

Практична робота №5
СПЕКТРОМЕТРИЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ^{137}Cs В ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТАХ ЕКОСИСТЕМ

1. Мета роботи

Навчитися проводити радіометрію проб зовнішнього середовища.

2. Оснащення

Гамма-спектрометр, наважка проби навколишнього середовища (проба ґрунту, повітряно-суха проба рослинності)

3. Теоретичні відомості

Гамма-спектрометричні дослідження базуються на вмінні отримувати енергетичний спектр від проби та ідентифікувати радіонукліди у пробі.

Підготовка проб та гамма-спектрометричний аналіз проби виконується відповідно до методики [6]. Гамма-спектрометр на базі багатоканального амплітудного аналізатора дозволяє отримувати спектр, який відображає активність тих чи інших радіонуклідів, розкладених поканально, залежно від їх енергії випромінювання (гамма-спектрометри, в основному, розкладають потік випромінювання від проби в енергетичний спектр від 0,2 до 1,5 MeV) (рис. 5, 6).

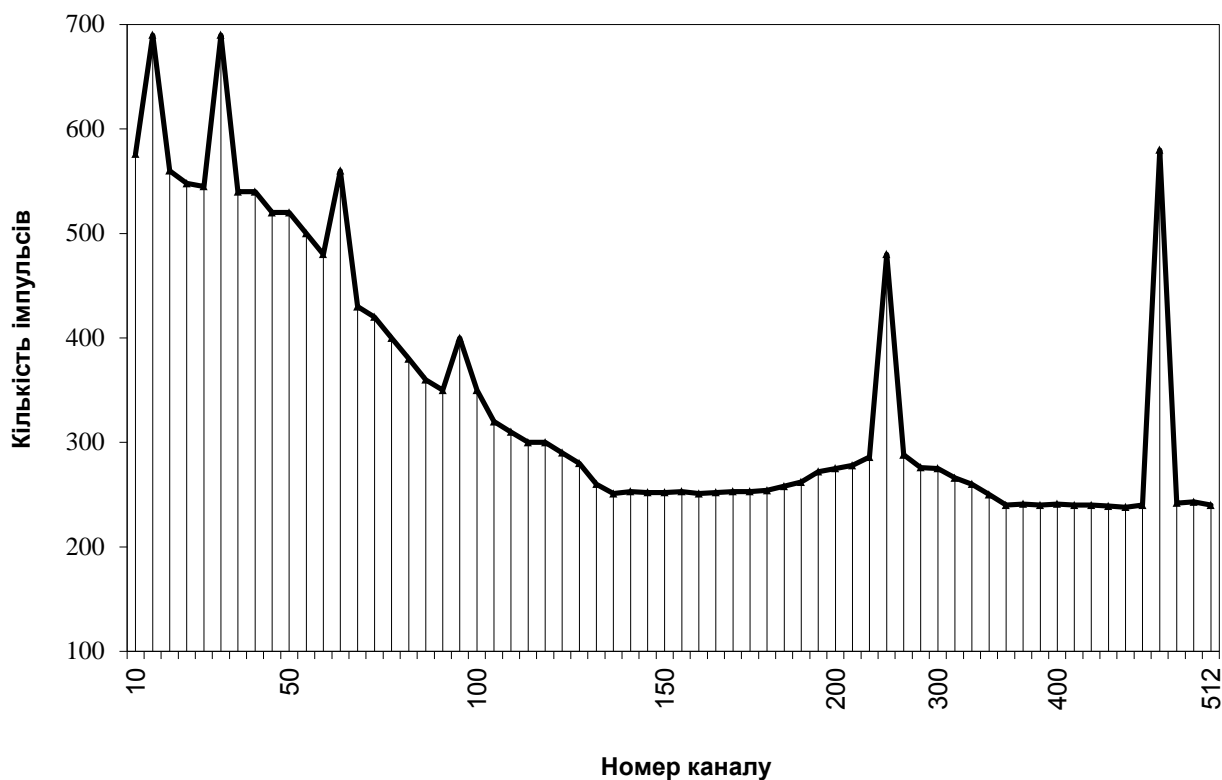


Рис. 5. Енергетичний спектр проби за багатоканальним аналізатором імпульсів AI-1024-95

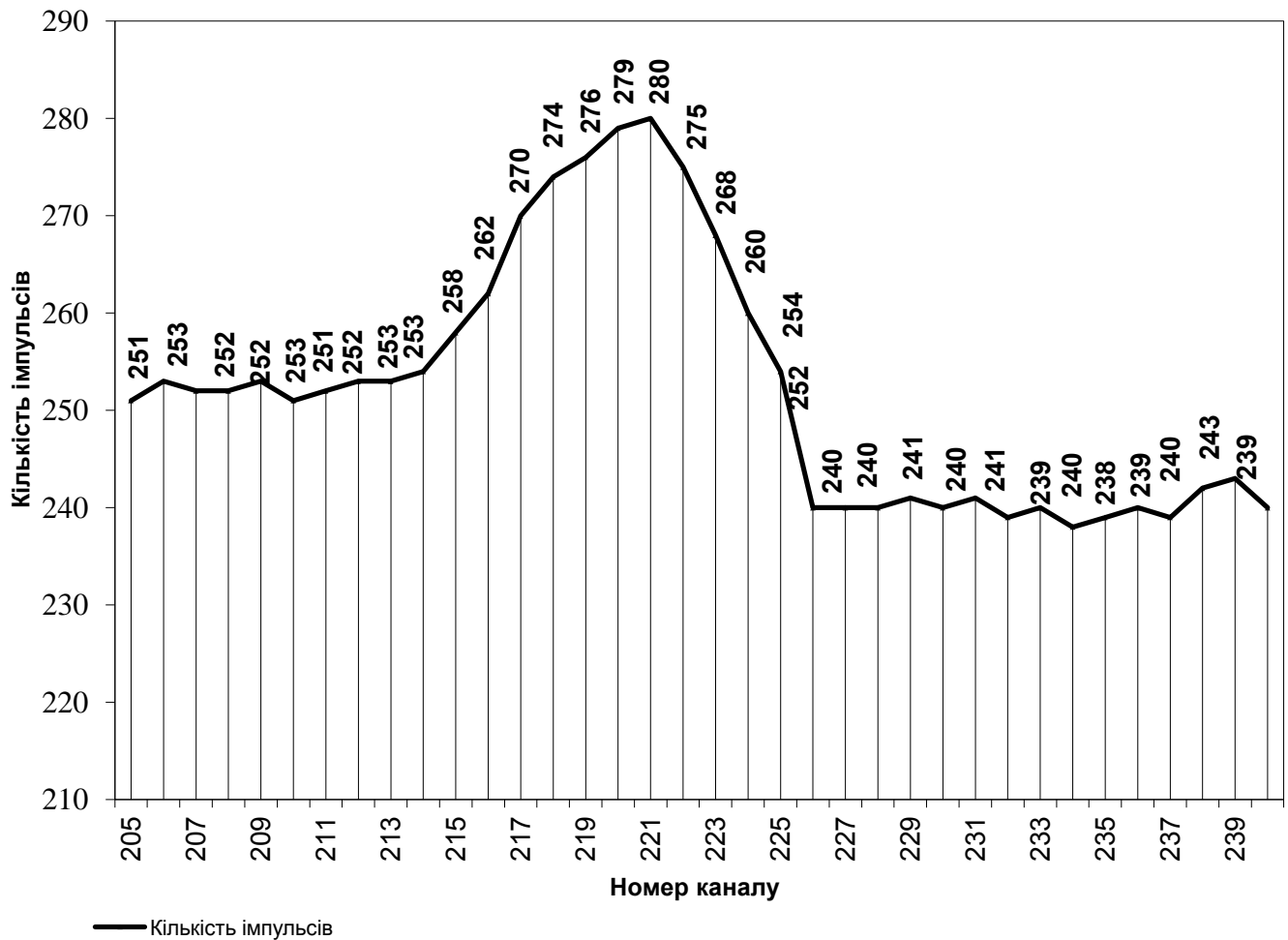


Рис. 6. Ділянка спектра з певним “піком”

3.1. Вимірювання фонових характеристик спектрометра

Мінімально детектована активність залежить від значення фону, яке реєструється спектрометром у вибраному енергетичному діапазоні.

Вимірювання фонових характеристик для розрахунку малих величин активності проводиться протягом 6-8 годин.

Із фонового спектра розраховують мінімальне значення активності за певною гамма-лінією радіонукліда.

$$A_{\min} = \frac{\sqrt{\sum_i N_{i\phi}}}{\mathcal{E}(E_i) \cdot t_{\phi} \cdot I_i} \quad (3.1.1)$$

де E_i, I_i – енергія і абсолютна інтенсивність i гамма-лінії радіонукліда (у долях)
 \mathcal{E}_i – ефективність реєстрації спектрометра у вибраній геометрії для енергії E_i (долі)
 $N_{i\phi}$ – кількість зареєстрованих імпульсів в i -каналі (імп.)

Мінімально детектована активність за будь-який час експозиції розраховується за формулою:

$$A_{\min}(t) = A_{\min}(t_{\text{TM}}) \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{TM}}}{t}}, \quad (3.1.2)$$

Для фонового спектра розраховується також величина

$$\sum \Phi_0 = \frac{\sum_{m=M_0}^M N_m}{t_\phi}, \quad (3.1.3)$$

де N_m – кількість імпульсів в m -каналі аналізатора;

M_0, M – канали, що відповідають початку та кінцю енергетичного діапазону спектрометра.

Ця величина характеризує інтегральний фон спектрометра і використовується для оперативного щоденного контролю постійності фону.

3.2. Критерій перевірки статистичної значимості амплітудного піка

Статистична значущість величини S_i' обумовлена активністю, що мінімально детектується:

$$S_i^{\odot} \geq 2 \cdot \sqrt{\sum_{i=m1}^{m2} N_{iTM}} \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{TM}}},$$

$$S_i' = S_i - \frac{t}{t_\phi} \cdot S_{i\phi}$$

де S_i' – відкоригована з урахуванням фону площа піка,

$S_i, S_{i\phi}$ – площі піків відповідно у спектрі проби й у фоновому спектрі.

При невиконанні цієї умови припускається, що значення активності за i -тою гамма-лінією не перевищує МДА.

3.3. Розрахунок активності радіонукліда у пробі

Розрахунок здійснюється за формулою:

$$A_i = \frac{S_i^{\odot}}{\mathcal{E}(E_i) \cdot I_i \cdot t}. \quad (3.3.1)$$

3.4. Оформлення фонових характеристик спектрометра здійснюється у формі:

Дата	Радіонуклід	E (МэВ)	t_ϕ (сек.)	$\sum n_{i\phi}$ (імп)	S_ϕ (імп)	A_{min} у геометрії (х) для $t=t_\phi$	
						Бк-пробу	Кі-пробу

3.5. Протокол результату гамма-спектрометрії проби повинен мати повну інформацію про вимірювання:

Радіо- нуклід	E (МэВ)	№ каналу	Площа піка (імп.) $S - \frac{t}{t_\phi} \cdot S_\phi$	Коефіцієнт статистичної значущості $2 \cdot \sqrt{\sum_{i=m1}^{m2} N_{i\phi}} \cdot \sqrt{\frac{t}{t_\phi}}$	Помилка σ , %	Активність Бк-пробу	Маса проби, кг	Активність Бк/кг

4. Завдання

а). Визначити загальну площу піка для проби ґрунту $\sum n_{i\phi}$ (за рис. 2) 1

б). Визначити площу фону S_ϕ

в). Розрахувати площу піка над фоном $S_i = \sum n_{i\phi} - S_\phi$

г). Результати розрахунку занести у таблицю:

Дата	Радіонуклід	E (МэВ)	t_ϕ (сек.)	$\sum n_{i\phi}$ (імп.)	S_ϕ (імп.)	$S_i = \sum n_{i\phi} - S_\phi$ (імп.)	Маса проби кг	A_i Бк/кг

4.1. Визначити активність ^{137}Cs у пробі ґрунту за формулою

$$A_i = \frac{S_i^{\odot}}{\mathcal{E}(E_i) \cdot I_i \cdot t \cdot m}, \quad (1.)$$

де E_i, I_i – енергія і абсолютна інтенсивність i -гама-лінії радіонукліда (у долях)
 ε_i – ефективність реєстрації спектрометра у вибраній геометрії для енергії E_i (долі)
 S_i – площа піку в i каналі без фону (імп.)
 M – маса проби (кг).

д). Аналогічно до пп. 4.1-4.5 провести дослідження для проби рослинності, проб молока.

е). Результати дослідження навести у вигляді:

- Вміст ^{137}Cs у ґрунті дорівнює _____ Бк/кг
- Вміст ^{137}Cs у рослинності дорівнює _____ Бк/кг
- Вміст ^{137}Cs у молоці дорівнює _____ Бк/кг

Контрольні питання

1. Що таке гамма-спектрометричний аналіз проб навколишнього середовища? В чому полягає сутність цього методу визначення радіоактивності проб навколишнього середовища?
2. Як визначити активність цезію-137 у пробі за допомогою гамма-спектрометра?
3. Що таке фон гамма-спектрометра?
4. Що таке мінімальнодетектована активність цезію-137 на гамма-спектрометрі? Від чого вона залежить?
5. Від чого залежить ефективність вимірювання проб на гамма-спектрометрі?