



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет ветеринарної медицини

Кафедра інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-санітарного інспектування імені
професора В.Я.Атамася

ВЕТЕРИНАРНА РАДІОБІОЛОГІЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних занять

«ПРИЛАДИ»

для здобувачів денної форми навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності
211 ветеринарна медицина

Одеса 2025

УДК 636.09:577.34(083.13)

Укладачі:

Кандидат ветеринарних наук Скрипка Г.А.

Кандидат ветеринарних наук, доцент Найдіч О.В.

Рецензент: к.вет.н., доцент Іовенко Артем Володимирович

Методичні рекомендації до лабораторних занять з освітнього компонента «Ветеринарна радіобіологія» «Прилади» для здобувачів денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 211 ветеринарна медицина / Г.А. Скрипка, О.В. Найдіч [Електронний ресурс] – Одеса. : ОДАУ, 2024 . – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. 67 с.

Затверджено до друку методичною комісією факультету ветеринарної медицини (протокол №1 від 04 вересня 2025р.)

Відповідальний за випуск: Г.А. Скрипка, кандидат ветеринарних наук

©Скрипка Г.А., Найдіч О.В. 2025

ЗМІСТ

<i>Техніка безпеки та охорона праці.....</i>	<i>4</i>
<i>Рекомендована література.....</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторне заняття №1. Визначення забрудненості проб об'єктів ветеринарного нагляду радіонуклідами автоматизованим гама-радіометром РУГ-91 М1.....</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторне заняття №2. Устрій і робота радіометра-спектрометра універсального РСУ-01 «Сигнал-М».....</i>	<i>15</i>
<i>Лабораторне заняття №3. Будова та принцип роботи сцинтиляційного радіологічного приладу СРП-68-01.....</i>	<i>21</i>
<i>Лабораторне заняття №4 Устрій і робота приладу GREENTEST</i>	<i>28</i>
<i>Лабораторне заняття №5 Устрій і робота спектрометру енергій бета-випромінювання сцинтиляційного СЕБ-01.....</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторне заняття №6 Устрій і робота спектрометру енергій гамма-випромінювання сцинтиляційний СЕГ-001.....</i>	<i>49</i>

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота з радіологічними приладами вимагає дотримання суворих норм техніки безпеки та охорони праці. Це необхідно для запобігання негативного впливу іонізуючого випромінювання на здоров'я працівників та забезпечення безпеки навколишнього середовища.

Перед початком роботи з радіологічними приладами всі працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки та охорони праці, ознайомитися з інструкціями з експлуатації приладів та правилами поводження з джерелами іонізуючого випромінювання.

Перед використанням радіологічного приладу необхідно перевірити його справність, наявність усіх необхідних документів, а також провести контрольний вимір рівня радіації в робочій зоні.

У разі виявлення несправностей або відхилень у показниках, робота з приладом повинна бути негайно припинена, а про інцидент слід повідомити відповідальну особу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гудков, І. М. (2016). *Радіобіологія: уч. посіб.* Київ: НУБіП України. 485 с.
2. Гудков, І. М. (2019). *Радіобіологія: уч. посіб.* Київ. 504 с.
3. Гроза, В. І. (2018). *Радіобіологія: курс лекцій.* Миколаїв: МНАУ. 103 с.
4. Сільськогосподарська радіобіологія з основами радіоекології: теоретичні основи та лабораторно-розрахунковий практикум: *Навчальний посібник.* (2015). Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. 312 с.
5. Чорна, В. І., & Ананьєва, Т. В. (2021). *Радіобіологія з основами сільськогосподарської радіоекології. Практикум: навч. посіб.* Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 162 с.
6. Міністерство сільського господарства та продовольства України, & Мінчорнобиль України. (1995). *Методика відбору проб сільськогосподарської продукції та продуктів харчування для лабораторного аналізу на вміст радіонуклідів.* Київ.
7. УкрНДІ сільськогосподарської радіології. (1991). *Методика гамма-спектрометричного аналізу зразків агробіоценозу та продукції сільськогосподарського виробництва.* Київ.
8. Мінчорнобиль України, МОЗ України, & Держстандарт України. (1993). *Система контролю радіаційної якості продуктів харчування та сільськогосподарської продукції у разі великої радіаційної аварії: Міжвідомчі методичні вказівки.* Київ.
9. МОЗ України. (2006). *ДН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}\text{Цезію}$ і $^{90}\text{Стронцію}$ у продуктах харчування та питної води: Державні гігієнічні нормативи.* Київ.
10. Держстандарт України. (1994). *Пр50.2.006-94. Правила з метрології. Державна система забезпечення якості. Порядок проведення перевірки засобів вимірювань.* Київ.

Лабораторне заняття №1.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ ПРОБ ОБ'ЄКТІВ ВЕТЕРИНАРНОГО НАГЛЯДУ РАДІОНУКЛІДАМИ АВТОМАТИЗОВАНИМ ГАМА- РАДІОМЕТРОМ РУГ-91 МІ

Мотиваційна характеристика теми. Радіобіологія або радіаційна біологія – це наука про біологічну дію іонізуючих випромінювань на живі організми та їх у групування. Основними завданням радіобіології є вивчення загальних закономірностей дії іонізуючих випромінювань на живий організм з метою пошуку можливостей щодо керування його реакціями на цей фактор. Радіація здатна вбивати (діючи на організм фізично, хімічно, біологічно і у комплексі), руйнувати, лікувати, бути джерелом енергії тощо. Радіація руйнує всі форми життя, за умови, коли вона досягає певної дози. Пряма дія радіації у кожній формі не супроводжується відчуттям болю. Від незначної дози радіації організм захищає імунна система. Дози радіації можливо поділити на допорогові – це такі дози, за дії яких організм здатний захиститися; порогові (або крайньо допустимі) надпорогові, за умови дії яких організм уражає променева хвороба. За дії великих доз радіації настає смерть. Неможна вважати, що малі дози радіації нешкідливі, оскільки і вони здатні впливати по різному, зокрема на спадковість і мінливість організму. Радіаційні норми доз поділяються на міжнародні, національні, регіональні. Радіація впливає на генетичну систему, імунну систему, на кров і мієлопоез, на травлення. Її вплив може бути прямим і непрямим. Радіація фізично і хімічно здатна знищити середовище органічного життя на нашій планеті.

Мета заняття

Ознайомитись з будовою та правилами роботи гама-радіометра РУГ-91МІ та визначенням забрудненості проб за допомогою даного приладу.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитися з будовою гама-радіометру РУГ-91 МІ. Законспектувати.

Завдання 2. Ознайомитися з підготовкою приладу до роботи. Законспектувати.

Завдання 3. Ознайомитися з порядком роботи з гама-радіометром РУГ-91 МІ. Законспектувати.

Завдання 4. Ознайомитися як відбувається визначення радіаційного фону та автокалібрування приладу. Законспектувати.

Завдання 5. Ознайомитися як відбувається підготовка посуду для вимірювання проби, як проходить пробо підготовка та визначення питомої активності проби. Законспектувати.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

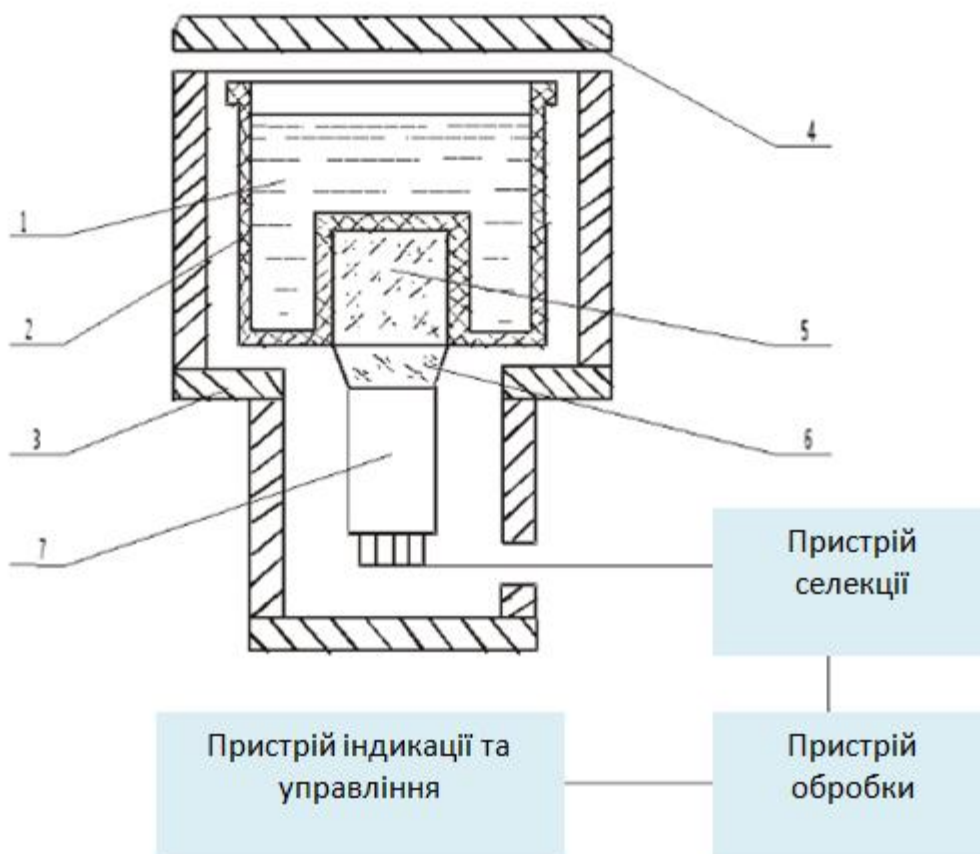
Підведення підсумків заняття

Автоматизований гама-радіометр питомої активності радіонуклідів РУГ-91МІ



Аналітичний прилад, призначений для селективного експрес-аналізу питомої активності радіонуклідів Cs-137, K-40, Ra-226, Th-232 у питній воді, продуктах харчування, кормах, ґрунті, будівельній сировині і матеріалах, а також інших об'єктах зовнішнього середовища.

Перед вимірюванням необхідно витримати гама-радіометр включеним не менше 30 хвилин.



Функціональна схема гамма-радіометра.

1 – дослідний зразок (проба); 2 – кювета (посудина Марінеллі); 3 – захисний свинцевий екран; 4 - захисна свинцева кришка; 5 – сцинтилятор CsI(Tl); 6 – світловод; 7 – фотоелектронний множинник

Порядок роботи з гама-радіометром РУГ-91МІ

Задавання режимів роботи гама-радіометру виконується тільки у чітко визначеній послідовності натискання клавiшiв. За її порушення спрацьовує система програмних блокувань.

Блимання індикаторів над клавiшами підказує оператору послідовне включення режимів роботи приладу. Спроба включення оператором недопустимих режимів приладом ігнорується.

Кожний натиск клавiшi, сприйнятий приладом, підтверджується звуковим сигналом.

Закінчення вимірювань можливо тільки після натиску клавiшi «Reset» (скидання) або вимкнення приладу з електромережі. Проте необхідно мати на увазі, що при цьому накоплена інформація знищується.

У режимі вимірювання гама-радіометр на натискання клавішів не реагує.

Вимірювання фону

Під час вимірювання фону посудина Марінеллі заповнюється дистильованою водою, її поміщають всередину приладу і закривають кришкою.

У випадку необхідності вимірювання питомої активності сухих, легких проб (сіно, сухі гриби та ін.) вимірювання фону здійснюється з порожньою посудиною Марінеллі.

Експозиція вимірювання – 1 година, яка задається клавішами «Time», «min» та індикується у секундах у правому віконці. Кожному натиску одного з указаних клавішів відповідає час, що виражається у секундах, додається до вже заданого часу.

Наприклад, для задавання часу вимірювання:

$$\begin{aligned} 30 \text{ хв} &= 10 \text{ хв} + 20 \text{ хв} \\ 1800 \text{ с} &= 600 \text{ с} + 1200 \text{ с} \end{aligned}$$

Необхідно послідовно натиснути клавіші «Time», «min». При цьому у правому вікні будуть послідовно 600 с (10 хв) і 1800 с (10 + 20 хв). Час вимірювання може бути заданий у діапазоні від 2 хв (120 с) до 150 хв (9000 с) з кроком 2, 10 чи 20 хв.

Для вимірювання фону необхідно натиснути клавішу «Background». Після цього засвітиться відповідний цій клавіші індикатор і пролунає короткий звуковий сигнал.

У лівому вікні індикаторної панелі висвітлиться заданий час вимірювання фону у секундах, а у правому вікні почнеться зворотній відлік текучого часу вимірювання. По закінченню вимірювання фону пролунає довгий звуковий сигнал. У індикаторних вікнах з'явиться інформація про інтегральні характеристики фону у лівому вікні – час накопичення фону у секундах, а у правому – середня інтегральна швидкість визначення фону в імп/сек.

Автоматичне калібрування гама-радіометра

Автокалібрування виконується за допомогою калібрувального зразка, який отримується разом із приладом. Калібрувальний зразок – це посудина Марінеллі, яка заповнена нешкідливою для людини калійною сіллю К-40.

Джерелом реперного сигналу для автокалібрування є ізотоп природного походження К-40. Суть автокалібрування полягає у тому, що проводиться порівняння енергетичного спектра зразка, який зберігається в пам'яті приладу і вимірюному під час початкового калібрування гамма-радіометру виготовлювачем. За результатами порівняння цих спектрів проводиться автоматичне корегування енергетичної шкали приладу.

Час автокалібрування становить 5 хв, корегування шкали гамма-радіометра зберігається до вимкнення приладу із мережі. Тому пропонується проводити автокалібрування перед початком кожного циклу вимірювань.

Проведення автокалібрування

Автокалібрування можливе тільки за вимірюного фону. Прилад готовий до проведення автокалібрування безпосередньо після натискання клавіші «Reset» (за умови раніше вимірюного фону). Сигналом готовності приладу до автокалібрування слугуватиме блимання індикатора над клавішами «Autocal» і «On».

Якщо у результаті автокалібрування числа, які висвітились у вікнах, співпадають або відрізняються не більше, ніж на 1–2 одиниці, то це свідчить про те, що енергетична шкала приладу змістилась незначно і проводити автокалібрування під час наступних вимірювань, навіть після вимкнення приладу від електромережі, не обов'язково. А якщо більше 1–2 одиниці, то проведення вимірювання не допускається.

У випадку тривалої безперервної експлуатації рекомендується періодично (через кожних 3–4 години) проводити його калібрування.

Підготовка кювети

Для радіометричного контролю слід використовувати чисті кювети (посудини Марінеллі). Провести вимірювання фону з порожньою кюветою. Провести вимірювання фону без кювети.

Якщо значення фону, вимірюного з пустою кюветою, перевищує значення фону, вимірюного без кювети, не більше ніж на 10–20 %, то вимірювання проводити можна. У зворотному випадку необхідно провести дезактивацію кювети. Промити синтетичним розчином концентрації 1–2 г/кг. Після чого промивають чистою водою, протирають етиловим спиртом. Потім знову вимірюють фон, щоб упевнитись у достатності проведення дезактивації.

Приготування зразка

Об'єм зразка, що вміщується у вимірювальну кювету, становить 500 мл і має бути витриманий з погрішністю, що не перевищує 2 %. Заповнення вимірювальної кювети до необхідного об'єму зазвичай проводять використовуючи раніше нанесені на її поверхню мітки, або набирають необхідний об'єм зразка мірною посудиною.

Підготовка харчових продуктів

Відібрані для аналізу харчові продукти попередньо піддають звичайній обробці, що проводиться на першому етапі приготуванні їжі.

Клубні, коренеплоди, харчову зелень, ягоди, фрукти, м'ясо промивають проточною водою. З капусти відділяють неїстівні листки. Рибу миють і видаляють внутрішні органи.

З ковбасних виробів і сиру знімають захисну оболонку.

Тверді продукти подрібнюють за допомогою ножа, м'ясорубки, кофемолки, тертки або вирізають зразок потрібного розміру за формою, близькою до форми вимірювальної кювети.

Підготовка для контролю зразка складається з ретельного перемішування речовин безпосередньо перед заповненням кювети. Похибка однорідності зразка не повинна перевищувати 2 %. Потім зважують порожню посудину Марінеллі і поміщають зразок у неї. Проводять повторне зважування.

Зважування зразка і облік його маси за вимірювань

Гама-радіометр призначений для вимірювання питомої активності дослідних зразків, розрахунок якої можливий тільки у тому випадку, коли відома маса проби.

Навіть у випадку проведення однотипних вимірювань, коли внесені значення мас тари і зразки залишаються незмінними, необхідність звернення до цієї процедури примушує оператора постійно контролювати раніше внесені значення. Введення значення мас тари і зразка зберігаються у пам'яті приладу до його вимкнення із електромережі. Початкові значення автоматично встановлюються після ввімкнення приладу: маса тари дорівнює 0, а маса проби – 0,5 кг. Ці значення відповідні випадку, коли вага порожньої посудини Марінеллі раніше врахована, а густина проби дорівнює 1 г/см^3 (наприклад, для водного зразка).

Визначення маси проби і введення її значення у пам'ять приладу

Для зважування проби необхідна наявність аналітичних терезів з діапазоном вимірювання від 100 г до 2000 г і похибкою вимірювання не більше 2 %. Введення маси проби в пам'ять приладу можливе тільки у тому випадку, якщо попередньо виміряний фон. Прилад готовий до введення маси безпосередньо після вимірювання фону, після автокалібрування чи у будь-який момент після натискання клавіші «Reset» за умови раніше виміряного фону. Сигналом готовності приладу до введення маси слугує мерехтіння індикаторів над клавішами «Autocall» і «On».

Введення значення маси тари

Натиснути блимаючу клавішу «On», після чого відбудеться перехід до процедури введення у пам'ять приладу ваги порожньої посудини Марінеллі. При цьому горить індикатор над клавішею «Tare», блимає індикатор над клавішею

«Mass(-)» і продовжує мерехтити індикатор над клавішею «On». Значення маси тари, яке вводять, буде висвічуватись у лівому вікні. У правому вікні інформація відсутня. Якщо після відключення приладу з електромережі тара вже вводилася, то в лівому вікні буде висвічуватись останнє внесені значення.

Зважити порожню посудину Марінеллі і ввести отримане значення у кілограмах в пам'ять приладу за допомогою клавіш «Mass(-)» і «Tare(+)».

За кожним натиском клавіші «Tare(+)» показники у лівому вікні будуть зростати на 0,005 кг, а за утримання клавіші в натисненому стані більше 3 с буде відбуватись прискорений набір показників з кроком 0,01 кг. Аналогічно проводиться зменшення показників за допомогою клавіш «Mass(-)». Коли показники у лівому вікні будуть відповідати вимогам, необхідно натиснути клавішу

«On». При цьому набране значення маси тари заноситься у пам'ять приладу і відбудеться перехід до процедури введення у пам'ять приладу маси проби.

У лівому вікні встановлюється початкове значення маси проби. При переході процедури введення у пам'ять приладу маси проби, горить індикатор

«Mass(-)», блимають індикатори над клавішами «Tare(+)» і «On». Значення маси, що вводиться, буде висвічуватись у лівому вікні. У правому вікні інформація відсутня. Якщо після останнього вимкнення приладу з електромережі маса проби уже вводилась, то у лівому вікні буде висвічуватись

останнє внесене значення, у протилежному випадку буде висвічуватись початкове значення 0,5 кг.

Зважують пробу і вводять отримане значення до пам'яті приладу за допомогою клавіш «Tare(+)» і «Mass». Коли показники у лівому вікні будуть відповідати необхідним, потрібно натиснути клавішу «On».

При цьому набране значення маси проби заноситься до пам'яті приладу, відбудеться перехід у режим вимірювання проби. У вікнах висвітяться нулі.

Якщо для вимірювань використовують початкові чи раніше введені значення маси тари і проби, для входження у режим вимірювання необхідно після натискання клавіші «Reset» зробити три послідовних натиски клавіші «On». Після першого натискання у вікнах буде висвічуватись маса тари, після другого – маса проби, а після третього – відбудеться перехід у режим вимірювання проби.

При входженні у режим вимірювання проби загоряється індикатор над клавішею «On», блимають світлодіоди над клавішами задавання часу «Time», «min», а у вікнах висвічуються нулі.

Визначення питомої активності проб

Коли виміряли фон, приготували пробу, зважили її і занесли масу проби у пам'ять гама-радіометра, прилад готовий до вимірювання активності проби.

Задати час вимірювання проби клавішами «Time» і «min». Його індикація у секундах відбувається у правому вікні. За кожним натисканням однієї з указаних клавіш, відповідний час додається до вже заданого часу вимірювання.

Набравши потрібний час вимірювання, натиснути клавішу «On». При цьому засвітиться відповідний цій клавіші індикатор. У лівому вікні буде висвічуватись заданий час вимірювання у секундах, а у правому вікні почнеться зворотній відлік часу вимірювання.

По закінченню накопичення програма переходить до розрахунку ізотопного складу проби, активності проби і статистичної похибки її визначення.

Під час розрахунку, який може продовжуватись до 20 с, у лівому вікні висвічується час вимірювання, а у правому – нуль і горять індикатори над клавішами «On», «Effectiveactivity» і над блоком клавіш «Activity».

Після закінчення розрахунку лунає характерна мелодія і прилад переходить у режим індикації сумарної ефективності питомої активності

проби. Питома активність проби визначається у лівому вікні, а статистична похибка її визначена в правому. Значення питомої активності і статистичної похибки визначається в Бк/кг. При цьому горить індикатор над клавішею «Effectiveactivity» і блимають індикатори над клавішами «Activity», «Reset».

Контрольні питання

1. Для визначення питомої активності яких об'єктів використовується прилад РУГ-91-М1?
2. Які радіонукліди можна визначати за допомогою приладу РУГ-91-М1?
3. Який радіонуклід використовують для калібрування РУГ-91-М1?
4. В яких одиницях вимірює РУГ-91-М1?

Форма звітності: конспект; виконання завдань; підготовка презентацій (за бажанням студентів).

Лабораторне заняття №2.

УСТРІЙ І РОБОТА РАДІОМЕТРА-СПЕКТРОМЕТРА УНІВЕРСАЛЬНОГО PCY-01 «СИГНАЛ-М»

Мотиваційна характеристика теми. Радіобіологія або радіаційна біологія – наука про біологічну дію іонізуючих випромінювань на живий організм з метою пошуку можливостей щодо керування його реакцій на цей фактор.

Радіація – найбільш гостра проблема сучасності. Її неможливо обмежити кордонами; її тяжко обмежити часом (до повного розпаду радіоактивних речовин потрібно від секунд до декількох мільйонів років, тому термін її шкідливої дії може тривати десятки тисяч років); вона не минає рангів, оскільки вражає як королів, імператорів, генералів, так і пастухів та інший простий люд. Радіація фізично і хімічно здатна знищити середовище органічного життя на нашій планеті.

Аварія на Чорнобильській АЕС показала, що необхідно правильно і оперативно використовувати дозиметричну і радіометричну апаратуру в екстремальних ситуаціях.

Знання основних положень радіобіології дозволяє студентам правильно і вчасно проводити профілактичні заходи за виникнення радіаційної небезпеки, проводити кваліфіковану оцінку продукції тваринного і рослинного походження на наявність радіонуклідів.

Мета заняття

1. Ознайомитись із призначенням, устроєм і роботою радіометра-спектрометра універсального РСУ-01 «Сигнал-М»;
2. Засвоїти показники гранично допустимого вмісту Sr-90 і Cs-137 у сільськогосподарській продукції і воді.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитися з будовою радіометра-спектрометра універсального РСУ-01 «Сигнал-М». Законспектувати.

Завдання 2. Ознайомитися з підготовкою до роботи та порядком роботи радіометра-спектрометра універсального РСУ-01 «Сигнал-М». Законспектувати.

Завдання 3. Ознайомитися з допустимими рівнями вмісту Sr-90 і Cs-137 у сільськогосподарських продуктах. Законспектувати.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

Підведення підсумків заняття

Радіометр-спектрометр універсальний РСУ-01 «Сигнал-М»



Призначення приладу

Радіометр РСУ-01 «Сигнал-М» призначений для вимірювання активності і питомої активності альфа-, бета- і гама-випромінюючих радіонуклідів; щільності потоку альфа-, бета-часток і нейтронів; щільності еквівалентної дози гама- і нейтронного випромінювань.

РСУ-01 може використовуватись для вирішення широкого спектру задач радіаційного контролю: від вимірювань у галузі сертифікації харчової продукції, води, будівельних матеріалів, продукції лісового господарства до моніторинга і вирішення задач радіаційного контролю на підприємствах ядерного циклу, а також для вирішення цілої низки задач, які пов'язані зі змінами радіоактивності.

Технічні дані і характеристика

Діапазони енергії випромінювань, які реєструють ке/В, для:

- Альфа-випромінювання: від $5 \cdot 10^2$ до $9 \cdot 10^3$ кеВ;
- Бета-випромінювання: від $1,5 \cdot 10^2$ до $4 \cdot 10^3$ кеВ;
- Гама-випромінювання: від $2 \cdot 10^2$ до $3 \cdot 10^3$ кеВ;
- Нейтронного випромінювання:
- Теплових нейтронів: менше 0,4 кеВ;
- Проміжних і швидких: від 1 до $1,4 \cdot 10^4$ кеВ.

Діапазони вимірювань активності для:

- Інтегральної питомої активності альфа-випромінюючих радіонуклідів у «товстих» пробах: від $5 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^5$ Бк/кг;
- Інтегральної питомої активності альфа-випромінюючих радіонуклідів в «тонких» пробах: від 10^2 до 10^4 Бк;
- Активності бета-випромінюючих радіонуклідів в пробах: від $5 \cdot 10^1$ до 10^4 Бк (по ^{90}I).
- Активності гама-випромінюючих радіонуклідів в пробах: від 3 до 10^4 Бк (по ^{137}Cs).

Діапазони вимірювань щільності потоку для:

- Альфа-випромінювання: від 10^{-2} до 10^2 см $^{-2}$ с $^{-1}$;
- Бета-випромінювання: від 10^{-2} до 10^2 см $^{-2}$ с $^{-1}$
- Нейтронного випромінювання теплових нейтронів проміжних і швидких нейтронів: від 1 до $3 \cdot 10^3$ см $^{-2}$ с $^{-1}$.

Діапазони вимірювань потужності еквівалентної дози для:

- Гама-випромінювання: від 1 до 1000 мкЗв/год;
- Нейтронного випромінювання: від 1 до 1000 мкЗв/год

Живлення РСУ-01 здійснюється від зовнішнього джерела живлення, працюючого від мережі змінного струму.

Час безперервної роботи – 6 год.

Час встановлення робочого режиму – 15 хв.

Комплектність

До комплекту приладу входять:

- Електронний пульт;
- Блок живлення із зарядним пристроєм;
- Два блоки детектування гама-, бета- і альфа випромінювання;
- Блок детектування нейтронного випромінювання;
- Свинцевий захист;
- Посудини Марінеллі об'ємом 0,5 і 1 л;
- Вимірювальні кювети для α - і β -проб;
- Контрольні α -, β - і γ -джерела;

Програмне забезпеченням.

Устрій і робота

PCY-01 складається з блоків детектування, захисту від зовнішнього гама-випромінювання, електронного пристрою і зовнішнього блока живлення.

Блок детектування складається із сцинтиляційного детектора, з'єднаного з фотоелектронним множителем (ФЕМ), системи світлодіодної стабілізації, розміщених в металічному циліндричному кожусі.

Залежно від виду випромінювання, яке реєструється у блоках детектування, використовують детектори на основі: $\text{ZnS}(\text{Ag})$, $\text{NaI}(\text{Ti})$ або $\text{Cs}(\text{Na})$ і суміші $\text{ZnS}(\text{Ag})$ і LiF .

На передній панелі електронного пристрою розташовані клавіатура і індикація, на задній – роз'єми для підключення до зовнішнього блоку живлення і блоку детектування, на боковій – перемикач для ввімкнення електронного пристрою.

Принцип роботи приладу заснований на перетворенні енергії кванту іонізуючого випромінювання в електричний імпульс.

Для гама- і бета-випромінювання амплітуда імпульсу енергії, втраченої квантом у чутливому об'ємі блока детектування. Сигнал, що поступає з блока детектування, поступає на вхід лінійного посилювача, де багатоканальний аналізатор веде підрахунок електронних імпульсів у каналах відповідних їх амплітудам.

Під час роботи в електрометричному режимі активність радіонуклідів у досліджуваній пробі розраховується процесором.

Під час роботи з альфа-випромінюванням активність розраховується як співвідношення швидкості імпульсів до чутливості.

Клавіатура слугує для управління PCY-01 і містить 8 клавіш.

Індикація слугує для виводу інформації, який може здійснюватись в одному із наступних режимів:

- Текстове повідомлення;
- Меню;
- Запит числа.

Порядок роботи

Вмикається прилад. Коли на екрані «Пуск Обр-ка» – він готовий до роботи.

Натиснувши на «Ввод», з'являється повідомлення «Калібровка. Фон. Вимірювання». Запускається режим калібрування, який триває 100 с.

Повідомлення з екрану заносяться до журналу. Пусту посудину Марінеллі встановлюють на детектор, закривають свинцевою кришкою і проводять вимірювання фону протягом 30 хв. Значення фону записують у робочий журнал.

Встановлюється необхідна маса проби, попередньо визначена за допомогою зважування на вагах із точністю ± 5 г (з відніманням маси порожньої посудини Марінеллі).

Натискається клавіша «Ввод» і виконується команда «Встановіть посуд Марінеллі з пробой на детекторі».

Після режиму «Обр-ка» на екрані з'являється повідомлення: «Cs-37....Бк/кг». Якщо питома активність проби перевищує норму, то пролунає три коротких сигнали.

Допустимі рівні вмісту Sr-90 і Cs-137 у сільськогосподарських продуктах

№	Назва продукту	Допустимі рівні	
		Sr-90	Cs-137
1.	Хліб, хлібопродукти	5	20
2.	М'ясо, м'ясопродукти	20	200
3.	М'ясо і птиця свіжоморожені	20	200
4.	Ковбаси і кулінарні вироби із м'яса	20	200
5.	Консерви м'ясні і м'ясо-рослинні	20	200
6.	Субпродукти	20	200
7.	Яйця і їх продукти	2	6
8.	Яєчний порошок	20	100
9.	Молоко і молочні вироби	20	100
10.	Консерви молочні	60	300
11.	Молоко сухе і вироби із нього	100	500
12.	Сири і вироби із сиру	100	500
13.	Риба і рибопродукти	35	150
14.	Жири рослинного і тваринного	20	100
15.	Сіль кухонна	200	100
16.	Продукти бджільництва	20	100
17.	Овочі. Фрукти. Зелень	20	40
18.	Гриби свіжі	50	500
19.	Гриби сушені	250	2500
20.	Зерно та зернобобові	100	600
21.	Корми для всіх тварин та птиці	100	600

22.	Корми для непродуктивних тварин, собак, котів, рибок	100	600
23.	М'ясо-кісткове і рибне борошно	100	600
24.	Премікси, вітамінні добавки	100	600
25.	Шрот соєвий, макуха	100	600
26.	Грубі та соковиті корми, коренеплоди	100	600
27.	Вода	2(4)	2
28.	Інші продукти	200	600

Контрольні питання

1. Призначення і галузь застосування радіометра РСУ «Сигнал-М».
2. Комплектність і будова приладу.
3. Порядок роботи радіометра.
4. Гранично допустимі рівні вмісту Sr-90 і Cs-137 в основних продуктах тваринного і рослинного походження.
5. Який детектор використовується в РСУ «Сигнал-М»?

Форма звітності: конспект; виконання завдань; підготовка презентацій (за бажанням студентів).

Лабораторне заняття №3.

БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО РАДІОЛОГІЧНОГО ПРИЛАДУ СРП-68-01



Мотиваційна характеристика теми. У зв'язку з несприятливою радіаційною обстановкою на окремих територіях, спричиненою аварією на Чорнобильській АЕС, перед ветеринарною радіологічною службою постають важливі виклики. Насамперед це стосується моніторингу та контролю рівня радіонуклідів у продуктах рослинного й тваринного походження. Центральною ланкою в цій системі є ветеринарна радіологічна лабораторія, яка виконує радіологічний контроль об'єктів ветеринарного нагляду. До її основних завдань входить проведення радіологічних досліджень у межах щорічних державних програм моніторингу залишків ветеринарних препаратів та забруднювачів у живих тваринах і необробленій продукції тваринного походження. Крім того, лабораторія здійснює контроль продуктів харчування як місцевого виробництва, так і тих, що надходять із інших регіонів.

Мета заняття

1. Ознайомитись із призначенням, устроєм і роботою сцинтиляційного радіологічного приладу СРП-68-01;
2. Засвоїти методику прижиттєвого визначення концентрації радіонуклідів у м'ясі великої рогатої худоби.

Завдання

Завдання 1. Ознайомитися з будовою сцинтиляційного радіологічного приладу СРП-68-01; Законспектувати.

Завдання 2. Ознайомитися з підготовкою приладу до роботи та порядком роботи. Законспектувати.

Завдання 3. Ознайомитися з методикою прижиттєвого визначення концентрації радіонуклідів у м'ясі великої рогатої худоби за допомогою СРП-68-01. . Законспектувати.

Завдання 4. Ознайомитися з методикою визначення питомої активності проб харчових продуктів за допомогою СРП-68-01. Законспектувати.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

Підведення підсумків заняття

Конструкція приладу

Прилад дозволяє проводити вимірювання потоку випромінювань у межах від 0 до $10\,000\text{ с}^{-1}$ та потужності експозиційної дози γ -випромінювань у межах від 0 до 3000 мкР/год. Прилад складається з : пульта, блоку детектування, кабелю. На пульті розташований діапазон вимірювань, що розбитий на наступні піддіапазони:

А) при вимірюванні потоку γ - випромінювань:

0–100 с^{-1}

0–300 с^{-1}

0–1000 с^{-1}

0–3000 с^{-1}

0–10000 с^{-1}

Б) при вимірюванні потужності експозиційної дози:

0–30 мкР/год

0–100 мкР/год

0–300 мкР/год

0–1000 мкР/год

0–3000 мкР/год

Прилад може працювати безперервно протягом 8-ми годин. Умови роботи: температура повітря від $+50$ до -20°C , відносна вологість повітря 90 % за температури 30°C . Витримує атмосферний тиск 0,3 атм.

Принцип роботи

Принцип роботи приладу СРП-68-01 базується на перетворенні фізичної інформації в електричні сигнали з наступною зміною їх параметрів. Функцію перетворювача виконує сцинтиляційний детектор, що складається з кристалу NaI у якості сцинтилятора та ФЕМ в якості перетворювача світлових величин у електричні. Аналогічні імпульсні сигнали, що знімаються з ФЕМ, після посилення відокремлюються від шумів та перетворюються у послідовність логічних сигналів, середня частота повторюваності яких пропорційна вимірюваній фізичній величині. Ця послідовність надходить на інтегруючий лінійний вимірювач середньої швидкості підрахунку, показання якого виводяться на стрілковий прилад.

Шкала стрілкового приладу відградуєвана в одиницях потоку та потужності експозиційної дози γ -випромінювання. СРП виконаний на напівпровідникових приладах із застосуванням інтегральних мікросхем. До комплекту приладу входить контрольне радіоактивне джерело на основі ізотопу

Со-60, поводження з яким має відповідати правилам роботи з радіоактивними речовинами.

Порядок роботи

1. Увімкнути прилад, перевівши перемикач режиму робіт у положення «БАТ». При цьому визначають напругу батареї живлення 6,5–15 В, якщо менше 6,5 В – змінити елементи живлення.
2. Перевести перемикач режиму роботи у положення 5 В. У цьому положенні стрілковим приладом контролюється вихідна напруга стабілізатора, яка має становити 5 Зв, максимум вимірювань – 10 В. Вимірювання можуть бути розпочаті не менше ніж через 1 хв після увімкнення приладу.
3. Перевести перемикач режиму робіт у положення «5». При цьому показники стрілкового приладу відповідають потужності експозиційної дози або потоку γ -випромінювання на місці розташування блоку детектування у залежності від положення перемикача меж вимірювання.
4. Зняти кришку контрольного джерела. Записати показання приладу.
5. Проконтролювати рівень фону на місці проведення вимірювань.
6. Під'єднати блок детектування до контрольного джерела. Натиснути кнопку КОНТР на пульті приладу.

Прижиттєве визначення концентрації радіонуклідів у м'ясі великої рогатої худоби

При годівлі великої рогатої худоби кормами, що містять радіоактивні речовини, у м'ясі тварин накопичуються радіоактивні ізотопи – в основному цезій-134 і цезій-137. Методика прижиттєвого визначення концентрації радіонуклідів у м'ясі базується на кореляції між потужністю дози γ -випромінювань, виміряній у надлопатковій ділянці та ділянці сідничних м'язів та вмістом радіонуклідів у м'ясі великої рогатої худоби.

Для підвищення чутливості прижиттєвого визначення радіонуклідів у м'ясі великої рогатої худоби датчик СРП-68-01 повинен бути оснащений свинцевим циліндричним колиматором. Колиматор закріплюють на вимірювальній голівці приладу так, щоб екранувати чутливий об'єм від зовнішнього фону. Довжина циліндричного колиматора 140 мм при товщині свинцю 5 мм дозволяє знизити вимірюваний фон у 2–2,5 рази. До комплекту приладу має входити також фантом у вигляді заглушки, який призначений для вимірювання фону за імітації геометрії «детектор- тварина». Фантом являє собою свинцевий диск діаметром 60 мм при товщині 40 мм.

Порядок визначення

1. На вибраній ділянці виміряти γ -фон за імітації «детектор-тварина». Для цього до вимірювальної голівки приладу закріпити насадку-коліматор; увімкнути радіометр та перевірити його працездатність згідно інструкції;

2. Закрити фантом заглушкою (торцову частину вимірювальної голівки) і на висоті 1,5 м виміряти фон R_f (мкР/год). Показання приладу занести до журналу реєстрації.

Для виключення впливу γ -випромінювань від стада великої рогатої худоби додаткового фону обстеження тварини проводять на відстані 5–7 м від іншої частини стада. Для кожної тварини вимірювання потужності дози слід проводити у надлопатковій ділянці та в області сідничних м'язів. Показання приладу R_p (мкР, год) занести до журналу.

За формулою $R = R_p - R_f$ (мкР/год) визначити концентрацію радіонуклідів у м'ясі. Достовірність прижиттєвого визначення радіонуклідів у м'ясі становить 50 %.

Правила відбору проб продуктів

Приладом СРП-68-01 встановлюють однорідність партії продукту за вимірними рівнями γ -випромінювань. Продукція вважається однорідною за рівнем забруднення, якщо вимірювання, проведені в різних точках упаковки (контейнер, ємність, одиниця складування та ін.) різняться не більше ніж у два рази. При встановленні неоднорідності партії продукції проводиться сортування продуктів на три групи за ступенем їх радіоактивного забруднення (високий, середній, низький), від кожного з яких беруть додаткові проби та роблять висновок про рівень радіоактивності.

Доставлені до лабораторії проби харчових продуктів піддають обробці, яка ідентична тій, яку застосовують до них на першому етапі приготування їжі.

Коренеплоди та коренебульбоплоди промивають у проточній воді. З капусти видаляють неїстівне листя. Харчову зелень, ягоди та фрукти промивають проточною водою. М'ясо та рибу миють, у риби видаляють луску та нутрощі.

З ковбасних виробів знімають оболонку, з сиру – шар парафіну. Підготовані продукти подрібнюють за допомогою м'ясорубки, терки, кавомолки та ін. Харчову зелень, траву, сіно та іншу сировину подрібнюють ножем.

Визначення питомої активності проб харчових продуктів за допомогою СРП-68-01

Визначення питомої активності харчових продуктів може проводитись у спеціально виготовленому свинцевому будиночку з товщиною стінок не менше 5 см, а також у ємностях – посудинах Марінеллі. Перед вимірюванням

досліджуваних зразків визначають γ -фон ($A_{\text{ф}}$) в свинцевому будиночку таємності, в якій буде знаходитись досліджуваний продукт.

Маса досліджуваної проби становить 600–800 г. Перед вимірюванням детектор обгортають тонким папером або одягають на нього палець гумової рукавички. Підготовану пробу поміщають у свинцевий будиночок так, щоб її поверхня знаходилася на відстані 5–7 мм від вікна детектора.

Вимірювання починають не раніше ніж через 1 хв після ввімкнення приладу. Кожну пробу вимірюють двічі. У разі різкого розходження між показниками двох вимірювань у два та більше разів пробу вимірюють втретє. Кінцевий результат – середнє з двох найбільш співпалих результатів вимірювання ($A_{\text{в}}$).

Рівень забрудненості визначають за формулою:

$$A_0 = A_{\text{в}} - A_{\text{ф}}$$

Де:

$A_{\text{ф}}$ – величина потужності експозиційної дози γ -фону (мкР/год);

$A_{\text{в}}$ – величина потужності експозиційної дози досліджуваної проби, мкР/год;

A_0 – величина потужності експозиційної дози досліджуваної проби без фону, мкР/год.

Після цього за значенням A_0 в мкР/год із таблиць визначають рівень питомої активності у Кі/кг, Кі/л

Таблиця визначення питомої активності досліджуваних продуктів за допомогою СРП-68-01

Величина потужності експозиційної дози досліджуваної проби без фону A_0 , мкР/год	Питома активність досліджуваної проби, Кі/кг, Кі/л
3	2×10^{-8}
7	5×10^{-8}
13	1×10^{-7}
25	2×10^{-7}
50	4×10^{-7}
100	8×10^{-7}
125	1×10^{-6}
250	2×10^{-6}
375	3×10^{-6}
500	4×10^{-6}
625	5×10^{-6}

750	6×10^{-6}
875	7×10^{-6}
1000	8×10^{-6}
1125	9×10^{-6}
1250	1×10^{-5}
2500	2×10^{-5}

Вимірювання без захисту

При вимірюванні без захисту слід використовувати лише «чисті» фонові проби.

«Чистою» фоновою пробою вважають пробу, радіоактивність якої не перевищує 0,1 тимчасово допустимого рівня. Подрібнений продукт поміщають у посудину Марінеллі або у скляну банку ємністю 1 л або 3 л. Для обох ємностей наявні різні коефіцієнти «К».

Коефіцієнти «К», рекомендовані для переведення мкр/год у Кі/кг (Кі/л)

Вид продукту	Коефіцієнт «К», Кі/кг (Кі/л)
М'ясо, крупа, цукор, картопля	6×10^{-9}
Масло, сир, гриби. Цибуля, редис, огірки, трава, яйця	2×10^{-9}
Молоко	8×10^{-9}

Визначення радіоактивних речовин у банці ємністю 1 л. У неї поміщають продукти у наступних величинах:

- домашній сир, миті та подрібнені овочі та фрукти, ягоди, крупа – 0,7 кг
- масло вершкове, маргарин – 0,4 кг
- подрібнені м'ясопродукти – 0,6 кг
- яйця биті – 10 шт
- цибуля, зелень – 0,25 кг.

На щупи приладу (блок детектування) одягають поліетиленовий чохол, щоб його не забруднювати радіоактивними речовинами.

Спочатку щуп приладу поміщають у пусту банку на місці вимірювання радіоактивних речовин та визначають фонову величину у мкр/год (Аф). Потім

банку наповнюють продуктом і в нього вводять щуп приладу так, щоб його торцова частина не доходила до дна банки на 2,5–3 см. Знімають показання мкР/год (Апр).

Активність продукту визначають за формулою:

$$A = A_{\text{пр}} - A_{\text{ф}} \times K$$

Результати визначення вмісту радіонуклідів у дослідних зразках оформлюють на бланку реєстрації результатів вимірювань.

Контрольні питання:

1. Яка комплектація приладу СРП-68-01?
2. Які має піддіапазони вимірювань прилад СРП-68-01?
3. Який детектор використовується в приладі СРП-68-01?
4. Який ізотоп використовують в якості контрольного джерела в приладі СРП-68-01?
5. Для чого використовують прилад СРП-68-01 у ветеринарії?
6. Які одиниці вимірювання у приладу СРП-68-01?

Форма звітності: конспект; виконання завдань; підготовка презентацій (за бажанням студентів).

Лабораторне заняття №4.

УСТРІЙ І РОБОТА ПРИЛАДУ GREENTEST

Мотиваційна характеристика теми. Іонізуючі випромінювання існували на Землі задовго до появи людини. Проте їхній вплив на людський організм був виявлений лише наприкінці XIX століття завдяки відкриттю французького фізика Анрі Беккереля та подальшим дослідженням П'єра і Марії Кюрі, які вивчали явище радіоактивності. Поняття «іонізуюче випромінювання» охоплює декілька видів енергії, різних за фізичною природою, але об'єднаних спільною здатністю — викликати іонізацію і руйнувати біологічні тканини. Життя на планеті Земля розвивається в умовах постійного впливу різних форм випромінювання. Слово “радіація”, яке використовується на міжнародному рівні, має латинське походження — *radiatio* означає «промінь», а термін “радіоактивність” утворено шляхом поєднання *radiatio* та *activus* (діючий). Під радіоактивністю розуміють здатність деяких елементів і матеріалів самовільно, без стороннього впливу, випромінювати невидимі, беззапахові та несмакові промені. Через те, що ці промені не сприймаються органами чуття людини, їх вважають особливо небезпечними. Глибоке розуміння природи та особливостей впливу різних типів іонізуючого випромінювання на речовини є вкрай

важливим. Воно дозволяє не лише прогнозувати можливі ризики для живих організмів, а й розробляти ефективні заходи захисту від радіаційного впливу.

Мета заняття

1. Ознайомитись із призначенням, устроєм і роботою приладу **GREENTEST**;

Завдання

Завдання 1. Ознайомитися з будовою дозиметра **GREENTEST**; Законспектувати.

Завдання 2. Ознайомитися з підготовкою приладу до роботи та порядком роботи. Законспектувати.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів; дозиметр **GREENTEST**.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

Підведення підсумків заняття

GREENTEST - прилад для експрес-аналізу вмісту нітратів у свіжих овочах, фруктах, м'ясі, визначення жорсткості води, а також для визначення рівня радіоактивного фону та виявлення предметів, продуктів харчування, будівельних матеріалів та інших предметів, заражених радіоактивними елементами. Прилад вимірює радіаційний фон за величиною потужності іонізуючого випромінювання (гамма-випромінювання та потоку бета-часток).



Технічні характеристики

Мін/макс діапазон вимірювання вмісту нітратів	0-9999 мг/кг
Мін/макс діапазон вимірювання вмісту солей у водному розчині 1 ppm (1 мг/л)	0-999 мг/л
Діапазон показників рівня радіоактивного фону, мкЗв/год (мкР/год)	0-9,99 (999,9)
Діапазон показників значення накопиченої дози, мЗв (мкР)	0-999,99 (0-99999)
Час вимірювання нітратів	3 сек.
Похибка вимірювань	Не більше 10%
Елементи живлення	Літій-іонний акумулятор
Емність акумулятора	720 мА/год
Додаткове живлення	Від USB
Ток зарядки від USB	310 мА
Напруга живлення від USB	5В
Час безперервної роботи приладу	До 20 годин

Габаритні розміри	122x52x14 мм
Маси приладу	90 г
Роздільна здатність TFT екрану	320x240
Діапазон робочих температур	Від 0 до +60 °С

Комплектація

Прилад Greentest
 Зарядний адаптер
 Кабель USB для зарядки
 Інструкція по використанню
 Гарантійна карта

Настройка приладу

Перевірка комплектації приладу. При першому включенні приладу треба перевірити рівень зарядки акумулятора приладу і за необхідністю проводиться його повна зарядка. Для проведення аналізу за допомогою приладу треба ознайомитися з інструкцією з експлуатацією.

Порядок роботи

Після включення приладу на екрані відображається головне меню. У правому верхньому кутку екрану відображається рівень заряду акумулятора. В головному меню можна вибрати із списку рослинний продукт, м'ясо, воду, меню радіаційного контролю, а також відкрити меню налаштувань.



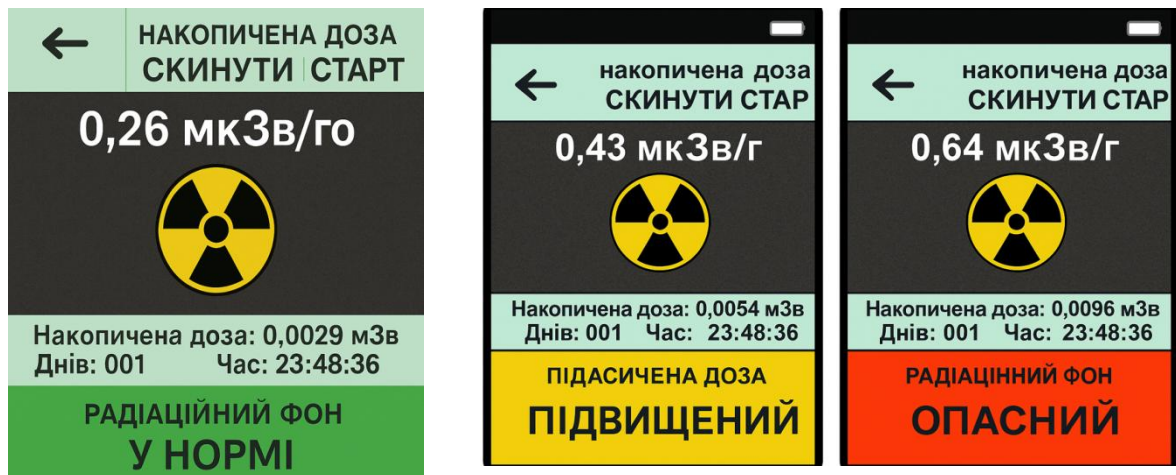
Меню налаштувань містить слідує підменю:

правова інформація, мова, інструкція, автовимкнення, гучність, налаштування екрану, версія налаштування радіації . У меню *Налаштування радіації* можна обрати одиниці вимірювання радіації (Зіверт або Рентген).

Вимірювання радіаційного фону або радіації від предметів

Прилад проводить вимірювання рівня радіаційного фону відразу після включення, працює в режимі безперервного вимірювання та виводить результат вимірювання на дисплей. Знаходження в зоні радіаційної небезпеки або поблизу предметів з підвищеним радіаційним фоном може призвести до несприятливих наслідків радіаційного опромінення.

Для перевірки радіації потрібно на екрані приладу вибрати відповідний режим роботи – «Радіація». Після цього на дисплеї відразу з'явиться числове значення радіації. Крім цього буде відображена підказка текстом та кольором фону про те, якою мірою виміряний радіаційний фон.



Таким чином, прилад перевіряє радіаційний фон у приміщенні, в якому він включений. Якщо потрібно перевірити продукт, то для цього досить просто піднести до нього прилад та включити режим «Радіація».



За допомогою кнопки СТАРТ – СТОП можна запустити вимірювання накопиченої дози, прилад буде виконувати вимірювання в фоновому режимі до тих пір, поки вимірювання не буде зупинено кнопкою СТОП. Скинути накопичену дозу можна кнопкою СБРОС.



Контрольні питання

1. Для чого використовується прилад GREENTEST?
2. Який порядок роботи з приладом GREENTEST?
3. Яким чином проводиться вимірювання радіаційного фону або радіації від предметів за допомогою приладу GREENTEST?

Форма звітності: конспект; виконання завдань; підготовка презентацій (за бажанням студентів).

Лабораторне заняття №5.
**УСТРІЙ І РОБОТА СПЕКТРОМЕТРУ ЕНЕРГІЙ БЕТА-
ВИПРОМІНЮВАННЯ СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО СЕБ-01**

Мотиваційна характеристика теми. Після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році питання контролю за вмістом радіонуклідів у продуктах харчування стало надзвичайно актуальним для України та багатьох інших країн. Продукти харчування є основним шляхом надходження радіоактивних речовин до організму людини, що може мати серйозні наслідки для здоров'я — від порушення роботи внутрішніх органів до підвищеного ризику онкологічних захворювань.

Систематичний контроль за рівнем радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs і ^{90}Sr , дозволяє не лише забезпечити дотримання державних гігієнічних нормативів, а й запобігти споживанню небезпечної продукції. Такий моніторинг є важливою складовою державної системи забезпечення радіаційної безпеки населення та екологічного контролю.

Крім того, вимірювання радіоактивного забруднення дозволяє проводити наукові дослідження щодо динаміки розпаду та міграції радіонуклідів у агроєкосистемах, визначати ефективність агротехнічних заходів зі зменшення забруднення та розробляти стратегії поводження з ураженою продукцією. Отже, дана тематика має не лише прикладне, а й глибоке наукове та суспільне значення.

Мета заняття

- 1) Ознайомитись із призначенням, устроєм і роботою спектрометру енергій бета-випромінювання сцинтиляційного СЕБ-01
- 2) Засвоїти підготовку проби до вимірювання питомої активності.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів; спектрометр енергій бета-випромінювання сцинтиляційного СЕБ-01

Завдання

1. Ознайомитися з призначенням спектрометру СЕБ-01. Законспектувати.
2. Ознайомитися з технічними характеристиками спектрометру СЕБ-01. Законспектувати.
3. Ознайомитися зі складом спектрометра СЕБ-01. Законспектувати.
4. Ознайомитися з устроєм та принципом дії спектрометра СЕБ-01. Законспектувати.

5. Ознайомитися з принципом використання та обслуговування спектрометра СЕБ-01. Законспектувати.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

Призначення приладу

Спектрометр призначений для визначення активності (питомої активності) бета-випромінюючих радіонуклідів у *зразках об'єктів навколишнього середовища* (крім ^{232}Th (торій-232) і ^{226}Ra (радій-226)) і *харчових продуктах*. Спектрометр може використовуватися для ідентифікації радіонуклідів, до яких насамперед відносяться $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ (стронцій-90 у рівновазі з ітрієм), ^{137}Cs (цезій-137) і ^{40}K (калій-40).

Області застосування спектрометрів:

- контроль вмісту радіонуклідів у сільськогосподарських продуктах та продуктах харчування;
- спектрометричні дослідження та вимірювання в різних галузях науки та техніки:
- ядерної фізики, ядерної хімії, атомної енергетики та ін.

Спектрометр призначений для експлуатації у офісних приміщеннях.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря до 75% при $+30^{\circ}\text{C}$ та нижчих температурах без конденсації вологи;
- атмосферний тиск повітря від 84 до 106.7 кПа (630-800 мм рт.ст.).

Технічні характеристики

Діапазон вимірюваних енергій бета-випромінювання від 100 до 3000 кеВ.

Час встановлення робочого режиму, мін, не більше 15

Час безперервної роботи, год, не менше 24

Потужність від мережі $\sim 220\text{ В}$, ВА, що споживається спектрометром, не більше 250

Середній термін служби спектрометра, років, не менше 6

Склад спектрометра

Спектрометр є вимірювальною установкою, що складається з наступних складових частин (малюнки 1а, б і 2).

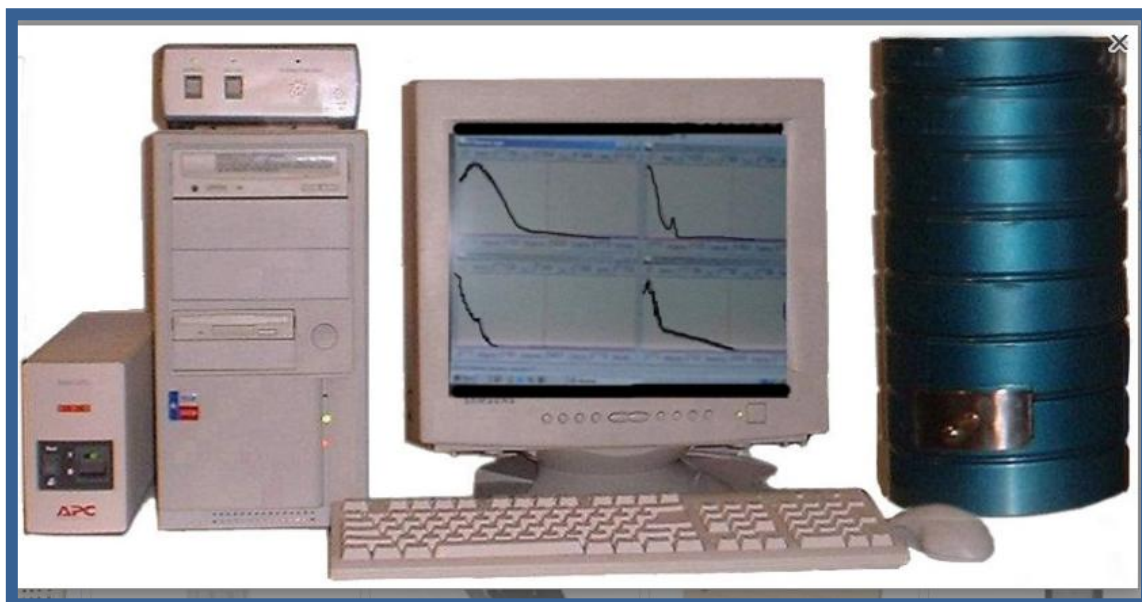


Рис. 1а. Спектрометр СЕБ-01-70-01



Рис. 1б Захист детектора із вбудованим аналізатором спектрометра СЕБ-01-150-03

До складу спектрометра входить сцинтиляційний аналізатор бета-випромінювання (надалі - аналізатор). Аналізатор живиться низьковольтною напругою, що надходить від окремого блоку живлення. Аналізатор заключений

у пасивний захист детектора від природного радіаційного фону. Персональний комп'ютер, оснащений спеціальним програмним забезпеченням, отримує спектр від аналізатора та здійснює його інформаційну обробку.

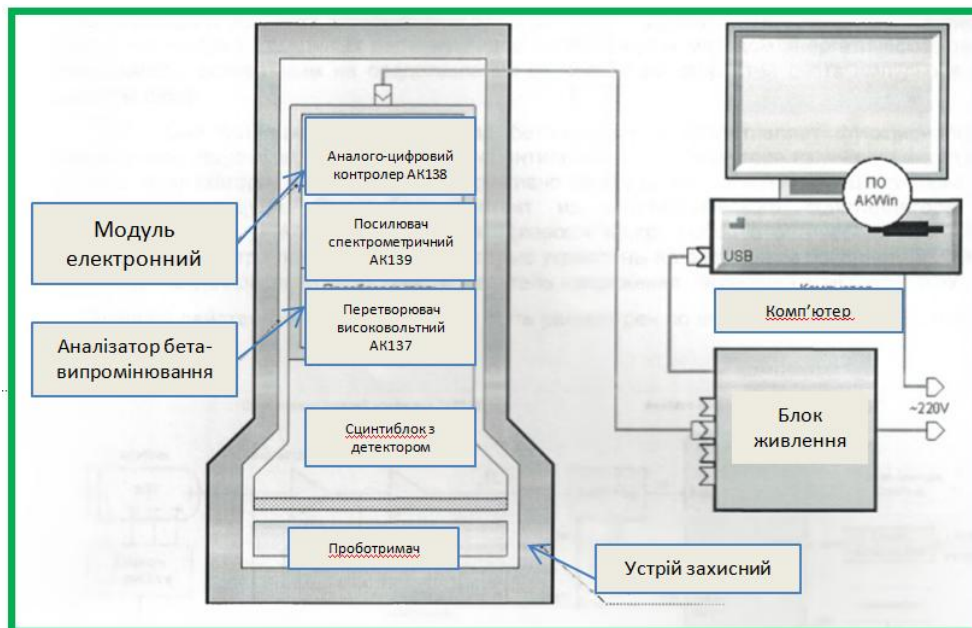


Рис.2. Структурна схема спектрометра

У комплект виробу входить пакет програмного забезпечення обробки спектрометричної інформації та комплект вимірювальних кювет. Відповідно до замовлення можуть також поставлятися:

- джерело безперебійного живлення типу UPS;
- мережевий подовжувальний шнур із фільтром;
- Принтер;
- настільні ваги для зважування вимірюваних проб;
- Контрольне джерело бета-випромінювання.

Устрій та принцип дії

Робота спектрометра ґрунтується на аналізі втрат енергії бета-частинок у поверхневому шарі сцинтиляційного детектора.

Функція виміру реалізується аналізатором, який детектує випромінювання, здійснює аналіз його енергетичного розподілу та представляє комп'ютеру у вигляді спектра. З метою підвищення чутливості та точності вимірювання активності сцинтиляційний детектор аналізатора захищений свинцевою оболонкою від фонового випромінювання, що виникає від космічних частинок, природних радіонуклідів, розсіяних на поверхні Землі, і від можливої присутності в приміщенні штучних джерел іонізуючих випромінювань.

Програма комп'ютера задає умови управління процесами вимірювання та накопичення спектрів, переписує спектр із аналізатора у свою буферну пам'ять, відображає його на екрані монітора у графічному вигляді, здійснює обробку та обчислення активності проби, після чого генерує протокол вимірювання.

Обробка накопичених спектрів провадиться за допомогою програми **AkWin**. У програмі реалізовано кілька алгоритмів обробки, залежно від завдань, які вирішуються за допомогою спектрометра.

Енергетичний спектр, що містить суміш випромінювань, розкладається по спектрах відомих зразкових моноджерел (приладових спектрів), атестованих в умовах, максимально наближених до умов вимірювання досліджуваної проби. Активності окремих радіонуклідів визначаються методом енергетичних вікон (інтервалів), заснованим на представленні суперпозицій швидкостей рахунку імпульсів за вирахуванням фону.

Сцинтиляційний аналізатор бета-випромінювання представляє функціонально завершений пристрій, побудований із сцинтиляційного детектора випромінювання та амплітудного аналізатора імпульсів.

Конструктивно аналізатор складається із сцинтиблоку та електронного модуля. Сцинтиблок складається з кристалічного сцинтилятора та фотоелектронного множинника (ФЕМ), що знаходяться між собою в оптичному контакті. Модуль містить три печатні плати, які укріплені на роз'ємному з'єднувачі ФЕМ. На його гніздах розпаяний резистивний дільник напруги, що живить електроди ФЕМ.

Необхідна для живлення ФЕМ висока напруга порядку -800 В виробляється високовольтним перетворювачем АК137.

В його основі - блокінг-перетворювач, що працює із зовнішнім запуском від генератора прямокутних коливань з широтно-імпульсною модуляцією (ШИМ). Роль такого генератора виконує програмований мікроконтролер.

Реєстровані бета-частинки збуджують у речовині детектора світлові спалахи - сцинтиляції. Фотоелектронний множинник перетворює сцинтиляцію на електричні імпульси. Заряд імпульсу з анода ФЕМ збирається на ємності конденсатора, включеного в ланцюг негативного зворотного зв'язку операційного підсилювача, виконаного на платі АК139. Його вихідна напруга перетворюється на цифровий код мікросхемою АЦП розташованого на платі АК138. Цей код є адресою спектра амплітудного каналу в оперативній пам'яті мікроконтролера. До імпульсів, на даний момент накопичених у цьому каналі, додається одиниця. Таким чином, значення амплітуди імпульсів, що надходять, зчитуються в спектр протягом заданої експозиції. Спектр займає обсяг рівний 1024 каналу по 24 біта (до 16 мільйонів імпульсів у кожному каналі). Спектр передається комп'ютеру через блок БПН-А07, у якому перетворювач інтерфейсів RS-485 - USB. До блоку може бути підключено чотири сцинтиляційних аналізаторів, що мають інтерфейс RS-485.

У складі спектрометра аналізатор живиться від блоку типу БПН-А07, який видає напругу 7,5+-0,3 В при струмі до 1 А. Аналізатор живиться від постійної напруги в межах від +5,5 до 10 В при споживаному струмі близько 0,2 А. Вбудований лінійний стабілізатор знижує цю напругу до номінальної величини 5, яке живить схеми всіх трьох плат, зібраних в електронний модуль.

Пасивний захист детектора є свинцевою оболонкою товщиною 50 мм, утвореною зі свинцевих кілець. Вона забезпечує екранування від зовнішнього

радіаційного фону з ослабленням у кілька десятків разів, зокрема для гамма-квантів 40К енергією 1461 кеВ - щонайменше, ніж удесятеро. Усередині пристрою захисту розташований пересувний проботримач. У модифікації - СЕБ-01-70 проботримач виконаний як дистанційний пристрій з двома поглибленнями для розміщення під детектором лічильного зразка (проби) та контрольного джерела. При висуванні проботримача назовні до упору контрольне джерело розташовується в строго фіксованій позиції під детектором. Якщо проботримач засунути всередину до упору, під детектор переміщується поглиблення для кювети, де має розміщуватися досліджуваний лічильний зразок (проба).

Використання спектрометра

1. Порядок встановлення та монтаж

Приміщення, в якому встановлюється спектрометр, має відповідати вимогам правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України ОСПУ-2005». Рекомендується максимально видалити джерела іонізуючих випромінювань, у разі потреби забезпечити додатковий захист від їх випромінювань.

Робоче місце для розміщення спектрометра має бути обладнане євророзетками мережі змінного струму 220 В частотою 50 Гц, необхідними для підключення комп'ютера та блоку живлення аналізатора. Третій контакт євророзеток призначений для занулення приладу для забезпечення електробезпеки персоналу та запобігання електромагнітних наведень на вимірювальний тракт приладу.

Не допускається живлення спектрометра від розетки, що не має третього зануляючого контакту!

Монтаж та налагоджувальні роботи спектрометра на місці експлуатації виконуються спеціалістами підприємства-виробника. Після розконсервування необхідно провести зовнішній огляд спектрометра та переконатися у відсутності зовнішніх пошкоджень.

Всі складові спектрометра розташовуються на міцному столі, що надійно витримує масу важкого захисту детектора. Установка спектрометра на робочому місці полягає в монтажі захисту детектора, що складається з набору складальних одиниць та свинцевих кілець, розміщення в ній аналізатора, підключення комп'ютера та блоку живлення.

Електричне складання спектрометра виконується згідно зі схемою, наведеною на малюнку 2. Кабель від аналізатора вставляється в будь-який з чотирьох роз'ємів блоку живлення, а його кабель USB вставляється у відповідний будь-який з роз'ємів USB комп'ютера. Після цього вики живлення та комп'ютера підключаються до розеток. Введення приладу в експлуатацію полягає у включенні спектрометра та перевірці його працездатності від контрольного джерела бета-випромінювання у всіх режимах вимірів.

2. Підготовка до вимірювань

Для вимірювань речовини може використовуватися кювета на 10 см³ з підставкою, кювета вкладається в склянку, або контрольне джерело випромінювання зі своїм вкладишем. Під час роботи необхідно дотримуватися правил гігієни поводження з радіоактивними джерелами. Порушення правил призводить до підвищення фону випромінювання та погіршення чутливості, тобто до підвищення рівня мінімально вимірюваної активності – МВА.

Так, зокрема:

- не допускайте забруднення робочого місця, розсипання або розливання вимірюваних проб (лічильних зразків); зберігайте вдалині від детектора,
- не торкайтеся руками до вимірюваних речовин,
- уникайте струшування і нахилів кювети,
- відкривайте та закривайте дверцята захисту (або дистансерного пристрою) плавно не допускаючи різких ударів,
- регулярно проводьте дезактивацію використовуваних кювет та місця їх використання.

Опис роботи з комп'ютером з управління накопиченням та обробкою спектрів наведено в іншій частині експлуатаційної документації: в Посібнику користувача ААНК.13698692.01.34.02 “Програми для управління аналізатором та обробки спектрометричної інформації AkWin». Цей пакет програмного забезпечення спектрометра дозволяє налаштувати та організувати процес вимірювання випромінювання, керувати відображенням та обробкою енергетичних спектрів, передачею інформації у файли бази даних та виведення результатів на зовнішні пристрої комп'ютера.

Увімкніть спектрометр, натиснувши відповідну кнопку на подовжувачі мережі або джерелі безперебійного живлення з положення «О» в положення «І». На блоці живлення аналізатора повинні засвітитися **зелений світлодіод**, що індикує наявність напруги ~220 В, та **синій світлодіод**, що індикує працездатність інтерфейсу USB комп'ютера. Протягом **півхвилини** відбудеться автоматичне завантаження операційної системи комп'ютера типу Windows XP, і екран монітора з'явиться стандартне зображення робочого стола з курсором - стрілочкою. Для запуску робочої програми спектрометра **AkWin** за допомогою маніпулятора мишка наведіть курсор на зображення кнопки - значка цієї програми:



і двічі поспіль швидко клацніть лівою кнопкою маніпулятора «мишка». Після закінчення півхвилини на екрані з'являється зображення з рядком-меню та панеллю інструментів програми - рисунок 4:

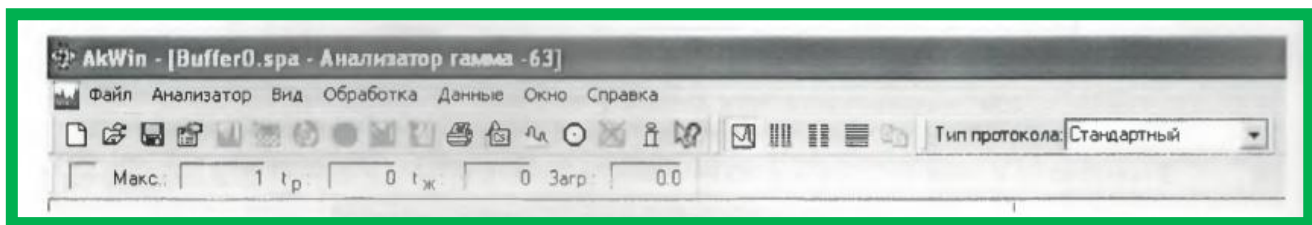


Рис. 4. Панель інструментів програми приладу

Використовуючи меню, на екран монітора можна вивести **інформацію** про підключений до нього аналізатор бета-випромінювання: *його тип, підприємство-виробник, заводський номер, рік випуску, номер версії його програмного забезпечення*. Разом з тим, виводяться поточні параметри: *стан та температура аналізатора, значення коду підстроювання енергетичної шкали, калібрувальні коефіцієнти, рівень ДНУ (високий – низький), мережевий номер (ідентифікатор у лінії RS-485) та ін.*

Основний стан спектрометра – режим «Спектр». Увімкніть його натисканням відповідної кнопки-значка:



При цьому прямокутний індикатор у правій стороні екрана повинен засвітитися **зеленим** кольором: **зв'язок з аналізатором забезпечений, готовий до роботи спектрометр і відбувається набір спектра**.

Після увімкнення живлення давайте **прогрітися** приладу протягом **15 хв.** Цей час можна використовувати для **контролю фону** у приміщенні, який може змінитися. Потім перевіряйте спектрометр по **контрольному джерелу**, що підвищує достовірність наступних вимірювань.

3. Перевірка по контрольному джерелу

При використанні контрольного джерела випромінювання бета з радіонуклідами **90Sr+90Y** забезпечується перевірка працездатності приладу. Разом з тим, у цьому режимі відбувається автоматичне підкалібрування спектрометра за шкалою енергії. Це важливо, якщо спостерігається нестабільність результатів вимірювань, яка, зокрема, може відбуватися при *великих перервах у роботі, особливо тривалих вимірюваннях або в приміщеннях з нестабільною температурою*. У процесі **калібрування** параметри спектра контрольного джерела порівнюються з параметрами, збереженими під час налаштування приладу. **Перевірку контрольного джерела** бажано проводити щоразу після включення спектрометра. Якщо планується проводити циклічні вимірювання, перевірка проводиться в процесі виконання серії вимірювань.

У модифікації спектрометра СЕБ-01-70 **контрольне джерело** розташоване у **поглибленні на задній стороні висувного дистанційного пристрою**. Поглиблення для рахункового зразка має бути вільним. Джерело має бути поставлене під детектор - для чого дистансерний пристрій має бути висунуто назовні до упору.

У модифікації СЕБ-01-150 джерело міститься в тому ж **поглибленні столика проботримача, в яке потім встановлюється кювета з вимірюваним рахунковим зразком**. Щоб закрити дверцята, притисніть її та одночасно ручку засувки натисніть поверніть ліворуч до її фіксації.

Помістіть контрольне джерело під детектор. У стані екранної заставки як на малюнку 4, натисніть на клавіатурі одночасно дві клавіші **Alt+Enter**, або ж за допомогою мишки наведіть курсор на зображення кнопки **Властивості**



та клацніть лівою кнопкою мишки. З'явиться вікно Властивості - рисунок 5:

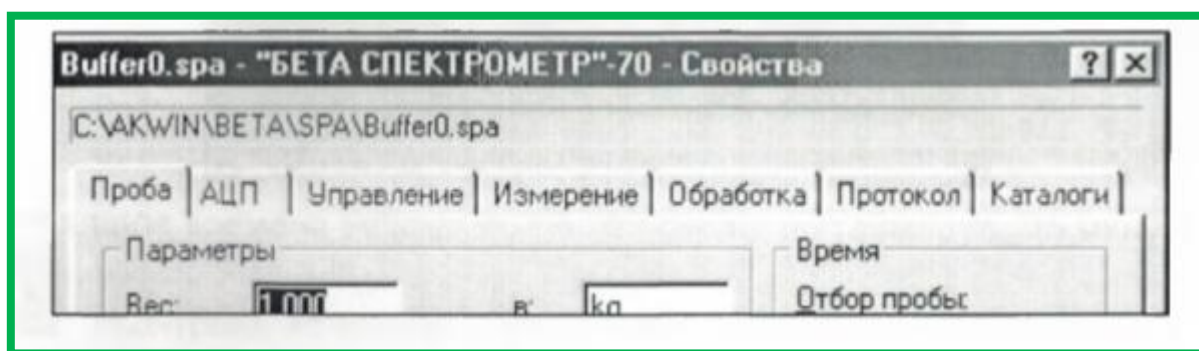


Рис.5. Вікно Властивості

(Примітка: Ви можете перейти від вікна до вікна, натискаючи клавішу Tab). Клацніть на вкладці **[Керування]**. У заставці, що розкрилася, клацніть в віконці **«Обробка спектра при зчитуванні»**, щоб знявся значок «пташки» [✓] - малюнок 6:



Рис. 6.

Після цього натисніть на кнопки **Застосувати**, а потім на **ОК**. Якщо після включення спектрометра 15-хвилин пройшло, запусить вимір, для чого натисніть клавішу **F3** або клацніть на зображенні кнопки **Запуск**. На екрані комп'ютера буде відображатись енергетичний спектр випромінювання

контрольного джерела форма якого в процесі набору статистики поступово покращуватиметься (рис.7.).

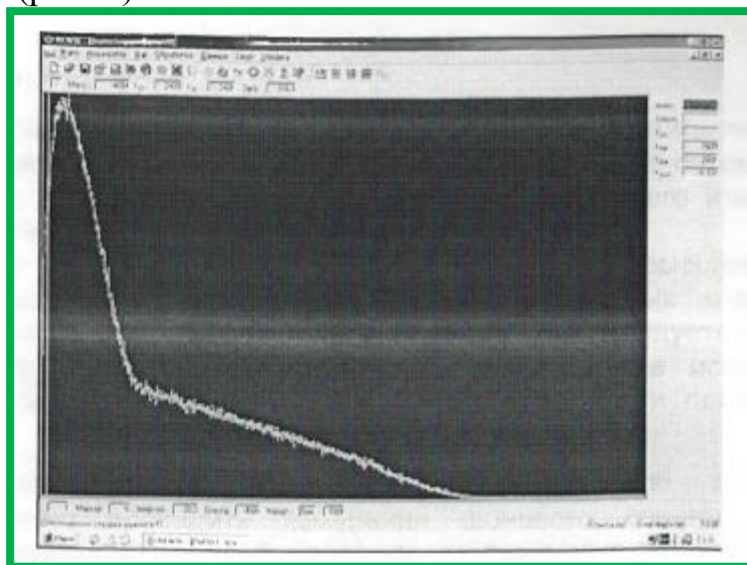


Рис.7. Відображення енергетичного спектру

4. Контроль фону

Прилад має високу чутливість, що досягається, зокрема, і ретельним виміром та фіксацією фонових параметрів. Навіть переміщення в тому ж приміщенні захисту з детектором на інше місце без повторного фонового вимірювання випромінювання може вплинути на результат вимірювань.

Слід уникати розсипання або розливання вимірюваних проб усередині захисту. Слід ретельно закривати кришки вимірювальних кювет, використовувати захисний поліетилен тощо. Поблизу детектора не рекомендується зберігати проби, контрольні зразки та інші штучні та природні джерела випромінювань. Контроль фону визначає чистоту навколо вимірювальної частини приладу та відсутність електричних перешкод.

Для перевірки відсутності забруднення судин для проб, детектора та захисту необхідно щомісяця проводити вимірювання фонового спектра. При вимірі низькоактивних та дрібнодисперсних проб, визначення фону рекомендується проводити навіть щоденно. Контроль проводиться після включення та прогрівання приладу. Рекомендована тривалість виміру - 1 год. Отримані результати обробки фонового спектру порівнюються з попередніми результатами, що дозволяє оператору контролювати наявний рівень забруднення.

Перед вимірюванням фону має бути проведене енергетичне калібрування. Встановіть порожню чисту кювету під детектор. У режимі Властивості задайте тривалість вимірювання, яку не слід робити менше 1000 секунд. Почніть вимірювання, натиснувши на кнопку Запуск. Не чекаючи завершення експозиції можна натиснути кнопку Контроль фону. Якщо з'явиться заставка, показана на малюнку 8:

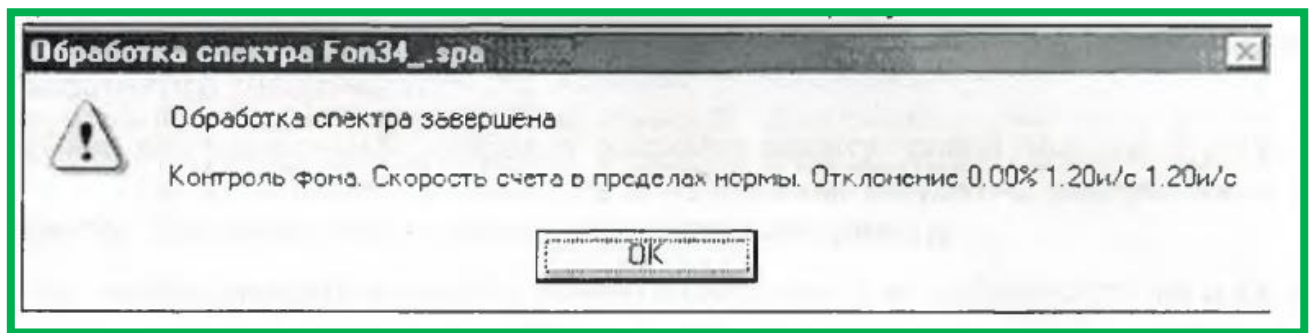


Рис.8.

то фоновий діапазон знаходиться в межах норми. Тоді натисніть \OK \, щоб завершити перевірку фону. Увага! Якщо з'являється повідомлення як на малюнку 9:

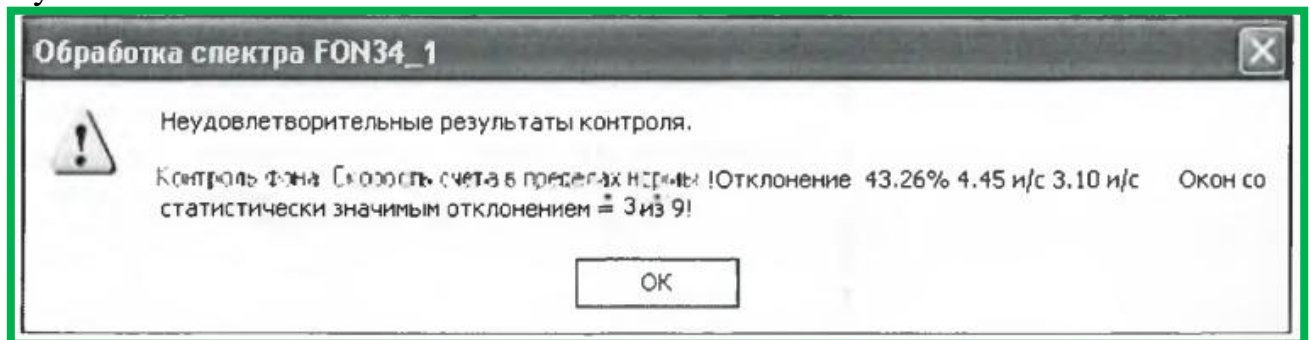


Рис. 9.

необхідно провести додатково калібрування енергії і повторити вимір фону.

Якщо з'явиться повідомлення «Швидкість рахунок більші за норму!», необхідно визначити, що забруднено: посудина, що вимірюється, поверхню детектора або його захист. Перевірте, чи не залишені поруч із спектрометром вимірювані проби або інші джерела випромінювання (зразкові джерела випромінювання та ін.).

Якщо після повторного проведення контролю фону знову з'являється негативне повідомлення - то можливо, що для цього знадобиться розбирання та дезактивація захисту із блоком аналізатора. Це виконується при повністю вимкненому приладі з крайньою обережністю.

5. Вимірювання рахункового зразка

При кожному вимірі необхідно виконувати наступну послідовність операцій:

- Очистити буферну пам'ять комп'ютера від попереднього діапазону;
- Запустити вимірювання;
- Ввести вагу зразка;
- Зупинити вимірювання (якщо експозиція не обмежена);
- Передати спектр на обробку (за допомогою команди «Активність» з

меню

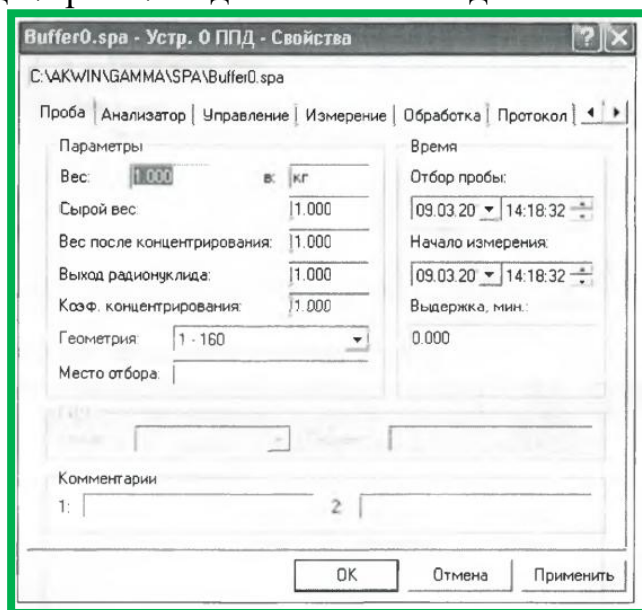
«Обробка»)

- Зберегти спектр (у разі, коли обробка спектра буде проводитись пізніше).

Ущільнюйте зразок, домагаючись рівномірного розподілу речовини за обсягом, розрівняйте поверхню. Визначте вагу вимірюваного зразка, закрийте кювету тонкою плівкою та встановіть її під детектор. При цьому вставляйте кювету в поглиблення акуратно, підтримуючи її знизу через отвір. Закрийте диспансерний пристрій або дверцята.

При необхідності змінити лінію вимірювання (тобто набір налаштувань та калібрування, визначених типом використовуваної кювети) в режимі Властивості розкрийте вкладку Обробка. Лінію вимірювання визначте відповідно до модифікації спектрометра. Пересуваючись по списку вгору-вниз, виберіть потрібну лінію, а потім клацніть кнопки Застосувати і ОК.

Час виміру проби визначається відносною помилкою визначення питомої активності шуканого радіонукліда, яка не повинна перевищувати $\pm 50\%$ і не перевищує 7200 с. Якщо після включення спектрометра пройшло не менше 15 хвилин та проведено калібрування по енергії, запустіть вимірювання, натиснувши клавішу F3 або клацнувши на зображенні кнопки Запуск. На вікні Властивості на закладці \Проба\ введіть обов'язкові дані:



Занесення показань ваги

При вимірі неконцентрованих проб (без методу озолення чи ін.), необхідно заповнити:

в активному вікні Вес (синій фон) з клавіатури цифрами 1,2....0 та «•» ввести вагу проби у зазначених одиницях. Зазвичай це кілограми, т.к. допустимі рівні затверджені у Бк/кг. При вимірі концентрованих проб (методом озоління або іншими методами) необхідно також заповнити додаткові вікна. Додаткову інформацію, яка потрапить до протоколу, можна ввести до вікна Коментарі.

Вибір геометрії проби.

Кількість різних геометрій та їх номери (різних наборів калібрувань по ефективності) визначаються при калібруванні приладу. Наприклад, на різних геометріях можуть бути калібрування для різних вимірювальних щільностей проби або для різного заповнення вимірювальних судин. У вікні Геометрія оберіть необхідне значення залежно від вимірюваної проби (кількість грамів у пробі).

Вибір допустимого рівня.

Увійдіть:

- у вікні Властивості на закладці Обробка натисніть Додаткові параметри. На вікні, що з'явилося натисніть закладку Рівні. У вікні Поточний рівень оберіть рівень, що відповідає вимірюваному продукту. Натисніть ОК. Після цього у вікні Властивості треба перейти на закладку Керування та встановити значок «пташки» ✓ для Обробка спектра при зчитуванні. Натиснути ОК.

Для отримання результату вимірювання активності клацніть на кнопці



тим самим увімкнувши режим «Протокол». Під час вимірювання на екрані відображається протокол вимірювання, який оновлюється через кожні 20 секунд. Щоб зупинити вимірювання проби, натисніть клавішу F4 або кнопку Стоп. Для друку протоколу натисніть одночасно клавіші Печать, клацніть на ОК. Дістаньте кювету із пробєю. Після цього можна почати вимір наступної проби або вимкнути спектрометр.

Щоб вимкнути спектрометр:

- Вимкніть принтер;
 - закрийте програму AkWin за допомогою команд меню, або ж натиснувши [X] у правому верхньому кутку екрана; у своїй з'явиться початкова заставка;
 - вимкніть комп'ютер.
 - вимкніть все живлення спектрометра, натиснувши відповідну кнопку на мережевому подовжувачі або джерело безперебійного живлення.
- Після цього зробіть чистку робочого місця та дезактивацію використаних кювет.

6. Технічне обслуговування

Загальні вказівки

До технічного обслуговування відносять роботи, що періодично виконуються, виходять за рамки використання спектрометра по прямому функціональному призначенню та спрямовані на утримання спектрометра у справному стані та забезпечення виконання вимірювань із необхідною точністю.

До обслуговування допускається особи інженерно-технічного персоналу категорії А, які мають спеціальну освіту, навички роботи із засобами вимірювальної техніки в галузі іонізуючих випромінювань та ознайомлені з правилами та інструкціями з техніки безпеки на робочому місці.

Дезактивація спектрометра виконується періодично як профілактичного заходу і у разі, якщо зросло радіоактивний фон. Дезактивація виконується чистою бавовняною тканиною, що не має ворсу, яку зволожують реактивом. У якості реактиву у найпростішому випадку використовують розчин прального порошку, а для досягнення суттєвого ефекту – спирт-ректифікат. Витрата матеріалів для разової дезактивації:

Спирт-ректифікат – 50 мл;

Х/б тканина – 100 г.

Для дезактивації поверхонь виконайте таке.

- Вимкніть спектрометр та вийміть вилки з розеток, від'єднайте всі кабелі;
- Очистіть від пилу зовнішні поверхні всіх складових спектрометра і робоче місце. А особливо місця, куди могли прокидатися або пролитися контрольовані речовини проб;
- Ретельно протріть зовнішні поверхні захист детектора та порожнину в ньому для розміщення кювети, використовувані кювети, кабельні та приладові частини роз'ємів;
- Проведіть посилене вологе прибирання у приміщенні.
- Залиште просохнути протягом години;
- Підключіть усі кабелі. Увімкніть спектрометр і переконайтеся у його працездатності
- Перевірте, чи розмір фону досить зменшився

Додаток А

Підготовка проби до вимірювання питомої активності

1. Відбір проб та підготовка їх до вимірювання повинні виконуватись відповідно до нормативними документами та методиками.
2. Пробопідготовка має важливе значення. Порушення правил пробопідготовки суттєво позначається на точності результатів вимірів.
3. Зернистість речовини зразка не має перевищувати 2 - 2.5 мм. Порушення цієї умови призводить до зростання похибки результатів.
4. Використовувати для вимірювань слід лише відкалібровані сосуди. Підприємство виробник рекомендує стандартні судини "Маринеллі" ємністю 1 л.
5. Дотримання вищезгаданих заходів є необхідною умовою для отримання достовірних результатів.
6. Будь-які інші посудини для проб повинні підтверджуватись затвердженими в установленому порядку методиками вимірів активності. Користувач повинен

пам'ятати, що нова геометрія вимірів потребує інших коефіцієнтів зв'язку між кількістю імпульсів та активністю.

7. Проба повинна рівномірно заповнювати об'єм вибраної для вимірювання посудини. Судини необхідного обсягу вибираються з набору судин, що поставляється.

8. Для підготовки проби овочі, фрукти та інше подрібнюються до однорідного стану

маси. Для цього можна використовувати м'ясорубку, кавомолку тощо.

9. Відміряна кількість речовини проби повинна рівномірно та щільно розміщуватись у посудині.

Увага! Підготовлену до вимірювань пробу не можна піддавати ударам, струшування та інше. Для запобігання забруднення детектора та його захисту перед установкою на детектор рекомендується посудину з пробой помістити в поліетиленовий одноразовий пакет.

10. Для визначення маси проби посудину з пробой зважують і від отриманої маси забирають масу порожньої судини.

Увага! Масу проби у програму вводять у кг. Наприклад: 800г вводять як 0.80 кг. Вибрана під час запуску вимірювання геометрія повинна відповідати реально вимірюваної.

Контрольні питання

1. Призначення і галузь застосування спектрометру енергій бета-випромінювання сцинтиляційного СЕБ-01
2. Комплектність і будова приладу.
3. Порядок роботи спектрометра
4. Підготовка проби до вимірювання питомої активності

Лабораторне заняття №6.
УСТРІЙ І РОБОТА СПЕКТРОМЕТРУ ЕНЕРГІЙ
ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ СЦИНТИЛЯЦІЙНИЙ СЕГ-001

Мотиваційна характеристика теми. Забезпечення радіаційної безпеки населення є ключовим аспектом охорони громадського здоров'я, особливо в країнах, що постраждали від ядерних аварій або мають підвищений рівень техногенного навантаження. Україна, як держава, що пережила масштабну катастрофу на Чорнобильській АЕС, має особливу відповідальність за моніторинг і контроль вмісту радіонуклідів у продуктах харчування.

Продукти рослинного і тваринного походження можуть акумулювати радіонукліди з ґрунту, води та атмосферного повітря, що створює потенційну небезпеку для споживачів. Серед найбільш небезпечних — ^{137}Cs (цезій-137) і ^{90}Sr (стронцій-90), які мають тривалий період напіврозпаду та здатні накопичуватися в організмі, зокрема в кістковій тканині та м'язах.

Систематичні вимірювання вмісту радіонуклідів у харчових продуктах є необхідною умовою для:

- дотримання державних і міжнародних норм безпеки;
- захисту здоров'я населення, особливо дітей і вагітних;
- оперативного реагування на зміни екологічної ситуації;
- підвищення довіри споживачів до системи контролю якості продуктів.

Крім того, ці дані слугують основою для наукових досліджень і розробки стратегій зниження радіаційного навантаження на аграрні системи.

Мета заняття

- 1) Ознайомитись із призначенням, устроєм і роботою спектрометру енергій гамма-випромінювання сцинтиляційного СЕГ-001
- 2) Засвоїти підготовку проби до вимірювання питомої активності.

Обладнання

Заняття проводяться в лабораторії радіобіології з використанням табличного матеріалу, довідкової інформації, літератури, відеоматеріалів; спектрометр енергій гамма-випромінювання сцинтиляційного СЕГ-001

Завдання

1. Ознайомитися з призначенням спектрометру СЕГ-001. Законспектувати.
2. Ознайомитися з технічними характеристиками спектрометру СЕГ-001. Законспектувати.

3. Ознайомитися зі складом спектрометра СЕГ-001. Законспектувати.
4. Ознайомитися з устроєм та принципом дії спектрометра СЕГ-001. Законспектувати.
5. Ознайомитися з принципом використання та обслуговування спектрометра СЕГ-001. Законспектувати.

План заняття

1. Програмований контроль та опитування студентів: 30 хв.
2. Пояснення завдання: 10 хв.
3. Завдання для роботи студентів.
4. Самостійна робота: 35 хв.
5. Підведення підсумків: 5 хв.

Призначення приладу

Спектрометр призначений для ідентифікації гамма-випромінюючих радіонуклідів та визначення їх питомої активності або відносного вмісту у вимірюваному зразку за спектром енергій гамма-випромінювання.

Області застосування спектрометрів:

- контроль вмісту радіонуклідів у сільськогосподарських продуктах та продуктах харчування;
- спектрометричні дослідження та вимірювання в різних галузях науки та техніки: ядерної фізики, ядерної хімії, атомної енергетики та ін.

Спектрометр має такі функціональні можливості:

- калібрування по енергії та ефективності в енергетичних інтервалах (вікнах);
- вимірювання спектрів з експозиціями як за реальним, так і за "живим" часом;
- автоматичне оброблення спектрів, включаючи ідентифікацію радіонуклідів;
- використання можливостей комп'ютера: візуалізація спектрів на екрані, зберігання спектрів та результатів обробки, друк та ін.
- можливість поєднання процесу накопичення спектра та використання комп'ютера для інших цілей.

Дану модель спектрометра відрізняє об'єднання детектора та багатоканального аналізатора імпульсів в одному конструктивному блоці - блоці детектування енергій гамма-випромінювання (далі за текстом – сцинтиляційний аналізатор гамма-випромінювань). Завдяки чому відпала необхідність вбудовувати в комп'ютер модуль АЦП, і, відповідно, з'явилася

можливість використовувати офісний персональний комп'ютер будь-якої моделі, оснащений операційною системою.

Крім того, забезпечена можливість підключення до спільного комп'ютера та одночасної роботи до чотирьох сцинтиляційних аналізаторів.

У конструкції спектрометра відсутні радіаційно-небезпечні, вибухонебезпечні та легкозаймисті матеріали.

Спектрометр призначений для експлуатації у офісних приміщеннях. Умови експлуатації відповідають ГОСТ 12997 “Вироби ДСП. ОТУ” для кліматичного групи виконання В1, тобто:

- температура навколишнього повітря від $+10^{\circ}$ до $+35^{\circ}$ С;
- відносна вологість повітря до 75% при $+30^{\circ}$ С та нижчих температурах без конденсації вологи.

Технічні характеристики

Діапазон вимірюваних енергій гамма-випромінювання від 100 до 3000 кеВ.

Час встановлення робочого режиму, мін, не більше 15

Час безперервної роботи, год, не менше 24

Потужність від мережі ~ 220 В, ВА, що споживається спектрометром, не більше 250

Середній термін служби спектрометра, років, не менше 6

Склад спектрометра

Спектрометр є вимірювальною установкою, що складається з наступних складових частин (малюнки 1а, б і 2).



Рис. 1а. Спектрометр СЕ Г-001 «АКП-С»-63



Рис. 16 Спектрометр СЕГ-001 «АКП-С»-150

До складу спектрометра входить сцинтиляційний аналізатор гамма-випромінювання (надалі - аналізатор). Аналізатор живиться низьковольтною напругою, вступникам від окремого блоку живлення. Аналізатор заключений у пасивний захист детектору від природного радіаційного фону. Персональний комп'ютер оснащений спеціальним програмним забезпеченням, отримує спектр від аналізатора та здійснює його інформаційну обробку.

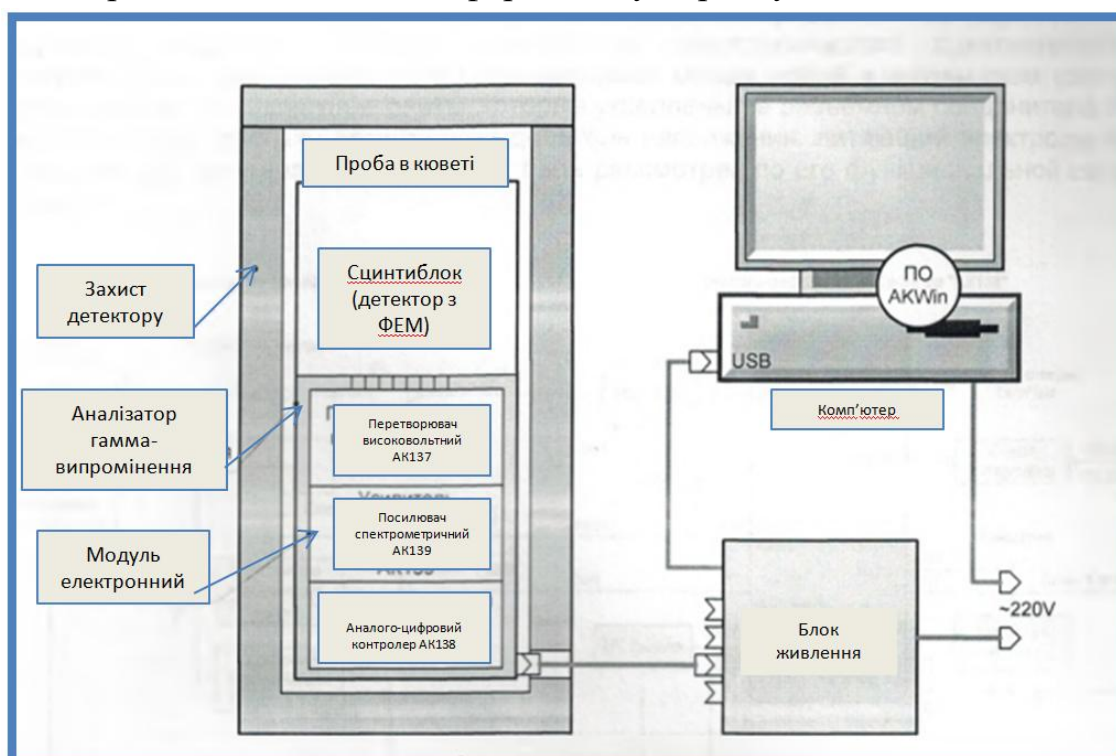


Рис. 2. Структурна схема спектрометра

У комплект виробу входить комплект вимірювальних кюветів. Відповідно до замовлення, можуть також поставлятися:

- джерело безперебійного живлення типу ЕРБ,
- мережевий подовжувальний шнур з фільтром,
- принтер,
- настільні ваги для зважування вимірюваних проб,
- контрольне джерело гамма-випромінювання.

Конкретний перелік поставки наводиться у формулярі на виріб.

Устрій та принцип дії

Робота спектрометра заснована на аналізі втрат енергії гамма-квантів, що випромінюються пробною досліджуваної речовини. Функція виміру реалізується сцинтиляційним аналізатором, який детектує гамма-випромінювання, здійснює аналіз його енергетичного розподілу та представляє комп'ютеру у вигляді спектра. З метою підвищення чутливості та точності вимірювання активності, сцинтиляційний детектор аналізатора захищений свинцевою оболонкою від фонового випромінювання, що виникає від космічних частинок, природних радіонуклідів, розсіяних на поверхні Землі, та від можливої присутності у приміщенні штучних джерел іонізуючих випромінювань.

Програма комп'ютера задає умови керування процесами вимірювання та накопичення спектрів, переписує спектр із аналізатора у свою буферну пам'ять, відображає його на екрані монітора у графічному вигляді, здійснює обробку та обчислення активності проби, після чого генерує протокол виміру.

Обробка накопичених спектрів проводиться за допомогою програми АкWin. У програмі реалізовано кілька алгоритмів обробки, залежно від завдань, розв'язуваних за допомогою спектрометра. Енергетичний спектр, що містить суміш випромінювань, розкладається за спектрами відомих зразкових моноджерел (приладових спектрів атестованих в умовах, максимально наближених до умов вимірювання досліджуваної проби. Активності окремих радіонуклідів визначаються методом енергетичних вікон (інтервалів), заснованим на поданні суперпозицій швидкостей рахунку імпульсів за вирахуванням фону.

Робота спектрометра ґрунтується на аналізі втрат енергії бета-часток у поверхневому шарі сцинтиляційного детектора.

Функція виміру реалізується аналізатором, який детектує випромінювання, здійснює аналіз його енергетичного розподілу та представляє комп'ютеру у вигляді спектра. З метою підвищення чутливості та точності вимірювання активності сцинтиляційний детектор аналізатора захищений свинцевою оболонкою від фонового випромінювання, що виникає від

космічних частинок, природних радіонуклідів, розсіяних на поверхні Землі, і від можливої присутності в приміщенні штучних джерел іонізуючих випромінювань.

Програма комп'ютера задає умови управління процесами вимірювання та накопичення спектрів, переписує спектр із аналізатора у свою буферну пам'ять, відображає його на екрані монітора у графічному вигляді, здійснює обробку та обчислення активності проби, після чого генерує протокол вимірювання.

Обробка накопичених спектрів провадиться за допомогою програми **AkWin**. У програмі реалізовано кілька алгоритмів обробки, залежно від завдань, які вирішуються за допомогою спектрометра.

Енергетичний спектр, що містить суміш випромінювань, розкладається по спектрах відомих зразкових моноджерел (приладових спектрів), атестованих в умовах, максимально наближених до умов вимірювання досліджуваної проби. Активності окремих радіонуклідів визначаються методом енергетичних вікон (інтервалів), заснованим на представленні суперпозицій швидкостей рахунку імпульсів за вирахуванням фону.

Сцинтиляційний аналізатор бета-випромінювання представляє функціонально завершений пристрій, побудований із сцинтиляційного детектора випромінювання та амплітудного аналізатора імпульсів.

Конструктивно аналізатор складається із сцинтиблоку та електронного модуля. Сцинтиблок складається з кристалічного сцинтилятора та фотоелектронного множинника (ФЕМ), що знаходяться між собою в оптичному контакті. Модуль містить три печатні плати, які укріплені на роз'ємному з'єднувачі ФЕМ. На його гніздах розпаяний резистивний дільник напруги, що живить електроди ФЕМ.

Необхідна для живлення ФЕМ висока напруга порядку -800 В виробляється високовольтним перетворювачем АК137.

В його основі - блокінг-перетворювач, що працює із зовнішнім запуском від генератора прямокутних коливань з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Роль такого генератора виконує програмований мікроконтролер.

Реєстровані бета-частинки збуджують у речовині детектора світлові спалахи - сцинтиляції. Фотоелектронний множинник перетворює сцинтиляцію на електричні імпульси. Заряд імпульсу з анода ФЕМ збирається на ємності конденсатора, включеного в ланцюг негативного зворотного зв'язку операційного підсилювача, виконаного на платі АК139. Його вихідна напруга перетворюється на цифровий код мікросхемою АЦП розташованого на платі АК138. Цей код є адресою спектра амплітудного каналу в оперативній пам'яті мікроконтролера. До імпульсів, на даний момент накопичених у цьому каналі, додається одиниця. Таким чином, значення амплітуди імпульсів, що надходять,

зчитуються в спектр протягом заданої експозиції. Спектр займає обсяг рівний 1024 каналу по 24 біта (до 16 мільйонів імпульсів у кожному каналі). Спектр передається комп'ютеру через блок БПН-А07, у якому перетворювач інтерфейсів RS-485 - USB. До блоку може бути підключено чотири сцинтиляційних аналізаторів, що мають інтерфейс RS-485.

У складі спектрометра аналізатор живиться від блоку типу БПН-А07, який видає напругу $7,5 \pm 0,3$ В при струмі до 1 А. Аналізатор живиться від постійної напруги в межах від +5,5 до 10 В при споживаному струмі близько 0,2 А. Вбудований лінійний стабілізатор знижує цю напругу до номінальної величини 5, яке живить схеми всіх трьох плат, зібраних в електронний модуль.

Пасивний захист детектора є свинцевою оболонкою товщиною 50 мм, утвореною зі свинцевих кілець. Вона забезпечує екранування від зовнішнього радіаційного фону з ослабленням у кілька десятків разів, зокрема для гамма-квантів 40К енергією 1461 кеВ - щонайменше, ніж удесятеро. Усередині пристрою захисту розташований пересувний проботримач. У модифікації - СЕБ-01-70 проботримач виконаний як дистанційний пристрій з двома поглибленнями для розміщення під детектором лічильного зразка (проби) та контрольного джерела. При висуванні проботримача назовні до упору контрольне джерело розташовується в строго фіксованій позиції під детектором. Якщо проботримач засунути всередину до упору, під детектор переміщується поглиблення для кювети, де має розміщуватися досліджуваній лічильний зразок (проба).

Використання спектрометра

1. Порядок встановлення та монтаж

Приміщення, в якому встановлюється спектрометр, має відповідати вимогам правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України ОСПУ-2005». Рекомендується максимально видалити джерела іонізуючих випромінювань, у разі потреби забезпечити додатковий захист від їх випромінювань.

Робоче місце для розміщення спектрометра має бути обладнане євророзетками мережі змінного струму 220 В частотою 50 Гц, необхідними для підключення комп'ютера та блоку живлення аналізатора. Третій контакт євророзеток призначений для занулення приладу для забезпечення електробезпеки персоналу та запобігання електромагнітних наведень на вимірювальний тракт приладу.

Не допускається живлення спектрометра від розетки, що не має третього зануляючого контакту!

Монтаж та налагоджувальні роботи спектрометра на місці експлуатації виконуються спеціалістами підприємства-виробника. Після розконсервування необхідно провести зовнішній огляд спектрометра та переконатися у відсутності зовнішніх пошкоджень.

Всі складові спектрометра розташовуються на міцному столі, що надійно витримує масу важкого захисту детектора. Установка спектрометра на робочому місці полягає в монтажі захисту детектора, що складається з набору складальних одиниць та свинцевих кілець, розміщення в ній аналізатора, підключення комп'ютера та блока живлення.

Електричне складання спектрометра виконується згідно зі схемою, наведеною на малюнку 2. Кабель від аналізатора вставляється в будь-який з чотирьох роз'ємів блока живлення, а його кабель USB вставляється у відповідний будь-який з роз'ємів USB комп'ютера. Після цього вилки живлення та комп'ютера підключаються до розеток. Введення приладу в експлуатацію полягає у включенні спектрометра та перевірці його працездатності від контрольного джерела бета-випромінювання у всіх режимах вимірів.

2. Підготовка до вимірювань

Для вимірювань речовини може використовуватися кювета на 10 см³ з підставкою, кювета вкладена в склянку, або контрольне джерело випромінювання зі своїм вкладишем. Під час роботи необхідно дотримуватися правил гігієни поводження з радіоактивними джерелами. Порушення правил призводить до підвищення фону випромінювання та погіршення чутливості, тобто до підвищення рівня мінімально вимірюваної активності – МВА.

Так, зокрема:

- не допускайте забруднення робочого місця, розсипання або розливання вимірюваних проб (лічильних зразків); зберігайте вдалині від детектора,
- не торкайтеся руками до вимірюваних речовин,
- уникайте струшування і нахилів кювети,
- відкривайте та закривайте дверцята захисту (або дистансерного пристрою) плавно не допускаючи різких ударів,
- регулярно проводьте дезактивацію використовуваних кювет та місця їх використання.

Опис роботи з комп'ютером з управління накопиченням та обробкою спектрів наведено в іншій частині експлуатаційної документації: в Посібнику користувача ААНК.13698692.01.34.02 “Програми для управління аналізатором та обробки спектрометричної інформації AkWin». Цей пакет програмного забезпечення спектрометра дозволяє налаштувати та організувати процес вимірювання випромінювання, керувати відображенням та обробкою

енергетичних спектрів, передачею інформації у файли бази даних та виведення результатів на зовнішні пристрої комп'ютера.

Увімкніть спектрометр, натиснувши відповідну кнопку на подовжувачі мережі або джерелі безперебійного живлення з положення «О» в положення «І». На блоці живлення аналізатора повинні засвітитися зелений світлодіод, що індикуює наявність напруги ~ 220 В, та синій світлодіод, що індикуює працездатність інтерфейсу USB комп'ютера. Протягом півхвилини відбудеться автоматичне завантаження операційної системи комп'ютера типу Windows XP, і екран монітора з'явиться стандартне зображення робочого стола з курсором - стрілочкою. Для запуску робочої програми спектрометра AkWin за допомогою маніпулятора мишка наведіть курсор на зображення кнопки - значка цієї програми:



і двічі поспіль швидко клацніть лівою кнопкою маніпулятора «мишка». Після закінчення півхвилини на екрані з'являється зображення з рядком-меню та панелью інструментів програми - рисунок 4:

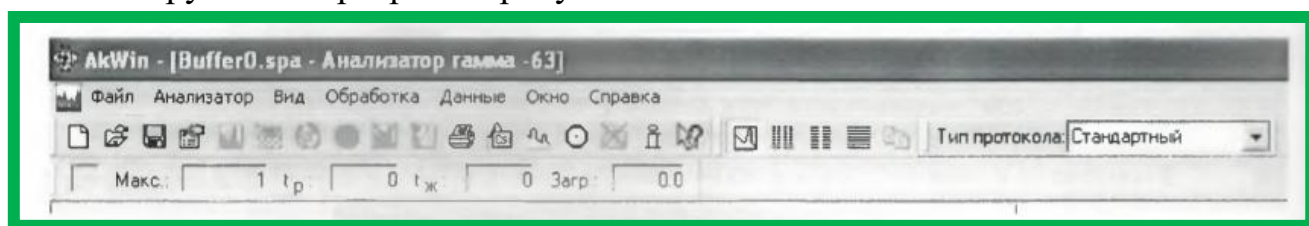


Рис. 4. Панель інструментів програми приладу

Використовуючи меню, на екран монітора можна вивести інформацію про підключений до нього аналізатор бета-випромінювання: його тип, підприємство-виробник, заводський номер, рік випуску, номер версії його програмного забезпечення. Разом з тим, виводяться поточні параметри: стан та температура аналізатора, значення коду підстроювання енергетичної шкали, калібрувальні коефіцієнти, рівень ДНУ (високий – низький), мережевий номер (ідентифікатор у лінії RS-485) та ін. Основний стан спектрометра – режим «Спектр». Увімкніть його натисканням відповідної кнопки-значка:



При цьому прямокутний індикатор у правій стороні екрана повинен засвітитися зеленим кольором: зв'язок з аналізатором забезпечений, готовий до роботи спектрометр і відбувається набір спектра.

Після увімкнення живлення давайте прогрітися приладу протягом 15 хв. Цей час можна використовувати для контролю фону у приміщенні, який може змінитися. Потім перевіряйте спектрометр по контрольному джерелу, що підвищує достовірність наступних вимірювань.

3. Перевірка по контрольному джерелу

При використанні контрольного джерела випромінювання бета з радіонуклідами $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ забезпечується перевірка працездатності приладу. Разом з тим, у цьому режимі відбувається автоматичне підкалібрування спектрометра за шкалою енергії. Це важливо, якщо спостерігається нестабільність результатів вимірювань, яка, зокрема, може відбуватися при великих перервах у роботі, особливо тривалих вимірюваннях або в приміщеннях з нестабільною температурою. У процесі калібрування параметри спектра контрольного джерела порівнюються з параметрами, збереженими під час налаштування приладу. Перевірку контрольного джерела бажано проводити щоразу після включення спектрометра. Якщо планується проводити циклічні вимірювання, провіщення проводиться в процесі виконання серії вимірювань.

У модифікації спектрометра СЕБ-01-70 контрольне джерело розташоване у поглибленні на задній стороні висувного дистанційного пристрою. Поглиблення для рахункового зразка має бути вільним. Джерело має бути поставлене під детектор - для чого дистансерний пристрій має бути висунуто назовні до упору.

У модифікації СЕБ-01-150 джерело міститься в тому ж поглибленні столика проботримача, в яке потім встановлюється кювета з вимірюваним рахунковим зразком. Щоб закрити дверцята, притисніть її та одночасно ручку засувки натисніть поверніть ліворуч до її фіксації.

Помістіть контрольне джерело під детектор. У стані екранної заставки як на малюнку 4, натисніть на клавіатурі одночасно дві клавіші Alt+Enter, або ж за допомогою мишки наведіть курсор на зображення кнопки Властивості



та клацніть лівою кнопкою мишки. З'явиться вікно Властивості - рисунок 5:

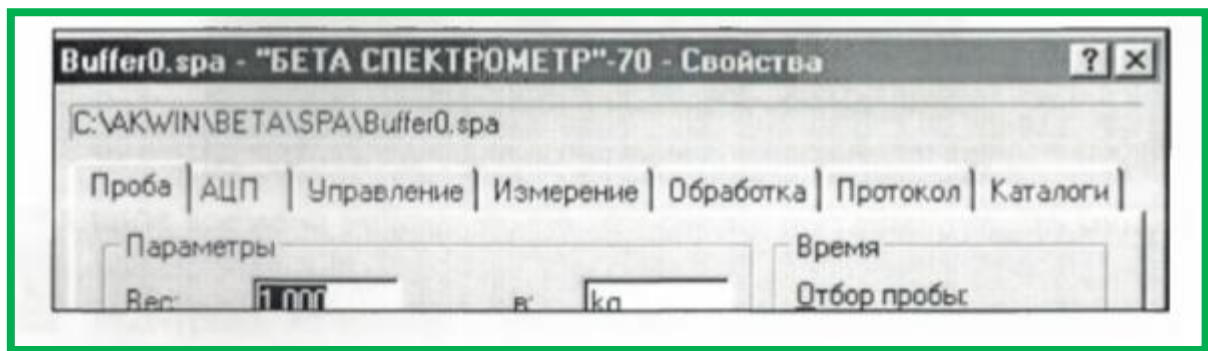
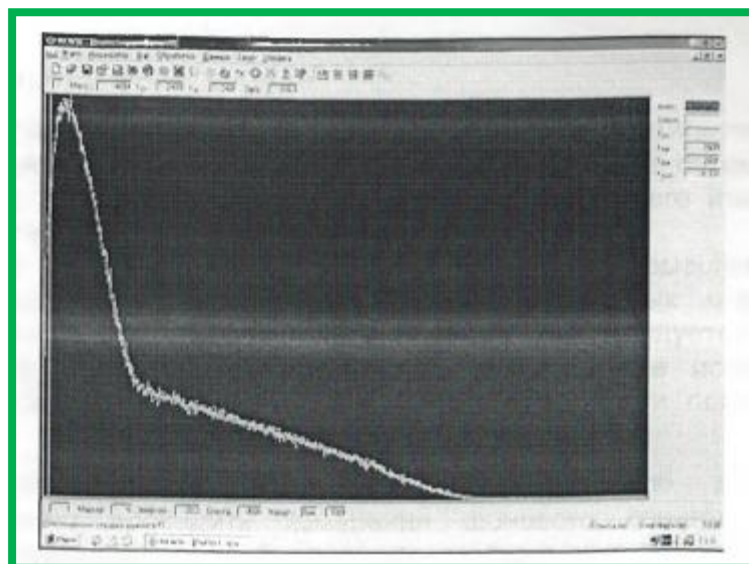


Рис.5. Вікно Властивості

(Примітка: Ви можете перейти від вікна до вікна, натискаючи клавішу Tab). Клацніть на вкладці [Керування]. У заставці, що розкрилася, клацніть в віконці «Обробка спектра при зчитуванні», щоб знявся значок «пташки» [✓] - малюнок 6:



Після цього натисніть на кнопки Застосувати, а потім на ОК. Якщо після включення спектрометра 15-хвилин пройшло, запустіть вимір, для чого натисніть клавішу F3 або клацніть на зображенні кнопки Запуск. На екрані комп'ютера буде відображатись енергетичний спектр випромінювання контрольного джерела форма якого в процесі набору статистики поступово покращуватиметься.



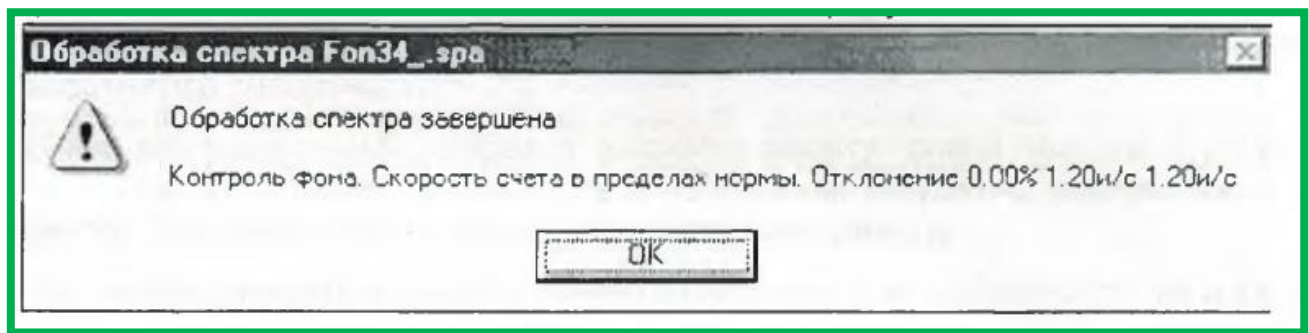
4. Контроль фону

Прилад має високу чутливість, що досягається, зокрема, і ретельним виміром та фіксацією фонових параметрів. Навіть переміщення в тому ж приміщенні захисту з детектором на інше місце без повторного фонового вимірювання випромінювання може вплинути на результат вимірювань.

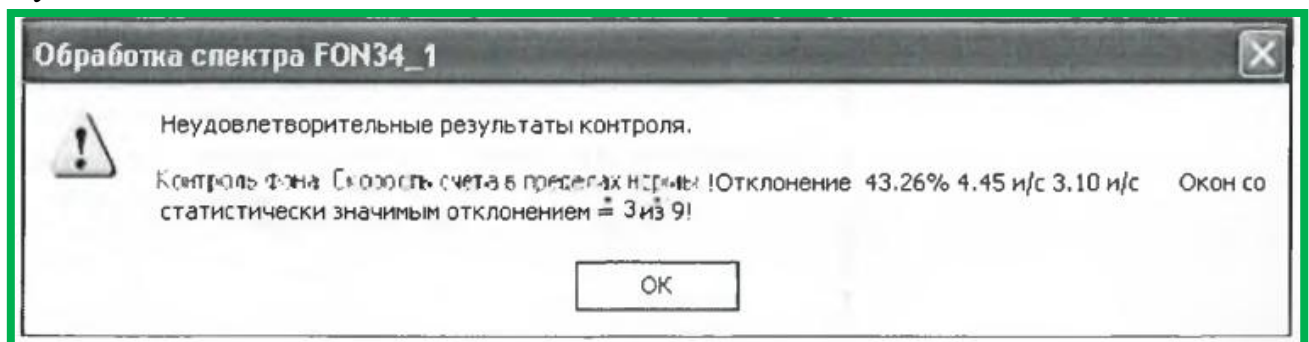
Слід уникати розсипання або розливання вимірюваних проб усередині захисту. Слід ретельно закривати кришки вимірювальних кювет, використовувати захисний поліетилен тощо. Поблизу детектора не рекомендується зберігати проби, контрольні зразки та інші штучні та природні джерела випромінювань. Контроль фону визначає чистоту навколо вимірювальної частини приладу та відсутність електричних перешкод.

Для перевірки відсутності забруднення судин для проб, детектора та захисту необхідно щомісяця проводити вимірювання фонового спектра. При вимірі низькоактивних та дрібнодисперсних проб, визначення фону рекомендується проводити навіть щоденно. Контроль проводиться після включення та прогрівання приладу. Рекомендована тривалість виміру - 1 год. Отримані результати обробки фонового спектру порівнюються з попередніми результатами, що дозволяє оператору контролювати наявний рівень забруднення.

Перед вимірюванням фону має бути проведене енергетичне калібрування. Встановіть порожню чисту кювету під детектор. У режимі Властивості задайте тривалість вимірювання, яку не слід робити менше 1000 секунд. Почніть вимірювання, натиснувши на кнопку Запуск. Не чекаючи завершення експозиції можна натиснути кнопку Контроль фону. Якщо з'явиться заставка, показана на малюнку



то фоновий діапазон знаходиться в межах норми. Тоді натисніть \ОК \, щоб завершити перевірку фону. Увага! Якщо з'являється повідомлення як на малюнку 11:



необхідно провести додатково калібрування енергії і повторити вимір фону.

Якщо з'явиться повідомлення «Швидкість рахунок більші за норму!», необхідно визначити, що забруднено: посудина, що вимірюється, поверхню детектора або його захист. Перевірте, чи не залишені поруч із спектрометром вимірювані проби або інші джерела випромінювання (зразкові джерела випромінювання та ін.).

Якщо після повторного проведення контролю фону знову з'являється негативне повідомлення - то можливо, що для цього знадобиться розбирання та дезактивація захисту із блоком аналізатора. Це виконується при повністю вимкненому приладі з крайньою обережністю.

5. Вимірювання рахункового зразка

При кожному вимірі необхідно виконувати наступну послідовність операцій:

- Очистити буферну пам'ять комп'ютера від попереднього діапазону;
- Запустити вимірювання:
- Ввести вагу зразка:
- Зупинити вимірювання (якщо експозиція не обмежена);
- Передати спектр на обробку (за допомогою команди «Активність» з

меню

«Обробка»)

- Зберегти спектр (у разі, коли обробка спектра буде проводитись пізніше).

Ущільнюйте зразок, домагаючись рівномірного розподілу речовини за обсягом, розрівняйте поверхню. Визначте вагу вимірюваного зразка, закрийте кювету тонкою плівкою та встановіть її під детектор. При цьому вставляйте кювету в поглиблення акуратно, підтримуючи її знизу через отвір. Закрийте диспансерний пристрій або дверцята.

При необхідності змінити лінію вимірювання (тобто набір налаштувань та калібрування, визначених типом використовуваної кювети) в режимі Властивості розкрийте вкладку Обробка. Лінію вимірювання визначте відповідно до модифікації спектрометра. Пересуваючись по списку вгору-вниз, виберіть потрібну лінію, а потім клацніть кнопки Застосувати і ОК.

Час виміру проби визначається відносною помилкою визначення питомої активності шуканого радіонукліда, яка не повинна перевищувати $\pm 50\%$ і не перевищує 7200 с. Якщо після включення спектрометра пройшло не менше 15 хвилин та проведено калібрування по енергії, запустіть вимірювання, натиснувши клавішу F3 або клацнувши на зображенні кнопки Запуск. На вікні Властивості на закладці \Проба\ введіть обов'язкові дані:

Занесення показань ваги

При вимірі неконцентрованих проб (без методу озолення чи ін.), необхідно заповнити:

в активному вікні Вес (синій фон) з клавіатури цифрами 1,2....0 та «•» ввести вагу проби у зазначених одиницях. Зазвичай це кілограми, т.к.

допустимі рівні затверджені у Бк/кг. При вимірі концентрованих проб (методом озоління або іншими методами) необхідно також заповнити додаткові вікна. Додаткову інформацію, яка потрапить до протоколу, можна ввести до вікна Коментарі.

Вибір геометрії проби.

Кількість різних геометрій та їх номери (різних наборів калібрувань по ефективності) визначаються при калібруванні приладу. Наприклад, на різних геометріях можуть бути калібрування для різних вимірювальних щільностей проби або для різного заповнення вимірювальних судин. У вікні Геометрія оберіть необхідне значення залежно від вимірюваної проби (кількість грамів у пробі).

Вибір допустимого рівня.

Увійдіть:

- у вікні Властивості на закладці Обробка натисніть Додаткові параметри. На вікні, що з'явилося натисніть закладку Рівні. У вікні Поточний рівень оберіть рівень, що відповідає вимірюваному продукту. Натисніть ОК. Після цього у вікні Властивості треба перейти на закладку Керування та встановити значок «пташки» √ для Обробка спектра при зчитуванні. Натиснути ОК.

Для отримання результату вимірювання активності клацніть на кнопці



тим самим увімкнувши режим «Протокол». Під час вимірювання на екрані відображається протокол вимірювання, який оновлюється через кожні 20 секунд. Щоб зупинити вимірювання проби, натисніть клавішу F4 або кнопку Стоп. Для друку протоколу натисніть одночасно клавіші Печать, клацніть на ОК. Дістаньте кювету із пробою. Після цього можна почати вимір наступної проби або вимкнути спектрометр.

Щоб вимкнути спектрометр:

- Вимкніть принтер;
- закрийте програму AkWin за допомогою команд меню, або ж натиснувши [X] у правому верхньому кутку екрана; у своїй з'явиться початкова заставка;
- вимкніть комп'ютер.
- вимкніть все живлення спектрометра, натиснувши відповідну кнопку на мережевому подовжувачі або джерело безперебійного живлення.

Після цього зробіть чистку робочого місця та дезактивацію використаних кювет.

6. Технічне обслуговування

Загальні вказівки

До технічного обслуговування відносять роботи, що періодично виконуються, виходять за рамки використання спектрометра по прямому функціональному призначенню та спрямовані на утримання спектрометра у справному стані та забезпечення виконання вимірювань із необхідною точністю.

До обслуговування допускається особи інженерно-технічного персоналу категорії А, які мають спеціальну освіту, навички роботи із засобами вимірювальної техніки в галузі іонізуючих випромінювань та ознайомлені з правилами та інструкціями з техніки безпеки на робочому місці.

Дезактивація спектрометра виконується періодично як профілактичного заходу і у разі, якщо зросло радіоактивний фон. Дезактивація виконується чистою бавовняною тканиною, що не має ворсу, яку зволожують реактивом. У якості реактиву у найпростішому випадку використовують розчин прального порошку, а для досягнення суттєвого ефекту – спирт-ректифікат. Витрата матеріалів для разової дезактивації:

Спирт-ректифікат – 50 мл;

Х/б тканина – 100 г.

Для дезактивації поверхонь виконайте таке.

- Вимкніть спектрометр та вийміть вилки з розеток, від'єднайте всі кабелі;
- Очистіть від пилу зовнішні поверхні всіх складових спектрометра і робоче місце. А особливо місця, куди могли прокидатися або пролитися контрольовані речовини проб;
- Ретельно протріть зовнішні поверхні захист детектора та порожнину в ньому для розміщення кювети, використовувані кювети, кабельні та приладові частини роз'ємів;
- Проведіть посилене вологе прибирання у приміщенні.
- Залиште просохнути протягом години;
- Підключіть усі кабелі. Увімкніть спектрометр і переконайтеся у його працездатності
- Перевірте, чи розмір фону досить зменшився

Підготовка проби до вимірювання питомої активності

1. Відбір проб та підготовка їх до вимірювання повинні виконуватись відповідно до нормативними документами та методиками.
2. Пробопідготовка має важливе значення. Порухення правил пробопідготовки суттєво позначається на точності результатів вимірів.
3. Зернистість речовини зразка має перевищувати 2 - 2.5 мм. Порухення цієї умови призводить до зростання похибки результатів.
4. Використовувати для вимірювань слід лише відкалібровані судини. Підприємство виробник рекомендує стандартні судини "Маринеллі" ємністю 1 л.
5. Дотримання вищезгаданих заходів є необхідною умовою для отримання достовірних результатів.
6. Будь-які інші посудини для проб повинні підтверджуватись затвердженими в установленому порядку методиками вимірів активності. Користувач повинен пам'ятати, що нова геометрія вимірів потребує інших коефіцієнтів зв'язку між кількістю імпульсів та активністю.
7. Проба повинна рівномірно заповнювати об'єм вибраної для вимірювання посудини. Судини необхідного обсягу вибираються з набору судин, що поставляється.
8. Для підготовки проби овочі, фрукти та інше подрібнюються до однорідного стану маси. Для цього можна використовувати м'ясорубку, кавомолку тощо.
9. Відміряна кількість речовини проби повинна рівномірно та щільно розміщуватись у посудині.
Увага! Підготовлену до вимірювань пробу не можна піддавати ударам, струшування та інше. Для запобігання забруднення детектора та його захисту перед установкою на детектор рекомендується посудину з пробой помістити в поліетиленовий одноразовий пакет.
10. Для визначення маси проби посудину з пробой зважують і від отриманої маси забирають масу порожньої судини.
Увага! Масу проби у програму вводять у кг. Наприклад: 800г вводять як 0.80 кг. Вибрана під час запуску вимірювання геометрія повинна відповідати реально вимірюваної.

Контрольні питання

1. Призначення і галузь застосування спектрометру енергій бета-випромінювання сцинтиляційного СЕБ-01
2. Комплектність і будова приладу.
3. Порядок роботи спектрометра
4. Підготовка проби до вимірювання питомої активності

Навчальне видання

**Методичні рекомендації
до лабораторної роботи
з освітнього компонента «Ветеринарна радіобіологія»
«Прилади»**

**Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.**

Ум. друк. арк. _.

Наклад

—

ОДАУ

65000, м.Одеса, вул. Пантелеймонівська, 13