0,2 до 2000 Бк на пробу).

Индикация ^{40}K предусмотрена в том случае, если активность ^{40}K в измеряемой пробе составляет не менее 5 Бк.

Бета-радиометр обеспечивает измерение удельной активности ^{90}Sr в присутствии радионуклида ^{137}Cs .

Прибор позволяет проводить измерения в твердых и сыпучих образцах, сухих продуктах питания, а также пробах почв на фоне

радионуклидов техногенного происхождения: ^{137}Cs (цезия-137), ^{106}Ru (рутения-106), ^{144}Ce (церия-144) и естественного радионуклида ^{40}K (калия-40). Соответствующая подготовка пробы (сушка, озонирование и т. д.) позволяет измерять активности проб до 1,8 Бк/кг.

Предел допустимой основной относительной погрешности измерений радионуклида ^{90}Sr не превышает 35 %.

Время установления рабочего режима – не более 60 мин.

Время измерения собственного фона радиометра должно быть не более 10^4 с, активности пробы – в диапазоне от 100 до 10 000 с.

Устройство прибора

Бета-радиометр (рис. 8.1) состоит из блока детекторов, в котором расположены сцинтилляторы С1 и С2 и фотоэлектронные умножители (ФЭУ) Ф1 и Ф2, и блока анализаторов с кнопками управления прибором. Сцинтилляторы С1 и С2 совместно с ФЭУ Ф1 и Ф2 образуют два детектора, диаметрально расположенных относительно исследуемого образца. Наличие двух сцинтилляционных детекторов обеспечивает практически полный (4π) угол регистрации.



Рис. 8.1. Общий вид β -радиометра РУБ-91 «АДАНИ»:

1 – исследуемый образец (проба); 2 – предметный столик;

3 – кнопка включения и выключения прибора;

4 – кнопка включения высоковольтных источников питания ФЭУ;

5 – блок анализаторов

Режим работы прибора задается с помощью кнопок, расположенных на передней панели блока анализаторов (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Передняя панель блока анализатора:

- 1 – цифровое табло; 2 – кнопка включения и выключения прибора;
- 3 – кнопка отмены ошибочной команды;
- 4 – кнопки вывода на цифровое табло активности пробы;
- 5 – кнопка включения измерения фона; 6 – блок кнопок задания времени набора;
- 7 – кнопки задания характеристик пробы

Блок 4 «РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ» включает:

- кнопки «90Sr + 90Y» и «40K», которые служат для вывода на цифровое табло 1 количественного содержания в пробе соответствующих радионуклидов;
- кнопку «ПОГРЕШНОСТЬ», предназначенную для вывода на цифровое табло вычисленной погрешности определения содержания радионуклидов в пробе.

Блок 6 «ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ · 103 с» содержит кнопки для задания времени набора в пределах от 1·10² до 1·10⁴ с.

Блок 7 «ПЛОТНОСТЬ, г·см⁻³» содержит кнопки для задания объемных характеристик измеряемой пробы: «0...0,7», «0,7...1,2», «1,2...1,7».

Выполнение соответствующей команды при нажатии любой из кнопок подтверждается звуковым сигналом. При этом загорается соответствующий этой кнопке светодиод. Светодиоды «Бк/пр» и «кБк/пр», расположенные на цифровом табло, служат для индикации единицы измерения вычисляемой активности пробы.

Принцип работы прибора

Принцип действия β -радиометра РУБ-91 «АДАНИ» основан на анализе амплитудного распределения импульсов, возникающих в сцинтилляционном датчике при попадании в него β -частиц.

Вычисление активности исследуемого образца производится на основе сравнения полученного амплитудного распределения с функциями формы, записанными в памяти β -радиометра.

Методика приготовления проб для измерения на β -радиометре РУБ-91 «АДАНИ»

Пробег β -частиц имеет важное значение для определения оптимальной толщины пробы измеряемого образца. β -частицы легко поглощаются слоем конденсированного вещества миллиметровой толщины. Поэтому в исследуемой пробе фактически излучает в окружающую среду только тонкий поверхностный слой пробы, которую необходимо специально готовить. Для подготовки проб для измерения на бета-радиометре используют метод концентрирования радиоактивного стронция.

Пробы воды концентрируют различными способами: выпариванием, осаждением и ионным обменом.

Пробу почвы взвешивают целиком с растительным покровом, высушивают до воздушно-сухого состояния и прокаливают целиком при температуре 550 °С в течение 6–8 часов до полного удаления органического вещества (периодически пробу вынимают из печи и перемешивают). Прокаленную пробу взвешивают.

Отбирают 3 пробы массой до 100 г каждая и на радиометре РУБ-91 измеряют их β -радиоактивность. Проба считается хорошо гомогенизированной, если результаты измерений не различаются более, чем в 1,5–2,0 раза от среднего значения. Если различия превышают указанную величину, то повторяют перемешивание. Для радиометрического анализа отбирают среднюю пробу.

Пробу растительности и продуктов питания растительного происхождения взвешивают, измельчают ножом или на мясорубке, помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре 100 °С–120 °С. Сухую пробу обугливают на электрической плитке и оголяют в муфельной печи при температуре 600 °С–700 °С.

Мясо и мышцы рыбы отделяются от костей, нарезаются мелкими кусками, высушиваются под инфракрасной лампой, обугливаются на электроплитке и озоляют при температуре 600 °С–700 °С. Свежее молоко выпаривают в широкой эмалированной или алюминиевой кастрюле.

Для любого вида продукции объем пробы, размещенной в измерительной кювете, должен соответствовать ее объему – 30 см, отличаясь от него не более чем на ± 10 %.

2. Гамма-радиометр РУГ-91 «АДАНИ»

Назначение прибора

Двухканальный γ -радиометр удельной активности радионуклидов РУГ-91 «АДАНИ» предназначен для измерения суммарной удельной (объемной) активности радионуклидов ^{134}Cs , ^{137}Cs и удельной (объемной) активности ^{40}K в загрязненных радионуклидами пробах, в частности в продуктах питания, питьевой воде, грунтах и т. д.

Технические характеристики

Основные технические характеристики прибора представлены в табл. 8.1

Таблица 8.1

Основные технические характеристики РУГ-91 «АДАНИ»

| Параметр | Значение | |
|---|------------|------------|
| <i>Диапазоны измерений</i> | | |
| ОА (УА) радионуклидов Cs, Бк/л (Бк/кг) | 18–5000 | 60–50 000 |
| ОА (УА) радионуклидов K, Бк/л (Бк/кг) | 200–50 000 | 500–50 000 |
| Время измерения | 20 мин | 2 мин |
| <i>Пределы основной относительной погрешности измерения</i> | | |
| ОА (УА) радионуклидов Cs в диапазонах: | | |
| 18–30 Бк/л | $\pm 50\%$ | |
| 30–100 Бк/л | $\pm 30\%$ | |
| 100–1000 Бк/л | $\pm 10\%$ | |
| 1000–5000 Бк/л | $\pm 5\%$ | |
| 60–100 Бк/л | | $\pm 50\%$ |
| 100–600 Бк/л | | $\pm 30\%$ |
| 600–10 000 Бк/л | | $\pm 10\%$ |
| 10 000–50 000 Бк/л | | $\pm 5\%$ |
| ОА (УА) радионуклида K | $\pm 50\%$ | |
| <i>Пределы дополнительной относительной погрешности измерения</i> | | |
| при наличии радионуклида ^{40}K | $\pm 2\%$ | |
| при отклонении температуры | $\pm 1\%$ | |
| при отклонении напряженности магнитного поля | $\pm 25\%$ | |

| Параметр | Значение |
|--|---|
| при изменении внешнего фона гамма-излучения | $\pm 25\%$ |
| <i>Условия эксплуатации</i> | |
| Температура окружающего воздуха | от $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Относительная влажность воздуха при температуре до $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ | до 75% |
| Атмосферное давление | 84,0–106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.) |
| Напряженность магнитного поля | 400 А/м |
| Внешний фон гамма-излучения | 0,5 мкЗв/ч |
| Время установления рабочего режима | 30 мин |
| Питание (от сети) | 220 В |

Устройство прибора

Гамма-радиометр состоит из конструктивно объединенных между собой блока защиты, блока детектирования, устройства селекции, устройства обработки, устройства индикации и управления. Функциональная схема γ -радиометра приведена на рис. 8.3.

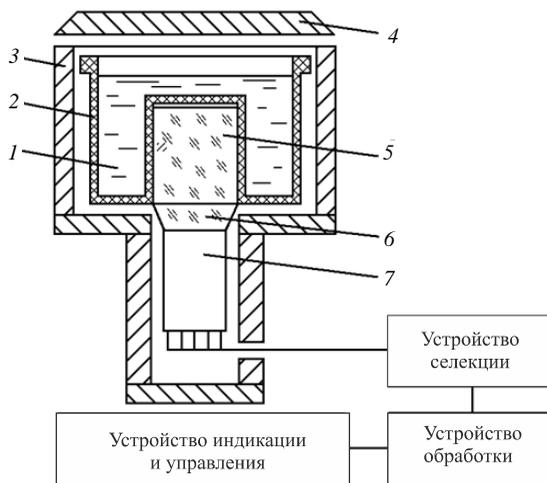


Рис. 8.3. Функциональная схема γ -радиометра РУГ-91:

1 – проба; 2 – кювета; 3 – свинцовый защитный экран; 4 – защитная крышка;
5 – сцинтиллятор – CsI(Tl); 6 – световод; 7 – фотоэлектронный умножитель

Принцип действия прибора

Принцип действия γ -радиометра основан на подсчете числа световых импульсов, возникающих под действием γ -квантов в сцинтилляционном детекторе. Число зарегистрированных в единицу времени световых импульсов связано с активностью исследуемого образца.

Подготовка прибора к работе

Исследуемый образец 1 (проба) размещен в кювете 2, в качестве которой используется сосуд Маринелли объемом 0,5 л. Кювета с пробой устанавливается внутрь свинцового защитного экрана 3, уменьшающего влияние внешнего фонового излучения. Сверху экран закрывается свинцовой защитной крышкой 4. Световые вспышки, возникающие в сцинтилляторе 5, через световод 6 попадают на фотокатод фотоэлектронного умножителя 7 и преобразуются в электрические импульсы, которые после усиления поступают в устройство селекции. Устройство селекции производит сортировку импульсов по их амплитудам (пропорционально энергии γ -квантов). Устройство обработки управляет работой устройства селекции и вычисляет характеристики ионизирующего излучения. Устройство индикации и управления задает режим работы γ -радиометра и индицирует на табло результат измерения.

Проведение измерений

Порядок проведения измерений:

1. Необходимые для радиометрического анализа пробы взвесить. Данные по объему и массе записать в табл. 8.2.
2. Подсоединить сетевой шнур к питающей сети 220 В. Нажать кнопку СЕТЬ. Выход γ -радиометра на рабочий режим сопровождается звуковым сигналом и высвечиванием «0» во всех разрядах табло.
3. Заполнить кювету дистиллированной водой (500 мл), установить ее внутрь свинцового экрана и закрыть защитную крышку.
4. Нажать кнопку «ФОН». Проконтролировать включение режима по загоранию светодиода над кнопкой и звуковому сигналу.
5. Нажать кнопку времени измерения «2 мин». Фон измеряется одновременно по двум каналам: ^{40}K и ^{137}Cs . В процессе измерения фона на табло индицируется обратный отсчет времени измерения (с).
6. По окончании измерения фона нажать поочередно кнопку «КАЛИЙ-40» и «ЦЕЗИЙ-137». На табло поочередно индицируется значение фона. Измеренные значения автоматически заносятся в память прибора и затем вычитаются из показаний проб.

ВНИМАНИЕ! После измерения фона пользоваться кнопкой СБРОС нельзя (из памяти стираются показания фона).

7. Подготовленную кювету с пробой установить внутри свинцового экрана и закрыть защитную крышку.

8. Нажать кнопку «ПРОБА», а затем время измерения «2 мин». Над выбранной кнопкой загорается светодиод и раздается звуковой сигнал. Измерение активности пробы идет одновременно по двум каналам: ^{40}K и ^{137}Cs . В процессе измерения на табло индицируется обратный отсчет времени измерения (в секундах). **ВНИМАНИЕ!** 20-минутные измерения необходимо проводить для малоактивных проб (менее 200 Бк/л), для большинства измерений достаточно 2 минут.

9. По окончании измерения активности пробы нажать кнопку «КАЛИЙ-40» и записать значение объемной активности ^{40}K в табл. 8.1. Затем нажать кнопку «ЦЕЗИЙ-137» и занести в таблицу значение суммарной объемной активности ^{137}Cs . Выполнить пять измерений. Затем поменять пробу.

Таблица 8.2

Данные результатов измерений и вычислений

| № опыта | Объемная активность A_v , кБк/л, и удельная активность A_m , кБк/кг | Проба № 1 (_____) | | Проба № 2 (_____) | | Проба № 3 (_____) | |
|-----------|---|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | | Объем _____ мл | | Объем _____ мл | | Объем _____ мл | |
| | | Масса _____ г | | Масса _____ г | | Масса _____ г | |
| | | Плотность _____ кг/л | | Плотность _____ кг/л | | Плотность _____ кг/л | |
| | | K-40 | Cs-137 | K-40 | Cs-137 | K-40 | Cs-137 |
| 1 | A_v | | | | | | |
| | A_m | | | | | | |
| 2 | A_v | | | | | | |
| | A_m | | | | | | |
| 3 | A_v | | | | | | |
| | A_m | | | | | | |
| 4 | A_v | | | | | | |
| | A_m | | | | | | |
| 5 | A_v | | | | | | |
| | A_m | | | | | | |
| A, кБк/кг | | | | | | | |

| № опыта | Объемная активность A_v , кБк/л, и удельная активность A_m , кБк/кг | Проба № 1 (_____) Объем _____ мл Масса _____ г Плотность _____ кг/л | | Проба № 2 (_____) Объем _____ мл Масса _____ г Плотность _____ кг/л | | Проба № 3 (_____) Объем _____ мл Масса _____ г Плотность _____ кг/л | |
|-------------------------------|---|---|--------|---|--------|---|--------|
| | | К-40 | Cs-137 | К-40 | Cs-137 | К-40 | Cs-137 |
| | | Среднее квадратическое отклонение S , % | | | | | |
| Масса радионуклида в пробе, г | | | | | | | |

Примечание: A_v – измеренное значение; A_m вычисляется по следующей формуле:

$$A_m = \frac{A_v}{\rho} .$$

10. По окончании измерения 3 проб выключить РУГ-91 нажатием кнопки СЕТЬ. Отсоединить шнур от питающей сети. В случае если измеряемый продукт не заполняет требуемый объем кюветы (менее 500 мл), результат измерения нужно умножить на поправочный коэффициент для данного объема (см. табл. 8.2).

Таблица 8.2

Поправочные коэффициенты

| Объем пробы, мл | Поправочный коэффициент |
|-----------------|-------------------------|
| 200 | 2,6 |
| 300 | 1,6 |
| 400 | 1,2 |
| 500 | 1,0 |

В случае если плотность образца отличается от единицы, взвесить исследуемый образец и пересчитать результат. Полученное значение объемной активности A_v разделить на плотность образца и записать удельную активность A_m .

11. Определить среднюю удельную активность ^{40}K и ^{137}Cs в каждом образце. Полученные значения сравнить с республиканскими допустимыми уровнями (приложение 1) и сделать заключение о пригодности продуктов питания и сырья.

12. Рассчитать среднеквадратичное отклонение результатов измерения удельной активности S , %, по формуле

$$S = \frac{100}{A} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(A_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}},$$

где A – среднеарифметическое значение удельной активности;

A_i – i -й результат измеряемой удельной активности;

n – число измерений.

13. По формуле рассчитать массу радионуклидов ^{40}K и ^{137}Cs в анализируемых пробах. Полученные значения результатов измерений и расчетов внести в табл. 8.2.

$$m = \frac{A_n A T_{1/2}}{\ln 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}},$$

где A_n – активность радионуклида, Бк;

m – масса радионуклида, г;

A – массовое число радионуклида;

$T_{1/2}$ – период полураспада, с.

Контрольные вопросы и задания

1. Для каких измерений предназначен β -радиометр РУБ-01 «АДАНИ»? Опишите его принцип действия.

2. Как подготовить пробу для измерения на β -радиометре РУБ-01 «АДАНИ»?

3. Для каких измерений предназначен γ -радиометр РУГ-91 «АДАНИ»? Опишите его принцип действия.

4. Как учитывается влияние фона при измерении активности?

5. Каким образом происходит сортировка активности радионуклидов цезия-134, цезия-137 и природного изотопа калия-40?

6. Когда необходимо использовать 20-минутный режим измерения активности проб?

7. Как оценить полученный результат, если количество пробы недостаточно для проведения измерений?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ролевич, И. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебно-методическое пособие / И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, Е. В. Зеленухо. – Минск : БНТУ, 2020. – 109 с.
2. Гурачевский, В. Л. Руководство по работе с приборами радиационного контроля : методическое пособие для специалистов радиационного контроля и студентов инженерных специальностей / В. Л. Гурачевский, И. С. Леонович, И. Г. Хоровец. – 2-е изд. – Минск : Институт радиологии, 2015. – 107 с.
3. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : лабораторный практикум для студентов / С. Н. Банников, Ю. А. Ерохина, Т. М. Архангельская. – Минск : БНТУ, 2020. – 53 с.
4. Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь : утв. Советом Министров Респ. Беларусь 16.05.07 : введ. 01.01.10. — Минск : Госстандарт, 2007. — 16 с.
5. Инструкция о порядке проведения наблюдений за естественным радиационным фоном и радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод на пунктах наблюдений радиационного мониторинга : утв. приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь 18.07.2014 : № 230-ОД.
6. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. ОСП-2002. – Минск, 2003. – 98 с.
7. Радиометр-дозиметр МКС-01 «Советник». Руководство по эксплуатации ИСТМ.412159.100 РЭ. – 42 с.
8. Дозиметры-радиометры МКС-АТ6130, МКС-АТ6130А, МКС-АТ6130В, МКС-АТ6130Д. Руководство по эксплуатации. – 89 с.
9. Газоанализаторы АНКАТ-7664Микро. Руководство по эксплуатации ИБЯЛ. 413411.053 РЭ. – Смоленск, 2007. – 75 с.
10. Гамма-радиометры РКГ-АТ1320, РКГ-АТ1320А, РКГ-АТ1320В. Руководство по эксплуатации. – Минск, 2015. – 50 с.
11. Сигнализатор-индикатор гамма-излучения СИГ-РМ1208М. Руководство по эксплуатации ТУ РБ 100345122.029–2004. – Минск, 2012. – 55 с.

12. Дозиметр ДКГ-РМ 1203М. Руководство по эксплуатации ТУ РБ 14804920.006–2001. – Минск, 2012. – 36 с.

13. Методика выполнения измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения дозиметрами и дозиметрами-радиометрами МВИ. ГМ 1906 – 2020. – Гомель, 2020. – 17 с.

14. Методическая инструкция: Определение однородности партии пищевых продуктов и продовольственного сырья – продукции растениеводства и животноводства при проведении радиационного контроля / М. И. Автушко. Гомель. 2004. – 17 с.

15. Приборы радиационной и химической разведки : метод. рекомендации / ООНИФ филиал ИППК МЧС Республики Беларусь. – Минск. – 33 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Республиканские допустимые уровни содержаний радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-96 и РДУ-99)

| Наименование продукта | РДУ-96 Ки/кг, Ки/л | РДУ-96 Бк/кг, Бк/л | РДУ-99 Бк/кг, Бк/л |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Цезий-137 | | | |
| Вода питьевая | $5,0 \cdot 10^{-10}$ | 18,5 | 10 |
| Молоко и цельномолочная продукция | $3,0 \cdot 10^{-9}$ | 111 | 100 |
| Молоко сухое | $2,0 \cdot 10^{-8}$ | 740 | – |
| Молоко сгущенное концентрированное | – | – | 200 |
| Творог и творожные изделия, сыры | – | – | 50 |
| Масло коровье | – | – | 100 |
| Мясо и мясные продукты: говядина, баранина и продукты из них | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | 600 | 500 |
| свинина, птица и продукты из них | $1,0 \cdot 10^{-8}$ | 370 | 180 |
| Хлеб и хлебобулочные изделия | $2,0 \cdot 10^{-9}$ | 74 | 40 |
| Картофель и корнеплоды | $2,7 \cdot 10^{-9}$ | 100 | 80 |
| Мука, крупы, сахар | $2,7 \cdot 10^{-9}$ | 100 | 60 |
| Жиры растительные и животные, маргарин | $5,0 \cdot 10^{-9}$ | 185 | 100 |
| Овощи, фрукты и садовые ягоды | $2,7 \cdot 10^{-9}$ | 100 | 100 |
| Фрукты | – | – | 40 |
| Садовые ягоды | – | – | 70 |
| Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод | $2,0 \cdot 10^{-9}$ | 74 | 74 |
| Дикорастущие ягоды | $5,0 \cdot 10^{-9}$ | 185 | 185 |
| Грибы свежие | $1,0 \cdot 10^{-8}$ | 370 | 370 |
| Грибы сушеные | $1,0 \cdot 10^{-7}$ | 3700 | 2500 |

Продолжение приложения 1

| Наименование продукта | РДУ-96 Ки/кг, Ки/л | РДУ-96 Бк/кг, Бк/л | РДУ-99 Бк/кг, Бк/л |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Детское питание всех видов в готовом для потребления виде | $1,0 \cdot 10^{-9}$ | 37 | 37 |
| Прочие продукты питания | $1,0 \cdot 10^{-8}$ | 370 | — |
| Стронций-90 | | | |
| Вода питьевая | $1,0 \cdot 10^{-11}$ | 0,37 | 0,37 |
| Молоко и цельномолочная продукция | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | 3,7 | 3,7 |
| Хлеб и хлебопродукты | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | 3,7 | 3,7 |
| Картофель | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | 3,7 | 3,7 |
| Детское питание всех видов в готовом для употребления виде | $5,0 \cdot 10^{-11}$ | 1,85 | 1,85 |

Примечание: для продуктов питания, потребление которых составляет менее 10 кг/год на человека (специи, чай, мед), устанавливаются допустимые уровни, в 10 раз более высокие, чем установленные величины для прочих пищевых продуктов. РДУ для концентрированного и сухого молока устанавливаются в 2 раза больше установленных величин, чем для прочих пищевых продуктов.

Республиканские допустимые уровни содержания цезин-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном, сырье и кормах

1. Общие положения.

1.1. Настоящий документ разработан с целью обеспечения производства продуктов питания в пределах «Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-96)».

1.2. Расчет допустимых уровней содержания радионуклидов цезия; стронция в сельскохозяйственном сырье и кормах произведен с учетом коэффициентов удержания в процессе переработки сырья, е. также с учетом реально сложившейся радиационной обстановки и коэффициентов перехода из корма в организм человека.

1.3. Действие допустимых уровней распространяется на территорию Республики Беларусь.

Продолжение приложения 1

1.4. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах вводятся на срок действия РДУ-96.

Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

| Продукция | Содержание, Бк/кг | |
|--------------------------|-------------------|----------------|
| | Цезий-137 | Стронций-90 |
| Молоко | 370 | 18 |
| Мясо: | | |
| говядина, баранина | 600 | Не нормируется |
| свинина, птица | 370 | Не нормируется |
| Растительное сырье: | | |
| овощи, фрукты, плоды | 100 | Не нормируется |
| зерно | 160 | 11 |
| зерно на детское питание | 55 | 3,7 |
| прочее сырье | 370 | Не нормируется |

1.5. Прием зерна на семенные цели через предприятия Комитета хлебопродуктов Республики Беларусь разрешается с активностью по цезию-137 до 1850 Бк/кг.

1.6. Для переработки на спирт допускается использование сырья с содержанием цезия-137, не превышающим 3700 Бк/кг.

1.7. Прием зерна рапса на технические цели разрешается с содержанием цезия-137 до 1850 Бк/кг.

1.8. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в основных видах кормов предусматриваются для получения различной конечной продукции: цельного молока, молока-сырья для дальнейшей переработки, мяса (заключительная стадия откорма КРС).

В случае получения кормов с превышением содержания радионуклидов скармливание их молочным коровам запрещается. Использование таких кормов разрешается рабочему скоту, а также для выращивания и начальной стадии откорма крупного рогатого скота.

Контроль содержания стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах проводится на загрязненных территориях Гомельской, Могилевской и Брестской областей областными ветеринарными лабораториями и проектно-изыскательскими станциями. Порядок, объемы и периодичность контроля устанавливаются на местах и согласовываются с облисполкомами.

Окончание приложения 1

| Вид корма | Содержание, Бк/кг | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|--|-------------------|-----------------|
| | Цезий-137 | | | Стронций-90 | |
| | Молоко цельное | Молоко сырое | Мясо (заклочительный откорм КРС) | Молоко цельное | Молоко сырое |
| Сено | 1480 | 1850 | 1480 | 260 | 1300 |
| Солома | 370 | 900 | 900 | 185 | 900 |
| Сенаж | 600 | 900 | 600 | 100 | 500 |
| Силос | 300 | 600 | 300 | 50 | 250 |
| Корнеплоды | 200 | 600 | 370 | 37 | 185 |
| Зерно, фураж | 200 | 600 | 600 | 100 | 500 |
| Зеленная масса | 185 | 600 | 300 | 37 | 185 |
| Хвойная, травяная мука, дробина | 1000 | – | – | – | – |
| пивная, жом, патока | | | | | |
| Барда | 1000 | – | – | – | – |
| Мезга, молочные продукты (обрат) | 740 | – | – | – | – |
| Дрожжи кормовые | 370 | – | – | – | – |
| Мясокостная мука | 1000 | – | – | – | – |
| Прочие виды кормов | 1000 | – | – | – | – |

Примечание: корма для свиней и птицы должны соответствовать тем же требованиям.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные физические величины, используемые в радиационной защите, и их единицы

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| <p>Поглощенная доза излучения (D) Количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы физического тела</p> | Грей (Гр) | Рад (рад) | 1 Гр = 1 Дж/кг; 1 Гр = 100 рад | 1 рад = 10 ⁻² Гр |
| <p>Мощность дозы облучения (Dr) доза, полученная организмом за единицу времени</p> | Грей в секунду (Гр/с); зиверт в секунду (Зв/с); ампер на килограмм (А/кг) | Рад в секунду (рад/с); бэр в секунду (бэр/с); рентген в секунду (Р/с) | 1 Гр/с = = 100 рад/с; 1 Гр/с = = 1 Зв/с = = 100 Р/с | 1 рад/с = = 0,01 Гр/с; 100 Р/с = = 1 Зв/с = = 1 мкГр/с |
| <p>Доза эквивалентная (H, H = W×D) Поглощенная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий неодинаковую радиационную опасность разных видов ионизирующего излучения</p> | Зиверт (Зв) | Бэр (бэр) | 1 Зв = 1 Гр = = 1 Дж/кг = = 100 бэр | 1 бэр = = 0,01 Зв = = 10 мЗв |
| <p>Доза эффективная (эффективная эквивалентная) Сумма средних эквивалентных доз в различных органах или тканях, взвешенных с коэффициентами учета различной чувствительности органов и тканей к возникновению</p> | Зиверт (Зв) | Бэр (бэр) | 1 Зв = 1 Гр = = 1 Дж/кг = = 100 бэр | 1 бэр = = 0,01 Зв = = 10 мЗв |

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Гурина Анна Николаевна,
Раубо Василий Михайлович,
Севастьяк Татьяна Валерьевна и др.

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*
Корректор *Д. О. Михеева*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 12.12.2022. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 8,60. Уч.-изд. л. 6,73. Тираж 99 экз. Заказ 442.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220023, Минск.