

Министерство образования Республики Беларусь
УО «Белорусский государственный экономический университет»

Оценка радиационной обстановки

Лабораторный практикум

(электронное издание)

Минск-2020

Авторы: Антоненков А.И., Кузнецова Е.И., Марцунь И.Н., Михадюк М.В.,
Саевич К.Ф., Бусел Е.А.

Рекомендовано кафедрой физикохимии материалов и производственных
технологий (протокол заседания кафедры № 8
от 12 марта 2020 г.)

Объём, уч.-изд.л – 2,7

Курс лекций сдан в библиотеку БГЭУ
25 марта 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Отбор проб продуктов для радиационного контроля	6
Оформление результатов измерений	8
Лабораторная работа № 1. Оценка радиационной обстановки дозиметром РКСБ-104	10
Лабораторная работа № 2. Экспресс-контроль продуктов питания гамма-радиометрами РУГ-90 и РКГ - АТ 1320	15
Лабораторная работа № 3. Определение концентрации нитрат-ионов в продукции растениеводства и водных растворах иономером И-160М	23
Лабораторная работа № 4. Исследование условий труда на рабочих местах в помещении лаборатории. Определение освещенности люксметром Ю-116 и уровня звука шумомером «Октава»	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	36

Предисловие

Излучения радиоактивных веществ не воспринимаются органами чувств и для определения их вида, установления количественных характеристик прибегают к дозиметрии и радиометрии. Принцип обнаружения ионизирующих излучений (нейтронов, гамма-лучей, бета-частиц и альфа-частиц) основан на способности этих излучений ионизировать вещество среды, в которой они распространяются. Ионизация в свою очередь является причиной физических и химических изменений в веществе.

Для обнаружения и измерения ионизирующих излучений используют фотографический, сцинтилляционный, химический и ионизационный методы.

Фотографический метод. Он основан на степени почернения фотоэмульсии. Под воздействием ионизирующих излучений молекулы бромистого серебра, содержащегося в фотоэмульсии, распадаются на серебро и бром, образуя мельчайшие кристаллики серебра, которые и вызывают почернение фотопленки при ее проявлении. Плотность почернения пропорциональна поглощенной энергии излучения. Сравнивая плотность почернения фотопленки с эталоном, определяют дозу излучения (экспозиционную, или поглощенную). На этом принципе основаны индивидуальные дозиметры, например, ИД-П.

Сцинтилляционный метод. Некоторые вещества (сульфит цинка, иодид натрия) под воздействием ионизирующих излучений светятся. Количество вспышек пропорционально мощности дозы излучения и регистрируется с помощью специальных приборов — фотоэлектронных умножителей (СРП-68-01, СРП-88Н).

Химический метод. Некоторые химические вещества под воздействием ионизирующих излучений меняют свою структуру. Так, хлороформ в воде под действием излучения разлагается с образованием соляной кислоты, которая вызывает изменения цвета красителя, добавленного к хлороформу. Двухвалентное железо в кислой среде окисляется в трехвалентное под воздействием свободных радикалов H_2O и OH , образующихся в воде при ее облучении. Трехвалентное железо с красителем дает цветную реакцию. По плотности окраски судят о дозе излучения (поглощенной энергии). На этом принципе основаны химические дозиметры ДП-70 и ДП-70М.

Ионизационный метод. Под воздействием излучений в изолированном объеме происходит ионизация газа: электрически нейтральные атомы (молекулы) газа делятся на положительные и отрицательные ионы. Если в этот объем газа поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, между электродами возникнет электрическое поле. При наличии электрического поля в ионизированном газе возникает направленное движение заряженных частиц, т.е. через газ проходит электрический ток, называемый ионизационным. По силе ионизационного тока можно судить об интенсивности ионизирующих излучений.

Приборы радиационного контроля делятся на:

1) дозиметрические, предназначенные для измерения дозы облучения и мощности экспозиционной (полевой эквивалентной) дозы гамма-излучения (ИД-1, ИМД-1, ДП-02, ДП-22В (24), ДП-5В, ДРГ-01Т, ДБГ-06Т, РКСБ-104, РКС-107, МКС-АТ6130 и др.);

2) радиометрические, предназначенные для определения удельной и объемной активности радионуклидов в веществах и измерения плотности потока бета-излучения с загрязненных поверхностей (СРП-68-01, СРП-88Н, КРВП-ЗАБ, РУГ-90, радиометр Бета, РУГ-01П6 и др.).

В Беларуси проводятся три вида радиационного контроля:

- 1) облучения населения (нормативные документы НРБ-76/87, ОСП-72/87);
- 2) поверхностного загрязнения кожи, обуви, техники, зданий, сооружений (нормативный документ РКУ-2004);
- 3) продуктов питания, воды, продуктов растениеводства и животноводства (документы РДУ-99, ВДУ-91, регламентирующие содержание радионуклидов).

Отбор проб продуктов для радиационного контроля

Прибором СРП-65-01 устанавливают однородность партии продуктов по измеренным уровням гамма-излучения. Продукция считается однородной по уровню загрязнения, если измерения, проведенные в разных точках упаковки, контейнера, емкости, единицы складирования различаются не более, чем в два раза. Если установлена неоднородность партии продуктов, производится сортировка их на три группы по степени радиоактивной загрязненности (высокая, средняя и низкая). От каждой группы берут пробы, радиометрируют и делают заключение об уровне радиоактивности.

Отбор проб продуктов животноводства осуществляет ветеринарная служба. Количество образцов продуктов, отбираемых для лабораторного анализа, определяется размером партии и составляет при массе партии от 1 до 500 кг — 1 образец, от 500 кг до 3 т — 2, от 4 до 5 т — 2–3, от 6 до 20 т — 3–5, от 20 т и более — 5–10 образцов.

Для проведения лабораторных исследований из объединенной пробы берут в необходимом количестве ее часть — среднюю пробу, которая должна характеризовать радиоактивное загрязнение всей партии. Отобранные средние пробы взвешивают, упаковывают в чистую сухую тару, соответствующую виду продукта (целлофан, пергамент, полиэтиленовые пакеты, стеклянную или полиэтиленовую посуду), снабжают этикеткой с указанием названия продукта, мощности дозы гамма-излучения от него, массы, даты и места отбора. Пробы молока, мяса, рыбы при длительной транспортировке подвергают консервации 4–5 %-м раствором формалина.

Отбор проб молока и молочных продуктов. Пробы отбирают на фермах, молочных пунктах, молокозаводах, хладокомбинатах и рынках. Пробы молока, сливок, сметаны из небольших емкостей (бидон, фляга и др.) отбирают после перемешивания, из крупных (цистерна, чан) берут с разной глубины емкости кружкой с удлиненной ручкой или специальными пробоотборниками. Средняя проба составляет 0,2–1,0 л и зависит от размера партии продукции.

Пробы молочных продуктов отбирают в следующем объеме: кефира — до 1 л; сметаны и творога — 0,5 кг; сыра и масла — 0,3 кг; сгущенного и сухого молока — 0,3 кг.

Отбор проб мяса и субпродуктов. Пробы мяса (без жира) от туш или полутуш отбирают кусками по 30–50 г в области 4–5-го шейных позвонков, лопатки, бедра и толстых участков спинных мышц. Общая масса пробы должна составлять 0,2–0,3 кг. Для специального лабораторного исследования отбирают также кости в количестве 0,3–0,5 кг (позвоночник и 2–3-е ребро).

Пробы внутренних органов животных отбирают в следующих количествах: печень, почки, селезенка, легкое — 0,1–0,2 кг, щитовидная железа — весь орган.

Пробы мяса птиц отбирают в количестве 1/4 тушки (куры, индейка, утки, гуси) или целыми тушками (цыплята).

Отбор проб мясных полуфабрикатов (фарш, фасованное мясо и др.) проводят на мясоперерабатывающих предприятиях или хладокомбинатах. Пробы гото-

вых мясных продуктов и колбасных изделий отбирают при их передаче в торговую сеть с предприятий Госагропрома или в местах хранения на предприятиях торговли (холодильники, базы). Масса проб готовых мясных продуктов и колбасных изделий аналогична массе проб мяса. Отбор проб полуфабрикатов и готовых мясных изделий осуществляют представители сан-эпидемслужбы.

Отбор проб рыбы проводят на рыбо-, хладокомбинатах, рынках, а также (при массовом отлове) непосредственно в рыбхозах. Мелких рыб берут целыми тушками, от крупных — только их среднюю часть. Исследованию подлежат все виды рыбы. Масса средней пробы составляет 0,3–0,5 кг.

Отбор проб яиц. Пробы отбирают на птицефабриках, птицефермах совхозов, колхозов и на рынках. Размер пробы — 5–10 шт. с одной птицефермы, 3 шт. от каждой тысячи упакованной партии и 2 шт. от партии рыночной продажи.

Отбор проб натурального меда производят с помощью трубчатого алюминиевого пробоотборника (если мед жидкой консистенции) или щупа для масла (если мед плотной консистенции) из разных слоев продукции. Закристаллизованный мед отбирают коническим щупом, погружая его под наклоном.

При исследовании сотового меда из одной соторамки вырезают ее часть площадью 25 см². После удаления восковых крышек образцы меда кладут на сетчатый фильтр с диаметром ячеек не более 1 мм, вложенный в стакан, и помещают в термостат при температуре 40–50°C. Масса средней пробы меда 0,2–0,3 кг.

Отбор проб корнеплодов, клубнеплодов, картофеля. Пробы клубне- и корнеплодов отбирают из буртов, насыпей, куч, автомашин, прицепов, вагонов, барж, хранилищ. Точечные пробы отбирают по диагонали боковых поверхностей бурта, насыпи, куч или средней линии кузова автомашин, прицепа, вагона, баржи через равные расстояния на глубине 20–30 см. Клубни и корнеплоды берут в трех точках подряд (без выбора) вручную. Масса каждой точечной пробы должна быть примерно по 1,0–1,5 кг, из них составляют объединенную пробу.

Среднюю пробу для анализа выделяют из объединенной, масса ее должна быть не менее 1,0–1,5 кг. Для этого объединенную пробу сортируют по размерам клубне- и корнеплодов на 3 группы: крупные, средние и мелкие. От каждой группы отбирают 20 % клубне- или корнеплодов, объединяют их, затаривают и направляют в лабораторию.

Отбор проб воды. Воду для исследования отбирают из всех источников водопоя. Если основным источником воды для водопоя животных является снег, на исследование посылают снеговую воду. Снег для вытаивания берут с определенной площади на всю глубину покрова деревянной лопаткой и укладывают в стеклянные банки. Место взятия пробы должно быть ровным, с нетронутым снежным покровом.

Воду отбирают в чистые емкости (стеклянные банки, бутылки, металлические флаги) с пробками или крышками. Объем пробы 1 л. Перед заполнением емкость предварительно ополаскивают исследуемой водой. Для снижения адсорбции радиоактивных веществ поверхностью стекла пробы вода подкисляют, добавляя в нее 1 мл 2 н. азотной кислоты.

Подготовка проб к измерению. Доставленные в лабораторию пробы пищевых продуктов подвергают обработке, идентичной той, которая применяется к ним на первом этапе приготовления пищи. Корне- и клубнеплоды промывают в проточной воде. С капусты удаляют верхние листья. Пищевую зелень, ягоды и фрукты промывают проточной водой.

Мясо и рыбу моют, у рыбы удаляют чешую и внутренности. С колбасных изделий снимают оболочку, с сыра — слой парафина. Подготовленные продукты измельчают с помощью мясорубки, терки, кофемолки. Пищевую зелень, траву, сено измельчают ножом в эмалированной кювете.

Оформление результатов измерений

Результаты определения объемной и удельной активности проб оформляют на бланке регистрации результатов измерения активностей проб продуктов. Бланки регистрации результатов измерений подлежат учету и хранению в течение 3 месяцев с момента проведения измерений.

Осуществление радиационного контроля основных компонентов среды, с которыми связан переход радионуклидов в продукцию сельского хозяйства, и самой продукции законодательно закреплено за различными министерствами и ведомствами. Общая схема организации этого контроля представлена на рисунке 1.

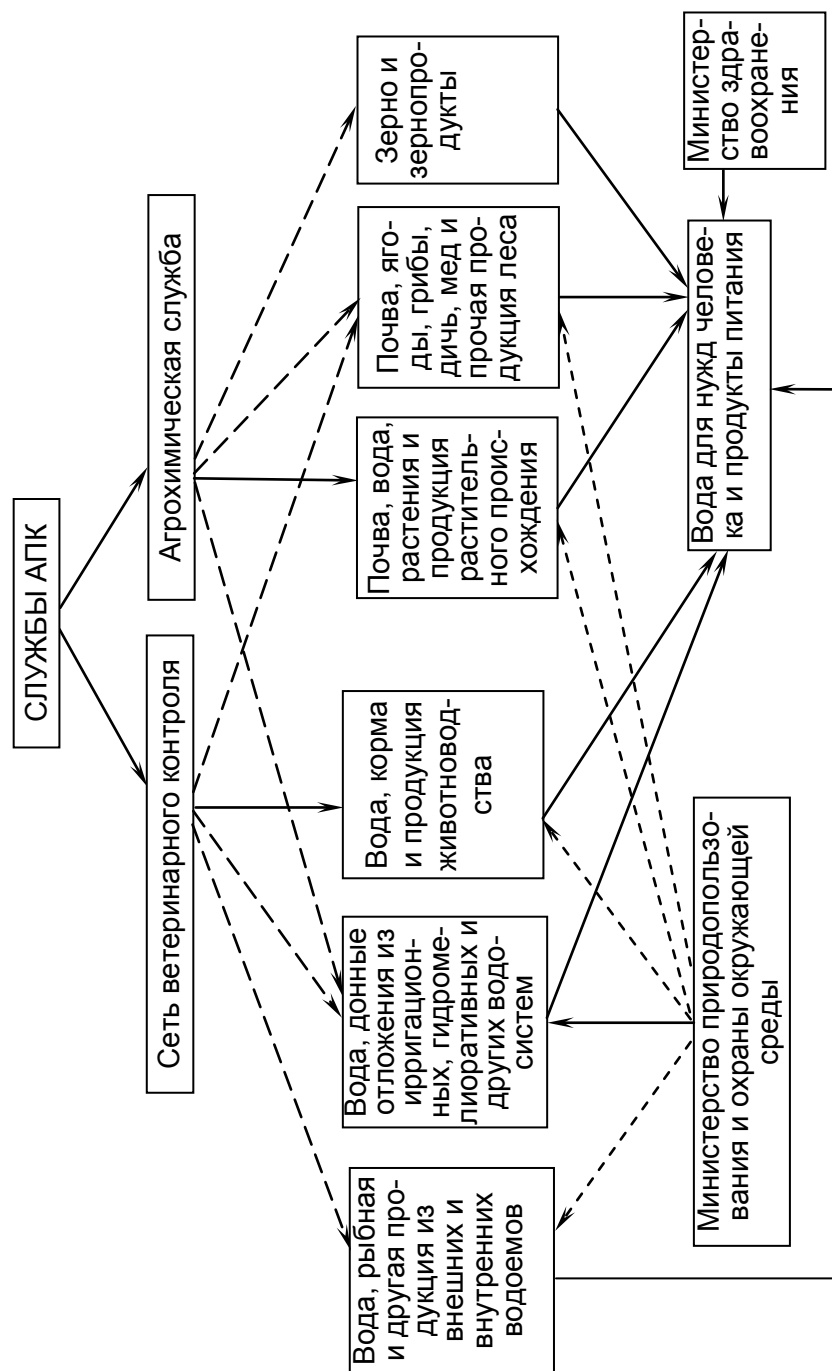


Рисунок 1 – Общая структура системы радиационного контроля почвы, воды, продукции животного и растительного происхождения

Лабораторная работа № 1. Оценка радиационной обстановки дозиметром РКСБ-104

Цель работы: ознакомить с работой и устройством прибора и углубить практические навыки по определению загрязненности радионуклидами местности и продуктов питания бытовыми дозиметрами.

Оборудование и материалы: дозиметры-радиометры РКСБ-104; проба продуктов питания; нормативные документы по радиационной безопасности (РДУ-99, РКУ-2004).

Краткие теоретические сведения

Прибор РКСБ-104 предназначен для определения мощности полевой эквивалентной дозы излучения (мкЗв/ч), степени загрязнения поверхности различных объектов бета-излучающими радионуклидами $\left(\frac{\text{число бета - частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}} \right)$, удельной активности проб (Бк/кг).

Эквивалентная доза — основная величина, при помощи которой оцениваются вредные эффекты биологического воздействия любого типа ионизирующих излучений. Единицей эквивалентной дозы является Зиверт (Зв) — единица эквивалентной дозы смешанного излучения, равная 1 Дж/кг, или 100 бэр.

Используются и производные единицы: миллизиверт (мЗв) и микрозиверт (мкЗв).

Эквивалентная доза излучения является основной величиной, которая определяет уровень радиационной безопасности при хроническом облучении человека в малых дозах. Ее можно использовать для оценки радиационной безопасности до значений доз, которые не превышают 0,25 Зв при кратковременном воздействии. В этой области доз картина повреждений зависит только от поглощенной дозы излучений и коэффициента качества излучений.

Назначение прибора

Прибор РКСБ-104 комбинированный и предназначен для измерения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения, плотности потока β -излучения с поверхности и удельной активности радионуклида ^{137}Cs в веществах.

Прибор дает звуковую сигнализацию при превышении порогового значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, установленного потребителем.

Прибор является бытовым, поэтому результаты измерений не могут быть использованы государственными органами для выдачи официальных заключений.

Устройство прибора

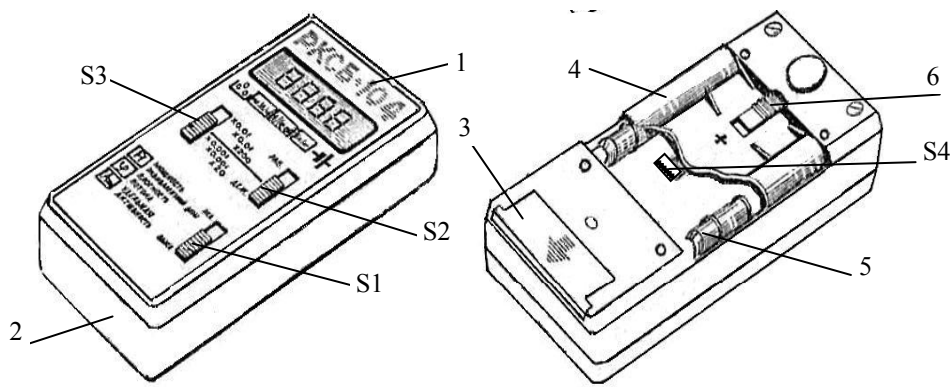


Рисунок 1.1 – Устройство прибора РКСБ-104

Прибор (рисунок 1.1) состоит из корпуса 1 и крышки 2. К крышке 2 крепится крышка 3 отсека питания и крышка-фильтр 4, под которой установлен блок детектирования, состоящий из двух газоразрядных счетчиков типа СБМ-20, затянутых полимерной пленкой 5. Под крышку-фильтр выведены движки кодового переключателя S4, с помощью которого можно выбрать вид измерения.

В верхней части корпуса 1 расположено отсчетное устройство, на табло которого индицируется результат измерений. Обозначения единиц измеряемых величин располагаются под табло и заключены в разноцветные прямоугольные поля. Этими же маркировочными цветами отмечена вся служебная информация, имеющаяся на лицевой панели прибора и относящаяся к конкретной величине. На лицевой панели прибора расположены три тумблера, являющиеся органами управления прибором:

S₁ – включение прибора, имеет положения "Вкл.", "Выкл.";

S₂ – выбор режима работы, положения "Раб.", "Деж.";

S₃ – поддиапазон (время) измерения, верхнее положение: $\cdot 0,01$; $\cdot 0,01$, $\cdot 200$; нижнее положение: $\cdot 0,001$, $\cdot 0,001$, $\cdot 20$.

Тумблером S₄, расположенным на обратной стороне прибора под крышкой-фильтром, осуществляется выбор вида измерения. Он имеет 8 переключателей (счет снизу вверх), которые могут устанавливаться в положение "1" и "0" (рисунок 1.2).

Подготовка прибора к работе

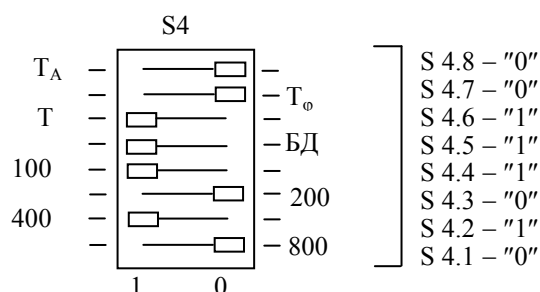


Рисунок 1.2 – Кодовый переключатель S4

Снимите заднюю крышку-фильтр 4. Для этого сместите вниз защелку 6 и, подав на себя верхнюю часть крышки, извлеките ее. Установите движки кодового переключателя S4:

S 4.1 — S 4.6 в положение "1";

S 4.7 — S 4.8 в положение "0".

Установите на место крышку 4. Тумблеры S_1 , S_2 и S_3 переведите в верхнее положение и проверьте работоспособность измерительной схемы.

Примерно через 28 с после включения питания прибор должен выдать прерывистый звуковой сигнал; при этом на табло индикатора должно установиться 4-разрядное число, значащая часть которого, умноженная на пересчетный коэффициент, равный 0,01, даст измеренную мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения в мкЗв/ч. Время индикации установившегося значения на табло порядка 14 с, после этого звуковой сигнал должен прекратиться, а прибор автоматически повторяет цикл измерения. Выключите прибор.

Для проверки работы порогового устройства переведите движки тумблера S_2 и S_3 в нижние положения и включите прибор тумблером S_1 . В течение 280 с на табло должно появиться возрастающее значение 4-разрядного числа. В момент превышения им значения 0100 ± 0010 (что соответствует порогу срабатывания сигнализации, установленному потребителем) прибор должен выдать непрерывный звуковой сигнал. Выключение звукового сигнала должно произойти после двукратного превышения установленного порога срабатывания сигнализации.

После этого прибор выключите.

Порядок работы

1 Измерение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения

Сняв крышку-фильтр 4, переведите движки кодового переключателя в положения:

S 4.8 – 0;

S 4.7 – 0;

S 4.6 – 1;

S 4.5 – 1;

S 4.4 – S 4.1 (оставьте в прежнем положении).

Закройте крышку-фильтр. Тумблеры S_1 , S_2 , и S_3 переведите в верхнее положение. Через 28 с прибор выдаст прерывистый звуковой сигнал, а на табло индикатора установится 4-разрядное число. Для определения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения умножьте значащую часть этого числа на пересчетный коэффициент, равный 0,01. Результат получите в мкЗв/ч (рисунок 1.3).

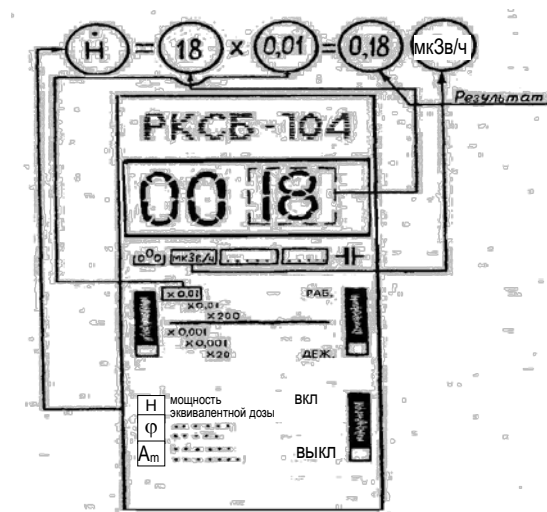


Рисунок 1.3 – Передняя панель прибора

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

Измерения проведите 3 раза. Результаты занесите в таблицу 1. Найдите среднее арифметическое значение и сделайте вывод об измеренном значении по сравнению с мощностью полевой эквивалентной дозы гамма-излучения на территории Республики Беларусь.

Таблица 1 – Определение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения

№ измерения	Показание прибора, импульс	Измеренная мощность полевой эквивалентной дозы γ -излучения, мкЗв/ч	Естественный фон на территории Республики Беларусь
-------------	----------------------------	--	--

2 Измерение загрязненности поверхности β -излучающими радионуклидами

Сняв крышку-фильтр, переведите движки кодового переключателя S 4 в положения: S 4.8 – 0; S 4.7 – 1; S 4.6 – 0; S 4.5 – 1;

S 4.4 – S 4.1 (оставьте в произвольном положении).

После этого установите крышку-фильтр на место и переведите тумблер S₂, и S₃ в верхнее положение.

Поднесите прибор к исследуемой поверхности и снимите фоновое показание прибора (ϕ_f , импульс) (значащая часть 4-разрядного числа).

Выключите прибор, установив тумблер S₁ в положение "Выкл." Снимите заднюю крышку-фильтр и поместите прибор над исследуемой поверхностью на расстоянии не более 1 см. Включите прибор тумблером S₁. Запишите показания прибора ϕ_f (значащую часть числа), установившиеся во время действия прерывистого сигнала.

Загрязненность поверхности бета-излучающими радионуклидами определяется как разность двух измерений по формуле 3:

$$\phi = K_1 \cdot (\phi_n - \phi_f), \quad (3)$$

где K₁ - коэффициент, равный 0,01, β -част / см² · с · имп.

Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение загрязненности поверхности β -излучающими радионуклидами

Исследуемая поверхность	Фоновое показание, $\Phi_{\text{ф}}$, импульс	Показание со снятой крышкой, $\Phi_{\text{и}}$, импульс	Загрязненность поверхности		РКУ-2004, β -част/см ² · мин
			β -част/см ² · с	β -част/см ² · мин	

Следует отметить, что при определении плотности потока бета-излучения с поверхностей, загрязненных различными радионуклидами (цезий-137, стронций-90, иттрий-90 и др.), применяются другие коэффициенты K_1 , значения которых определяются в исследовательских лабораториях.

3 Определение удельной активности радионуклида цезия-137

Сняв заднюю крышку-фильтр, переведите движки кодового переключателя S_4 в положения: S 4.8 – 1; S 4.7 – 0; S 4.6 – 0; S 4.5 – 1; S 4.4 – S 4.1 (оставьте в произвольном положении).

Установив тумблер S_2 в верхнее положение, а S_3 в нижнее, заполните кювету (половину упаковки) чистой водой и установите на кювету прибор с открытой задней крышкой-фильтром, как показано на рисунке 1.4.

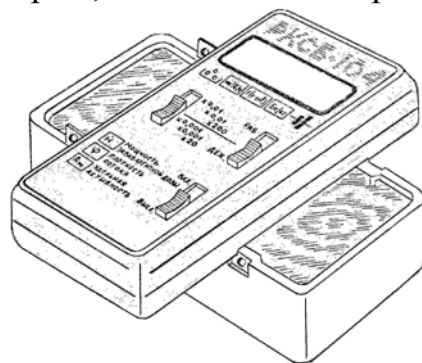


Рисунок 1.4 – Положение прибора при определении удельной активности радионуклидов

Включите прибор тумблером S_1 , переведя его в положение "Вкл.". Снимите пять отсчетов показаний прибора, соответствующих собственному фону прибора (значащая часть 4-разрядного числа) $A_{\phi 1}$, $A_{\phi 2}$, $A_{\phi 3}$, $A_{\phi 4}$, $A_{\phi 5}$, и выключите прибор (рисунок 1.5).

После проведенных измерений рассчитайте среднее арифметическое фоновых показаний по формуле 4:

$$A_{\phi} = \frac{A_{\phi 1} + A_{\phi 2} + A_{\phi 3} + A_{\phi 4} + A_{\phi 5}}{5}, \quad (4)$$

Вылив воду из кюветы, просушите ее и заполните исследуемым веществом (раствором) до половины кюветы.

Прибор с открытой крышкой установите на кювету и снимите 5 отсчетов показаний прибора (значащая часть 4-разрядного числа) A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 .

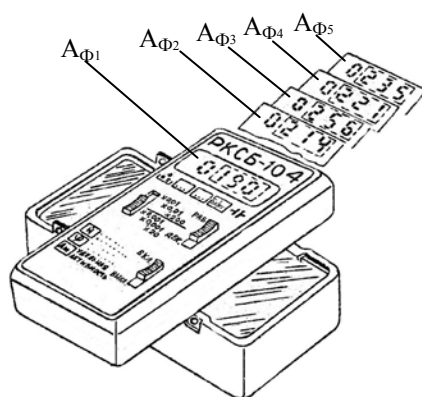


Рисунок 1.5 – Показания измеренных величин

Рассчитайте среднее арифметическое показаний прибора по формуле 5:

$$A_{изм} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{5}, \quad (5)$$

Примечание. Для определения активности проб в учебных целях достаточно провести одно измерение $A_{ф}$ и одно $A_{изм}$.

Удельную активность исследуемой пробы A_m определите по формуле 6(Бк/кг):

$$A_m = K_2 \cdot (A_{изм} - A_{ф}), \quad (6)$$

где K_2 — пересчетный коэффициент, равный 20 Бк/кг · имп.

Результаты измерений занесите в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение объемной (удельной) активности радионуклидов в пищевых продуктах

Номер пробы, наименование продукта	Фоновые показания кюветы, $A_{ф}$, имп.	Показания прибора при исследовании пробы, $A_{изм}$, имп.	Объемная (удельная) активность A , Бк/кг	Норма РДУ-99, Бк/кг
------------------------------------	--	--	--	---------------------

Лабораторная работа № 2. Экспресс-контроль продуктов питания гамма-радиометрами РУГ-90 и РКГ - АТ 1320

Цель работы: изучить функциональные возможности приборов, получить навыки проведения радиометрических измерений и использования документов по радиационной безопасности при определении качества продукции.

Оборудование и материалы: гамма-радиометр универсальный РУГ-90;; амма-радиометр спектрометрического типа РКГ-АТ1320; пробы продуктов питания; нормативный документ РДУ-99; методика экспрессионного определения объемной и удельной активностей бета-излучающих нуклидов в воде, продуктах питания, продукции растениеводства и животноводства методом "прямого" измерения "толстых" проб и "дополнения" к ней.

Краткие теоретические сведения

В Беларуси, пострадавшей от аварии на ЧАЭС, ведется постоянный радиационный контроль продуктов питания, продукцией растениеводства, животноводства и питьевой водой.

В лабораториях радиационного контроля используют наряду с другими приборами такие, как РУГ-90, КРВП-ЗБ, РКГ-АТ-1310.

Назначение гамма-радиометра РУГ-90 "Адани"

Гамма-радиометр предназначен для измерения загрязненности продуктов питания радионуклидами (изотопами цезия).

Диапазон измеряемых активностей: первый – 2 мин – от 0,2 до 100 кБк/л и второй – 20 мин – от 0,02 до 0,2 кБк/л.

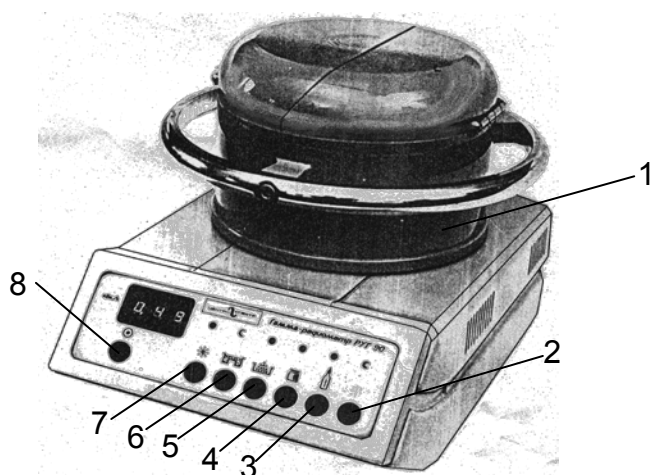
Высокая производительность и чувствительность прибора позволяют организовать массовый контроль продуктов питания в местах общепита, на рынках, продовольственных базах и т.п.

Устройство прибора

Прибор состоит из свинцового контейнера с детектором пересчетного блока с встроенным микропроцессором, на передней панели которого расположены кнопки управления прибором — сеть, измерение фона, выбор типа кюветы, режимов работы и измерения активности. В верхней части расположено световое табло для индикации значений фона и измеренной объемной активности (рисунок 2.1).

Принцип измерения загрязненности проб радионуклидами основан на регистрации и подсчете числа радиоактивных гамма-частиц, испускаемых исследуемой пробой. В основу принципа работы прибора положен сцинтилляционный метод обнаружения радиоактивных излучений.

Поскольку объекты окружающей среды имеют естественную радиоактивность и создают дополнительный радиоактивный фон, регистрируемый вместе с излучением исследуемой пробы, для правильного измерения загрязненности продукта необходимо измерять и учитывать фон.



- 1 – свинцовый контейнер для размещения образца;
- 2 – измерение активности;
- 3 – переход на диапазон измерения малых активностей;
- 4–6 – разновидности сосудов,
- 7 – измерение фона;
- 8 – сеть

Рисунок 2.1 – Гамма-радиометр РУГ-90

Кроме фона, необходимо учитывать или подавлять вклад радиоактивного излучения естественного изотопа калия, содержащегося в продуктах.

В радиометре РУГ-90 обеспечено подавление вклада изотопов калия, а также автоматическое вычитание значений измеренного фона.

Подготовка прибора к работе

Включите радиометр в сеть и нажмите кнопку  на передней панели прибора. Звуковой сигнал и высвечивание запятых во всех разрядах цифрового табло означают начало режима самопроверки: в течение трех минут проверяются микропроцессорные функции, напряжение питания, качество работы детектора. Окончание режима самопроверки подтверждается звуковым сигналом, при этом во всех разрядах цифрового табло высвечиваются нули. Прибор готов к работе.

Порядок работы

1 Измерение фона

После включения прибора и окончания режима самопроверки необходимо измерить фон. Фон зависит от погодных условий, месторасположения прибора, вентиляции помещения.

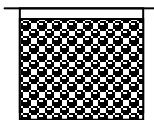
Фон измеряется для каждого типа измерительной кюветы. Его значения заносятся в память микропроцессора и в дальнейшем автоматически вычитаются из результатов измерения активности пробы (А).

Для учета эффекта экранирования излучения самой пробой (особенно при измерениях на пределе чувствительности радиометра) фон необходимо измерять для каждого вида кюветы, заполненной чистой водой.

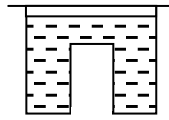
Для измерения активностей, близких к пределу обнаружения радиометра, измерение фона следует проводить с дистиллированной водой.

Если исследуемый образец имеет плотность, заметно отличающуюся от единицы (сухие легкие образцы типа чая, сухих трав и т.д.), измерение фона следует проводить с пустой кюветой.

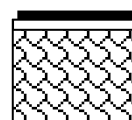
Для измерения наполните кювету водой (объем воды — 0,5 л для сосуда Маринелли и банки; 0,25 л для плоского сосуда) и установите ее в свинцовый контейнер. Закройте крышку. При использовании банки 0,5 л крышку оставьте открытой. Нажмите кнопку для выбранного типа кюветы:



Плоский сосуд



Сосуд Маринелли



Банка 0,5 л

Выполнение команды при нажатии любой кнопки подтверждается звуковым сигналом, при этом над кнопкой загорается светодиод.

Нажмите кнопку * (синяя звездочка).

Измерение фона продолжается 20 мин. Окончание измерения подтверждается звуковым сигналом, и на табло высвечивается результат в единицах скорости счета.

Выполните измерение фона для каждого типа кюветы. Результаты измерения фона хранятся в памяти микропроцессорного устройства. В радиометре предусмотрено резервное питание на случай отключения прибора от сети. Для этого используется батарейка ЗРЦ-53, которая устанавливается в кармане на задней панели радиометра. Резервное питание позволяет исключить процедуру ежедневного измерения фона (перед началом цикла измерений) после включения радиометра в сеть, если условия измерения не изменились.

Если фон выбранной кюветы уже был измерен, при нажатии кнопки типа кюветы на табло высвечивается его значение.

Если нужно повторно измерить фон, нажмите кнопку измерения фона еще раз.

Начало нового измерения подтверждается звуковым сигналом и исчезновением индикации на табло.

Если при нажатии кнопки выбора типа кюветы индикация на табло отсутствует, следует провести измерение фона.

В процессе измерения прибор на нажатие кнопок не реагирует, а индикация на табло отсутствует.

Не открывайте крышку в процессе измерения фона с сосудом Маринелли и плоским сосудом, так как это повлияет на точность измерения.

2 Подготовка образца к измерениям

Перед измерением выбирают измерительную кювету. Так, сосуд Маринелли используют для исследования жидких и сыпучих проб, плоский сосуд — для твердых образцов и банку объемом 0,5 л — для оценочных измерений консервированных продуктов.

При измерении твердых образцов желательно их предварительно измельчить, чтобы по возможности заполнить требуемый объем.

Измерение консервированных продуктов в стеклянных и жестяных банках можно проводить без их вскрытия. Банка устанавливается непосредственно в свинцовом контейнере с открытой крышкой.

3 Измерение активности пробы

Время измерения активности пробы – 2 и 20 мин. Двадцатиминутный режим используется для измерения малых активностей (0,018...0,2 кБк/л) и рекомендуется для контроля только питьевой воды и детского питания в готовом для употребления виде. Измерения всех остальных продуктов можно проводить в любом из режимов, но вполне достаточно 2 мин. Измерения в течение 20 мин приведут только к неоправданным затратам времени.

Для измерения установите кювету с исследуемой пробой в свинцовый контейнер. Закройте крышку (если используете плоский сосуд или сосуд Маринелли) нажмите кнопку выбора типа кюветы.

При времени измерения 2 мин нажмите кнопку * (красная звездочка). По окончании измерения раздается звуковой сигнал и на табло высвечивается результат.

При времени измерения 20 мин нажмите кнопку , затем кнопку * (красная звездочка). По окончании измерения раздастся звуковой сигнал и на табло появится результат.

Если после 20-минутных измерений Вы опять переходите к двухминутным, нажмите кнопку * (красная звездочка) еще раз.

Во время измерения индикация на табло отсутствует, прибор на манипуляции с кнопками не реагирует.

Стандартную банку 0,5 л и плоский сосуд рекомендуется использовать только для оценочных измерений.

В качестве кюветы рекомендуется использовать сосуд Маринелли, так как его геометрия оптимальна для точных измерений.

Результат измерения объемной активности высвечивается на табло и сохраняется до начала следующего измерения. Показания на табло будут зависеть от объема пробы: чем точнее взят ее объем, тем более корректно измерение (0,5 л для сосуда Маринелли или 0,25 для плоского); если удельный вес исследуемого образца (вода, молоко) близок к единице, объемная активность образца будет соответствовать его удельной активности, т.е. 1 кБк/л = 1 кБк/кг; если измеряемый продукт не заполняет требуемого объема, результат измерения нужно умножить на поправочный коэффициент для данного объема:

объем, мл	поправочный коэффициент
200	2,9
300	1,6
400	1,2
500	1,0

Если удельный вес образца отличается от единицы, то его нужно взвесить и полученный на табло результат пересчитать.

Пример. Если объем, занимаемый образцом, составляет 500 мл, масса образца — 400 г, удельный вес образца 400 г/500 мл = 0,8 г/мл, объемная активность — 1,6 кБк/л, то:

$$\text{удельная активность} = \frac{\text{объемная активность, кБк/л}}{\text{удельный вес}} = \frac{1,6 \text{ кБк/л}}{0,8 \text{ кг/л}} = 2,0 \text{ кБк/кг}.$$

Проведите измерения. Полученные данные занесите в таблицу 4 и сделайте выводы.

Таблица 4 – Определение удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах

Проба, продукт	Занимаемый объем, л	Масса, кг	Активность пробы, кБк/кг	Норма РДУ-99
----------------	------------------------	--------------	-----------------------------	--------------

Назначение радиометра для воды и продуктов питания РКГ-АТ 1320

Гамма-радиометр РКГ-АТ 1320 относится к средствам измерения спектрометрического типа и предназначен для измерения объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов Cs-137; K-40; Ra-226; Th-232 в воде, продуктах пи-

тания, кормах, почве, строительных материалах, промышленном сырье и других объектах окружающей среды.

Диапазоны измерения объемной активности (ОА) или удельной активности (УА) для проб плотностью 1 г/см^3 в сосуде Маринелли (1 л) составляют:

^{137}Cs	$37 - 1 \cdot 10^5 \text{ Бк/л (кг)}$
^{40}K	$50 - 2 \cdot 10^4 \text{ Бк/л (кг)}$
$^{226}\text{Ra}, ^{232}\text{Th}$	$10 - 1 \cdot 10^4 \text{ Бк/л (кг)}$

Радиометр обеспечивает:

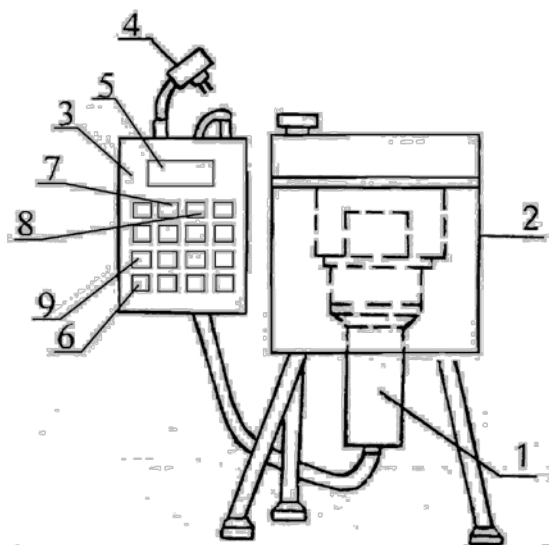
- регистрацию гамма-излучения в диапазоне энергий от 50 до 3000 кЭВ;
- измерение и накопление спектров в диапазоне каналов от 1 до 512;
- запись в память 299 измеряемых спектров с последующим хранением и возможностью считывания;
- стабилизацию энергетической шкалы при использовании контрольной пробы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

Высокая производительность и чувствительность прибора позволяют использовать гамма-радиометр 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.

Устройство прибора

Принцип действия основан на накоплении и хранении амплитудных спектров импульсов в БД. Амплитуда импульсов пропорциональна энергии гамма-излучения, преобразуется в цифровой код, который после обработки выводится на жидкокристаллическое табло. В основу принципа работы прибора положен сцинтилляционный метод обнаружения ионизирующих излучений.

Прибор состоит из блока детектирования (БД), размещенного в блоке защиты (БЗ), блока обработки информации (БОИ), установленном на блоке защиты и сетевого адаптера (АС) (рисунок 2.2).



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

Рисунок 2.2 – Общий вид гамма-радиометра РКГ-АТ 1320

Подготовка прибора к работе

1. Включение прибора

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

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

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:

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

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

2. 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:

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

В окне редактирования набирают следующие параметры:
Время набора фоновых спектров - не менее 10800 с (3 ч.).

Масса прибора - в соответствии с массой воды в установленном сосуде.

Геометрическое измерение - в соответствии с установленным сосудом. Радиометр РКГ-АТ 1320 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.

Порядок работы

1. 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.

1.1. Если плотность пробы отлична от 1 г/см^3 , то необходимо определить массу пробы, используя весы.

1.2. Поместите сосуд с исследуемой пробой в БЗ и закройте крышку.

1.3. Нажмите кнопку МЕНЮ, при этом на табло появится изображение поля спектра (исходное состояние).

1.4. Нажмите кнопку НАБОР. На табло появится сообщение:

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

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:

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

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.

1.6. Для определения удельной активности (УА) радионуклидов Cs-137 и K-40 нажмите кнопку АКТИВ на БОИ.

1.7. Для определения объемной активности (ОА) повторно нажмите кнопку АКТИВ. На табло появится сообщение «ИДЕТ РАСЧЕТ», а затем:

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

Результаты измерения ОА и УА занесите в таблицу 5, где в графе «Бк/кг» указывается измеренная активность соответствующего радионуклида.

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

Повторите действия пунктов 1.3–1.7:

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 следующий номер набранному спектру, запишите в память. Произведите расчет активностей УА и ОА, для чего нажмите кнопку АКТИВ на БОИ.

Результаты измерения занесите в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерений

Проба №	Масса (г)	Объемная активность (ОА) / Удельная активность (УА)				Норма РДУ-99	Скорость счета, имп/с
		Cs-137		K-40			
		Бк/кг	Бк/л	Бк/кг	Бк/л		

Лабораторная работа № 3. Определение концентрации нитрат-ионов в продукции растениеводства и водных растворах иономером И-160М

Цель работы: изучить свойства нитратов и их влияние на организм; изучить устройство и работу иономера лабораторного И–160М; получить навыки проведения измерений концентрации ионов NO_3^- в продукции растениеводства и водных растворах в соответствии с утвержденными методиками измерений для продуктов питания.

Оборудование и материалы: иономер лабораторный И–160М; стакан с дистиллированной водой для хранения электродов; фильтровальная бумага для про-

сушки электродов; стеклянная палочка (мешалка); пробы воды и продукции растениеводства; 1 %-й рабочий раствор алюмокалиевых квасцов; нормативный документ (ПДК).

Краткие теоретические сведения

Нитраты – это соли азотной кислоты (селитры). Растения обладают способностью поглощать из насыщенной удобрениями почвы в несколько раз больше соединений азота, чем требуется для их развития. В итоге лишь часть нитратов синтезируется в необходимый человеку растительный белок, а остальная часть поступает на стол в "чистом виде" – в плодах и корнях, в стеблях и листьях.

В организме их судьба зависит от многих факторов, в том числе и от состояния нашего здоровья. Одни нитраты беспрепятственно выводятся, другие включаются в безвредные, даже полезные для человека химические соединения, третьи превращаются в соли азотистой кислоты – нитриты, которые вступают в реакцию с гемоглобином крови, лишая возможности красные кровяные тельца питать кислородом клетки тела. Возникает заболевание, которое ведет к нарушению нервной системы, обмена веществ, называемое метгемоглобинемией. Обычно в организме содержание метгемоглобина составляет 2 %. Первые признаки заболевания наступают при содержании его 6–8 %. При 10–15% наступает легкая, при 20–30% – средняя, при 30–50 % и выше – тяжелая форма заболевания с летальным исходом. Особенно подвергаются этому заболеванию дети самого раннего возраста, больные и пожилые. Метгемоглобинемия опасна и для животных, особенно для молодняка крупного рогатого скота.

Кроме того, нитраты в организме могут вступать в реакцию с вторичными аминами, образуя вещества, вызывающие раковые заболевания. Поэтому на нитраты установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) для питьевой воды, продуктов питания, воды хозяйственного назначения, кормов. Установлены ПДК также на оксиды азота в воздухе. Безопасным для взрослого человека считается ежедневное потребление вместе с водой и пищей до 5 мг нитратов на 1 кг массы тела, т.е. примерно 325 мг в сутки. Для детей, пожилых людей и страдающих желудочно-кишечными заболеваниями этот норматив значительно ниже. На практике содержание нитратов в продуктах питания может превышать допустимое в десятки раз. Особенно высокое содержание их наблюдается в зелени, столовой свекле, салате; меньше — в репе, редьке, брюкве, капусте белокочанной, капусте цветной, моркови, хрене. Мало нитратов содержится в репчатом луке, щавеле, брюссельской капусте, физалисе.

Содержание нитратов различно в различных частях растения: больше всего их в стеблях, кочерыжках, черешках листьев и в жилках; в листовых пластинках – меньше, а в корнеплодах, семенах и плодах – еще меньше. Чем крупнее плод и клубни, тем больше вероятность высокой концентрации нитратов.

Обычно растительная продукция, купленная в магазине, на рынке и даже выращенная на дачном участке, содержит около 3-х ПДК нитратов. Причем ПДК на эти продукты и так высока.

Значительное количество нитратов может содержаться в колодезной воде. Имеются сведения, что водные нитраты гораздо токсичнее овощных. Дело в том,

что в овощах содержится витамин С и другие вещества, ослабляющие токсичность нитратов. Достаточно высокая концентрация нитратов в родниковых водах, ручьях, малых и средних реках, небольших водохранилищах, расположенных в зоне земледелия с применением азотных удобрений. Не исключено, что нитратам принадлежит главная роль в гибели рыбы, раков, водных организмов. Следует отметить, что одновременное воздействие нитратов и радиационного фактора усиливает негативные последствия для организма человека. Поэтому одной из важнейших задач защиты от нитратов является налаживание контроля содержания нитратов во всех объектах народного хозяйства.

Для определения нитратов разработан ряд методов и методик анализа. Наиболее широко в последнее время для определения нитратов применяют ионометрию с пленочными NO_3 -селективными электродами, разработанными на основе специальных приборов – нитратометров, узкоспециализированных на определение нитратов.

Определение ведут в варианте прямой потенциометрии после разбавления образца продукта фоновым (для поддержания ионной силы) раствором (раствор алюмокалиевых квасцов).

Назначение прибора

Иономер лабораторный И-160М предназначен для измерения водородного показателя (рН), показателя активности одновалентных и двухвалентных анионов и катионов (активности ионов, рХ), окислительно-восстановительного потенциала (Еh), температуры (Т), а также концентрации ионов (сХ) в водных растворах в соответствии с утвержденными методиками измерений для каждого вида исследований.

Прибор обеспечивает в режиме "Контроль" автоматическую диагностику параметров электродной системы.

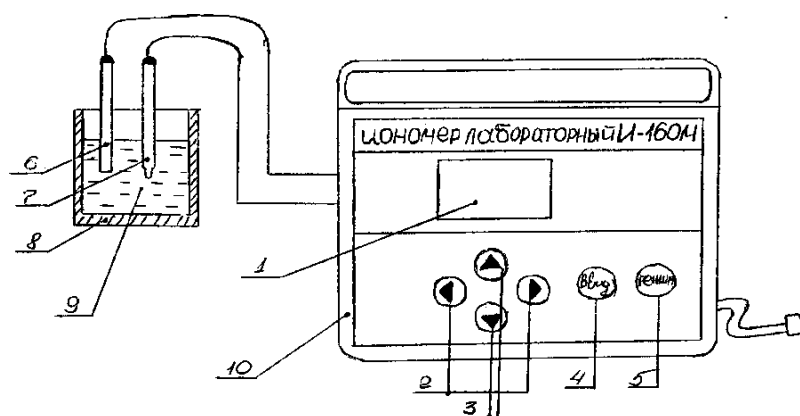
Устройство прибора

Прибор состоит из преобразователя, штатива, электродной системы (датчика концентрации) – двух электродов, соединенных с измерительным блоком при помощи гибкого кабеля.

Общий вид иономера представлен на рисунке 4.1.

Принцип действия основан на преобразовании ЭДС электродной системы в контролируемом ионном растворе пробы в пропорциональное по величине напряжение, преобразуемое в дальнейшем в цифровой код и аналоговый выходной сигнал.

Электродная система состоит из измерительного (электрод с нитрат-селективной мембраной, потенциал которого изменяется в зависимости от концентрации нитрат-ионов в исследуемом растворе) и вспомогательного (электрод сравнения, который имеет постоянной потенциал в растворах различной концентрации нитрат-ионов) электродов. При погружении в контролируемый раствор пробы, электродная система развивает ЭДС, пропорционально зависящую от концентрации ионов NO_3^- .



1 – цифровой дисплей; 2 – ◀▶ перемещение курсора влево и вправо; 3 – ▲▼ перемещение курсора вверх и вниз; 4 – "Ввод" подтверждение выбранного режима, символов, установленных числовых значений; 5 – "Режим" выбор режима работы прибора, отмена действия; 6 – измерительный электрод; 7 – вспомогательный электрод; 8 – стакан; 9 – проба продукта; 10 – преобразователь

Рисунок 4.1 – Общий вид иономера И-160М

Электролитический контакт вспомогательного электрода с контролируемым раствором осуществляется с помощью пористой мембраны в торце электрода и обеспечивающей истечение насыщенного раствора KCl в контролируемый раствор, это предотвращает проникновение из контролируемого раствора в систему вспомогательного электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода. Потенциал измерительного электрода пропорционально зависит от концентрации ионов в контролируемой пробе.

Подготовка прибора к работе

1. Включите преобразователь в сеть и прогрейте в течение 30 мин.

2. Подготовьте к работе электродную систему:

- электрод вспомогательный хлорсеребряный ЭВЛ–1М3.1 промыть дистиллированной водой, предварительно осторожным вывинчиванием удалив пробку. Выдержать электрод в насыщенном при 20°C растворе хлористого калия в течение 48 часов. В процессе работы пробка должна быть удалена;

- электрод измерительный ионоселективный ЭЛИС–121NO₃ поместить в раствор азотнокислого калия с концентрацией 0,01 моль/дм³ и выдержать в нем 24 часа;

- закрепить электроды (измерительный и вспомогательный) в штатив таким образом, чтобы они были на 1/3 погружены в стакан с дистиллированной водой, и подключить их к преобразователю, соединив с соответствующим разъемом на его задней панели.

Порядок работы

После включения в сеть преобразователь автоматически входит в режим „ИЗМЕРЕНИЕ". На дисплее преобразователя появляется сообщение:

КАНАЛ 1	Ta	20,9 C
NO ₃	100,0 mg/kg	

Индицируется номер канала 1, вид термокомпенсации (автоматическая) 2, температура 3, тип и вид иона 4, текущее значение результата измерения 5, единицы измерения 6.

Для измерения концентрации нитратов в продукции растениеводства необходимо предварительно подготовить пробы. Пробы готовятся лаборантами в соответствии с действующей научно-технической документацией. Продукт тщательно моют, просушивают, делят на четыре части по оси. Для пробы берут $\frac{1}{4}$ каждого плода и тщательно измельчают. Ягоды, зелень очищают от несъедобных частей, промывают, просушивают и тщательно измельчают. Затем отвешивают 10 г продукта или 10 см³ полученного сока и помещают в емкость (стакан).

В данной работе для исследования предлагается 5 проб – две пробы воды из различных источников и три пробы продукции растениеводства.

В стакан с исследуемой пробой продукции растениеводства влейте 50 мл экстрагирующего рабочего раствора (1 %-й раствор алюмокалиевых квасцов $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) и перемешайте стеклянной палочкой в течение 3 мин. В стакан с водой рабочий раствор не добавляется.

Поставьте стакан с пробой на штатив, таким образом, чтобы электродная система была погружена в пробу. На дисплее преобразователя индицируется текущее значение результата.

Время установления стабильных показаний обычно не превышает 3 мин. Однако, при измерениях в растворах с малой концентрацией время установления показаний может возрасти до 10 мин.

Внимание! При перемещении электродной системы из одной пробы в другую, следует промывать электродную систему в стакане для промывки электродов, а капли воды удалять фильтрованной бумагой.

Полученные результаты измерений, среднее арифметическое и выводы оформите в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Измерение концентрации ионов NO_3^- продуктах питания

Исследуемый продукт (проба №)	Содержание нитратов, мг/кг	Норма ПДК, мг/кг
----------------------------------	-------------------------------	------------------

Санитарно-гигиенический норматив ПДК нитратов в отдельных пищевых продуктах по Республике Беларусь утвержден Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь в Сан ПиН 11-63 РБ 98, с изменениями от 21.11.2005 г. в постановлении № 183.

В выводах необходимо дать заключение по результатам измерений о пригодности использования данного продукта в пищу и необходимые рекомендации по снижению концентрации нитратов в данной продукции растениеводства.

Лабораторная работа № 4. Исследование условий труда на рабочих местах в помещении лаборатории. Определение освещенности люксметром Ю-116 и уровня звука шумомером «Октава-110-А»

Цель работы: ознакомиться с общими понятиями о свете и звуке и их воздействии на организм человека, нормативными документами, приборами для проведения измерений и дать санитарно-гигиеническую оценку рабочего места.

Оборудование и материалы: люксметры Ю-116; шумомер «Октава» с микрофоном; нормативные документы: ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования»; Санитарные правила и нормы 2.2.4./2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», с изменениями и дополнениями от 12.12 2005 г.

Краткие теоретические сведения

Технический прогресс, применение новейших технологий, компьютеризация приводят к увеличению числа опасных факторов, влияющих на здоровье человека. Поэтому в наше время огромное значение приобретает охрана труда. Охрана труда является социально-технической наукой, которая выявляет производственные опасности и профессиональные вредности и разрабатывает методы их предотвращения или ослабления. Главным объектом ее исследования является человек в процессе труда, производственная среда и обстановка.

Под *средой* мы обычно понимаем комплекс физиологических параметров, влияющих на работающего человека. К таким параметрам можно отнести свет, шум, климатические условия (температуру, давление, влажность), электромагнитные поля.

Свет – это зрительная информация об окружающем нас мире. Чтобы человек мог выполнять зрительную работу, необходимы определенные характеристики света и зрения человека. Основными количественными показателями света являются световой поток и освещенность.

Световой поток определяют мощностью световой энергии, оцениваемой по производимому зрительному ощущению и выражению в люменах – лм.

Падая на поверхность, световой поток создает ее *освещенность*. За единицу освещенности принята освещенность поверхности площадью 1 м^2 световым потоком 1 лм. Выражается она в люксах – лк.

Под производственным освещением понимают систему устройств и мер, обеспечивающих благоприятную работу зрения человека и исключаящую вредное и опасное влияние на него в процессе труда.

Практический опыт показывает, что при недостаточных характеристиках освещенности производственное освещение может быть вредным и опасным производственным фактором. При неудовлетворительной освещенности ухудшаются условия для осуществления зрительных функций и жизнедеятельности организма и, как следствие, появляется утомление, глазные болезни, головные боли, что может быть косвенной причиной несчастных случаев. Поэтому можно сформулировать следующие требования к освещенности:

- освещенность на рабочих местах должна соответствовать характеру зрительной работы и нормативным значениям;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности;
- отсутствие резких теней;
- отсутствие блескости;
- постоянство освещенности во времени;
- правильная цветопередача.

По типу освещение принято делить на естественное, искусственное и смешанное.

Естественное освещение – освещение, создаваемое дневным светом. Это освещение наиболее благотворно действует на человека и не требует затрат энергии. Однако оно переменное в течение суток и зависит от климатических и сезонных условий. В зависимости от направления поступления света, естественное освещение может быть боковым, верхним и комбинированным.

Искусственное освещение – освещение, создаваемое электрическими источниками света. Его можно включать по необходимости, регулировать интенсивность светового потока и направленность. Но искусственное освещение отличается по спектру от дневного света и требует энергетических затрат.

На практике более широко распространено *смешанное освещение*, при котором естественное освещение, недостаточное по нормам, дополняется искусственным. В зависимости от характера выполняемой зрительной работы нормируется документом ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования».

Звук – представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое органом слуха. Движение звуковой волны в воздухе сопровождается периодическим повышением и понижением давления. Звуковое давление измеряется в паскалях (Па). Минимальная интенсивность звука, воспринимаемая ухом человека, называется *порогом слышимости* P_0 ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па), а порог болевого ощущения – $P = 2 \cdot 10^2$ Па. Изменения звукового давления слышимых звуков огромны и составляют примерно 10^7 Па. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое давление не в абсолютных, а в относительных единицах – белах (Б). Так как орган слуха человека способен различать изменение уровня интенсивности звука на 0,1 Б, для практического использования удобнее единица в 10 раз меньше – децибел (дБ). Пользоваться этой единицей очень удобно, так как весь огромный диапазон слышимых звуков укладывается менее чем в 140 дБ. При действии звука более 140 дБ возможен разрыв барабанной перепонки.

Шум – с физиологической точки зрения рассматривается как звуковой процесс, неблагоприятный для восприятия, мешающий работе, разговорной речи и отрицательно влияющий на здоровье человека. При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в двигательных центрах головного мозга, что вызывает нарушение координации движений. Кроме того, значительно увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке. Интенсивный шум является причиной функциональных изменений сердечнососудистой системы.

стой системы, нарушения нормальной функции желудка и других систем организма человека. Особенно неблагоприятное воздействие шум оказывает на нервную и сердечнососудистую системы.

То, в какой степени шум является помехой, определяют следующие факторы:

- уровень шума, дБ;
- природа шума (неожиданный и непостоянный шум мешает больше, высокие звуки больше, чем низкочастотный шум);
- вид выполняемой работы (творческий работник страдает больше от шума, чем исполнитель физической работы);
- отношение к источнику шума.

Например, в современном офисе больше всего шума создает компьютер (охлаждающий вентилятор, жесткий диск, работающий принтер, копировальный аппарат). Поэтому возрастает необходимость тщательно и в соответствии с нормативными документами производить планировку помещения, подбирать звукопоглощающие материалы для стен и потолка и использовать оборудование с уровнем производимого им шума, не превышающим 45 дБ.

Назначение люксметра Ю-116

Прибор предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом, источники которого расположены произвольно относительно светоприемника люксметра и применяется для контроля освещенности в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте и в других отраслях народного хозяйства, а также для исследований, проводимых в научных, конструкторских и проектных организациях.

Диапазон измерения освещенности от 5 до 100 000 лк. Указанный диапазон достигается с помощью применения двух шкал измерительного прибора и системы насадок с различными коэффициентами ослабления.

Устройство прибора

Люксметр Ю-116 состоит из измерительного прибора и отдельного селенового фотоэлемента с насадками, соединяющегося при помощи гибкого кабеля с измерителем.

Измеритель люксметра представляет собой прибор магнитоэлектрической системы, имеющий две шкалы измерения: 0-100 лк (верхняя шкала) и 0-30 лк (нижняя шкала). На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений – на шкале 0-100 лк точка находится над отметкой 20, на шкале 0-30 лк точка над отметкой 5. На передней панели прибора расположены две кнопки переключателя шкал и табличка со схемой, связывающей действие кнопок и используемых насадок с диапазонами измерений (таблица 8).

На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для присоединения селенового фотоэлемента.

Селеновый фотоэлемент имеет светочувствительную поверхность около 30 см².

Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца со сложным профилем. Насадка обозначена буквой К, нанесенной на ее внутреннюю сторону. Она применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образуют три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяются для расширения диапазона измерения.

Диапазон измерений и общий коэффициент ослабления двух насадок приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициенты ослабления насадок

Диапазон измерений, лк	Обозначение одновременно применяемых двух насадок на фотоэлементе	Коэффициент ослабления применяемых двух насадок
Основной 5-30 20-100	Без насадок с открытым фотоэлементом	1
50-300 200-1000	К, М	10
500-3000 2000-10 000	К, Р	100
5000-30 000 20 000-100 000	К, Т	1000

Принцип действия прибора заключается в измерении электрического тока на выходе селенового фотоэлемента, возникающего в результате преобразования световой энергии в электрическую.

Шкалы прибора проградуированы в единицах освещенности – люксах. Люксметр градуируется без насадок в основном диапазоне измерений.

Подготовка прибора к работе

1. Извлеките из футляра фотоэлемент люксметра и насадки К, М, Т, Р.
2. Установите измеритель люксметра (в футляре) в горизонтальное положение.
3. Проверьте, находится ли стрелка прибора на нулевом делении шкалы. В случае если стрелка отклонилась от исходного значения, установите ее с помощью корректора в нулевое.
4. Подсоедините фотоэлемент к измерителю. Для этого розетку на конце гибкого шнура фотоэлемента соедините с вилкой измерителя боковой стенки прибора, направляя "ключ" на розетке вниз для обеспечения правильной полярности соединения.

Внимание! Для предохранения фотоэлемента от излишней освещенности, перед подключением его к измерителю установите насадку Т.

Порядок работы

1 Определение коэффициента естественной освещенности (КЕО)

Освещение, создаваемое дневным светом, оценивается коэффициентом естественной освещенности в процентах, который рассчитывается по формуле:

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где E_B - освещенность, создаваемая дневным светом внутри помещения, лк;
 E_H - освещенность вне помещения, лк.

Произведите измерение освещенности на рабочем месте внутри помещения E_B .

Подготовьте люксметр Ю-116 к работе согласно инструкции. Фотоэлемент расположите горизонтально на столе на некотором расстоянии от измерителя, чтобы тень от проводящего измерения не падала на фотоэлемент.

Поскольку измеряемая освещенность неизвестна, необходимо выбрать диапазон измерения путем подбора поглотителя и соответствующей шкалы измерения. Установите на фотоэлемент поглотитель К, Т и добейтесь отклонения стрелки измерителя правее 20 по верхней шкале при нажатой правой кнопке прибора, либо правее 5 по нижней шкале при нажатой левой кнопке. Если это условие не выполняется, повторите перечисленные действия. Сначала с поглотителем К, Р, а затем, если возникнет необходимость, с поглотителем К, М.

Если при использовании поглотителя К, М и нажатой левой кнопке (нижняя шкала) стрелка не доходит до отметки 5, измерения следует провести с открытым фотоэлементом без поглотителя.

Снятые показания в делениях по выбранной шкале умножают на коэффициент ослабления поглотителя, зависящий от примененной насадки. Коэффициент ослабления указан на самой насадке или в таблице.

Пример. На фотоэлементе установлены насадки К, Р, на измерителе нажата левая кнопка, стрелка показывает 15 делений по нижней шкале 0-30 лк. Насадки К, Р обеспечивают коэффициент ослабления 100. Следовательно, измеряемая освещенность будет равна:

$$15 \cdot 100 = 1500 \text{ лк.}$$

Произведите измерение освещенности вне помещения E_H . Расположите прибор у окна, установите фотоэлемент параллельно поверхности пола. Подберите поглотитель, начиная с К, Т. Снимите показания по соответствующей шкале.

Рассчитайте коэффициент естественной освещенности и сделайте выводы о соответствии естественного освещения на рабочем месте согласно нормативному документу ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования».

2 Определение искусственной освещенности рабочих мест, создаваемой лампами накаливания

Затемните окна с помощью штор и включите искусственное освещение. Произведите измерение освещенности на рабочем месте E_B факт. Фотоэлемент прибора установите горизонтально на столе и, подобрав поглотитель и соответствующую шкалу, снимите показания в люксах (лк).

Сделайте выводы на основании требований ТКП 45-2.04-153-2009 "Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования".

3 Определение освещенности, создаваемой лампами накаливания расчетным путем

Рассчитайте искусственную освещенность рабочих мест для заданного помещения по формуле 10:

$$E_{\text{Врасч}} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_i \cdot u \cdot z}{S \cdot k}, \quad (10)$$

где N – число светильников, шт.; $N = 3$ шт;

n – число ламп в светильнике, шт.; $n = 5$ шт;

Φ_i – световой поток одной лампы, лм; $\Phi_i = 2700$ лм;

u – коэффициент использования окраски стен и потолков, $u = 0,35$;

z – поправочный коэффициент светильника, принимаемый $0,75$;

S – площадь освещаемого помещения, м^2 ;

k – коэффициент запаса, $k = 1,3$.

По результатам расчета сделайте выводы согласно нормативному документу ТКП 45-2.04-153-2009 "Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования" и дайте соответствующие рекомендации.

Шумомер-анализатор спектра Октава-110А

Назначение

Принцип действия прибора основан на измерении электрического сигнала с выхода конденсаторного микрофона, возникающего в результате преобразования звукового давления акустических шумов в электрический ток.



Подготовка прибора к работе

Накрутить микрофонный капсюль на предусилитель КММ400. вставить предусилитель КММ400 во входной разъем прибора ОКТАВА-110А. все операции по присоединению/отсоединению микрофона и предусилителя должны проводиться при выключенном приборе.

Порядок работы

Определение уровня шума в аудитории

Для определения уровня шума микрофон направьте в сторону основного источника шума, удалив его не менее, чем на 0,5 м от производящего измерение.

Порядок работы прибора в режиме измерения звука

в режиме измерения звука Порядок работы прибора следующий:

- Подготовка прибора к работе
- Включение прибора
- Настройка прибора
- Калибровка
- Запуск и остановка измерений. Изменение диапазона измерений
- Запись в память
- Выключение прибора

Включение прибора

Включение прибора осуществляется удержанием клавиши ВКЛ/ВЫКЛ в течение примерно 1 с.

После включения на индикаторе появляется надпись «SELF TESTING», затем необходимо выбрать язык (русский, английский) отображения информации.

Настройка прибора

Нажать МЕНЮ, перейти в «ВЫБОР ПРИБОРА» → клавишами ↑↓ выбрать опцию «ЗВУК».

Нажав клавишу МЕНЮ, в меню настройки прибора выбрать тип представления данных (Таблица, Спектр-Да, Спектр-Нет)

Выбранный табличный формат выглядит следующим образом:

1/1 SLOW	Д2
Гц	дБ
31,5	77.1
63	73.5
125	74.6
250	75.2
500	78.1
1	79.5
2	82.4
4	85.3
8	65.0
16	50.0
000:00:51	

Для выхода из меню «НАСТРОЙКА» нажмите клавишу МЕНЮ.

Запуск и остановка измерений. Изменение диапазона измерений

Запуск измерения производится клавишей СРАРТ/СТОП. Повторное нажатие клавиши СРАРТ/СТОП останавливает процесс измерений без сброса данных и длительности измерения..

Клавиша СБРОС производит общее обнуление блока детекторов, индикации данных и длительности измерений.

Если измеряемый сигнал слаб (измеряемые значения находятся вблизи нижней границы диапазона измерений), то нужно перейти в более низкий диапазон измерения прибора.

Выключение прибора

Убедиться, что измерения остановлены, нажать клавишу ВЫКЛ, перейти в окно «ВЫБОР ПРИБОРА», еще раз нажать клавишу ВЫКЛ.

Согласно полученному результату оцените уровень шумов в соответствии с нормативным документом Санитарные правила и нормы 2.2.4./2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», с изменениями и дополнениями от 12.12 2005 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Алексеева С.П. к др. Борьба с шумом и вибрацией. М., 1970.
- 2 Анненков Б.И., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии. М., 1991.
- 3 Богатырев Ю.В. Помощь потребителю: о нитратах и пестицидах в продуктах. Новосибирск, 1991.
- 4 Бударков В.А. и др. Радиобиологический справочник. Мн., 1992.
- 5 Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества / Под ред. Л.А. Ильина, В.А. Филова. Л., 1990.
- 6 Журавлев В.Ф., Цапков М.М. Токсичность нитратов и нитритов // Гигиена и санитария. 1983. № 1.
- 7 Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л., 1981.
- 8 Максимов М.Т., Оджагов Г. О. Радиоактивные загрязнения и их измерение: Учеб. пособие. М., 1989.
- 9 Новиков Ю.В., Окладников Н.И., Сайфутдинов М.М., Андреев И.А. Влияние нитратов и нитритов на состояние здоровья населения // Гигиена и санитария. 1985. №3.
- 10 Основы радиационной безопасности / Н.П. Корольчук, Н.Ф. Егорова, С.Е. Гапанович, П.В. Евменчик; Под ред. И.Я. Гапановича. Мн., 1996.
- 11 Радиационная безопасность / Н.П. Корольчук, С.Е. Гапанович; Под ред. Н.П. Корольчук. Мн., 1992.
- 12 Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. М., 1990.
- 13 Сельскохозяйственная радиоэкология / Р.М. Алексахин, А.В. Васильев, В.Г. Дикарев и др.; Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Коренева. М., 1992.
- 14 ТКП 45-2.04-153-2009 "Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования".
- 15 Холл Э.Дж. Радиация и жизнь: Пер. с англ. / Под ред. Л.А. Ильина. М., 1989.
- 16 Санитарные правила и нормы 2.2.4./2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

