

**Практична робота №2**  
**РАДІОМЕТРИЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ  $\beta$ -АКТИВНОСТІ ПРОБ НАВКОЛИШНЬОГО**  
**СЕРЕДОВИЩА**

**1. Мета роботи**

Навчитися проводити радіометричні дослідження об'єктів навколишнього середовища, визначати їх загальну  $\beta$ -активність.

**2. Оснащення**

Радіометрична установка малого фону УМФ (-1500, -2000), калієвий еталон, наважка проби навколишнього середовища.

**3. Теоретичні відомості**

При кожному акті розпаду відбувається випромінювання однієї частинки, через це загальне число альфа- або бета-частинок, що випромінюється в об'єкті зовнішнього середовища у всіх напрямках в одиницю часу, і визначає активність даного радіонукліда в цьому об'єкті зовнішнього середовища.

Однак для реєстрації альфа-бета-частинок, альфа-гамма-, та бета-гамма-активних ізотопів необхідно відділити потік частинок від поліквантів (це завжди призводить до деякого послаблення останнього, значно ускладнює визначення величини активності ізотопу та призводить до помилок при вимірюваннях і обчисленнях). Тому на практиці активність таких ізотопів найчастіше визначають за гамма-випромінюванням. У цьому випадку необхідно враховувати, що різні радіоактивні ізотопи при одному акті розпаду можуть випромінювати не один гамма-квант, а декілька, і тому активність ( $A$ ) такого радіонукліда визначається співвідношенням загальної кількості гамма-квантів ( $N_{j0}$ ), що випромінюються радіоактивним ізотопом в усіх напрямках за одиницю часу, і числа гамма-квантів ( $n$ ), що випромінюються при одному акті розпаду:

$$A = \frac{N_{j0}}{n} \quad (\text{розп/сек або беккерелів})$$

Для визначення загальної кількості гамма-квантів достатньо знати число зареєстрованих установкою імпульсів ( $N$ ), ефективність лічильника ( $\varepsilon$ ) та геометрію установки (відносна розташування проби та детектора (лічильника)). Очевидно, що кількість зареєстрованих пристроєм імпульсів ( $N_{j0}$ ) пропорційна кількості гамма-квантів ( $N_\gamma$ ), що надходять до лічильника, і ефективності ( $\varepsilon$ ) лічильника:

$$N_{j0} = \varepsilon \cdot N_\gamma.$$

У свою чергу,  $N_\gamma$  пропорційна кількості гамма-квантів  $N_{\gamma0}$ , що випромінюється ізотопом в усіх напрямках і залежить від геометрії пристрою. Отже:

$$N_\gamma = a \cdot N_{\gamma0}.$$

де  $a$  – коефіцієнт, що враховує частку гамма-квантів, які реєструються детектором (лічильником), від загальної їх кількості  $N_{\gamma0}$ , що випромінюється радіоактивним ізотопом.

Через те що співвідношення числа гамма-квантів  $N_\gamma$ , які надходять до детектора (лічильника), та їх загального числа  $N_{\gamma0}$ , що випромінюється ізотопом за одиницю часу в усіх напрямках, визначається співвідношенням тілесних кутів  $\omega$  і  $4\pi$ , в яких поширюються потоки гамма-квантів  $N_\gamma$  та  $N_{\gamma0}$ , тобто:

$$\frac{N_\gamma}{N_{\gamma0}} = \frac{\omega}{4\pi},$$

а тілесний кут, під яким ми бачимо лічильник з точкового джерела  $S$ :

$$\omega = \frac{ld}{r^2},$$

де  $ld$  – площа поздовжнього перетину газового лічильника,  
 $r$  – відстань між лічильником та ізотопом (рис. 3),

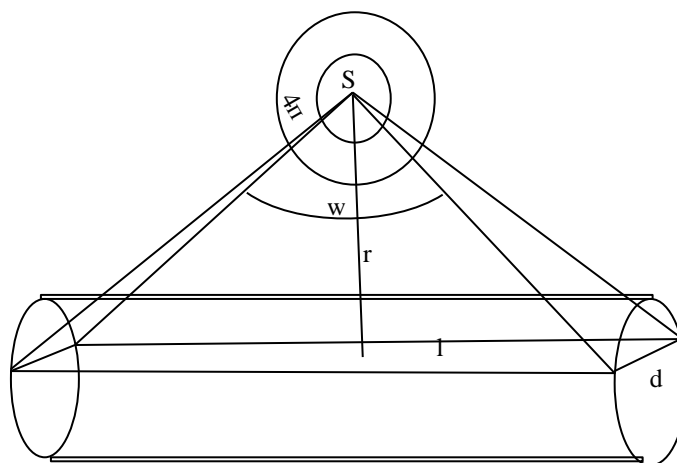


Рис. 3. Схема параметрів для визначення  $a$

тоді коефіцієнт  $a = \frac{ld}{4\pi r^2}$  і, отже:

$$N_\gamma = \frac{ld}{4\pi r^2} \cdot N_{\gamma_0}$$

Оскільки  $N_\gamma = \frac{N}{\varepsilon}$ , то  $N_{\gamma_0} = \frac{4\pi r^2}{ld\varepsilon}$ , і, нарешті, активність препарату дорівнює:

$$A = N \frac{4\pi r^2}{nld\varepsilon} \quad (\text{розп/сек або бекерелів})$$

Орієнтовні вимірювання гамма- і бета-активності об'єктів зовнішнього середовища проводяться безпосередньо на місці, використовують переносні прилади СРП, ДБГ-0.4, "Прип'ять" та інші. У лабораторних умовах визначають радіоактивне забруднення відібраних проб за допомогою установок: гамма-спектрометра (АІ-1024-95 з ДГДК, ГАММА-АК,-1С), бета-спектрометра (СЕБ-01, БЕТА-01С), альфа-спектрометра (СЕА-13П з ППД), бета-радіометричної установки УМФ-1500 та інших. Як детектори випромінювань найчастіше використовуються газорозрядні, сцинтиляційні, напівпровідникові лічильники.

Усі радіометричні дослідження є *відносними* – в основі лежить метод відносного порівняння швидкості лічби імпульсів від проби зі швидкістю лічби від еталона (зразка радіоактивності). Для будь-яких радіометричних вимірювань сьогодні випускають зразкові радіоактивні препарати з вмістом  $\alpha$ -,  $\beta$ - чи  $\gamma$ -нуклідів або такі, що враховують різну геометрію випромінювання: точкові, об'ємні або рідкі препарати.

Як еталон при визначенні *загальної  $\beta$ -активності* об'єкта навколишнього середовища застосовується калій-40. Вибір останнього зумовлений великим поширенням його в природі. Калій-40, в основному, визначає бета-фон більшості природних об'єктів, які обстежуються при дослідженнях. Важливою перевагою калію-40 є також його великий період піврозпаду ( $1.27 \cdot 10^9$  років), який дозволяє не вносити поправки на розпад. Перелічені властивості роблять можливим застосування калію-40 як еталона при гігієнічних дослідженнях.

Для приготування еталона беруть наважку безводного хімічно чистого, дрібно розтертого сірчаноокислого чи хлористого калію вагою 250 або 300 мг.

Повну кількість бета-розпадів, що сталася в даній наважці речовини еталона, розраховують виходячи із вмісту калію в наважці КСІ і вмісту радіоактивного калію-40 у природній суміші ізотопів ( $^{30}\text{K}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{41}\text{K}$ ), який становить 0,0119%. Активність 1г калію-40 дорівнює  $6,28 \cdot 10^6$  Кі.

#### 4. Завдання

- Підготувати радіометричну установку УМФ-1500 з ПСО-2-5 до роботи, згідно з її технологічною документацією.
- Приготувати калієвий еталон і зробити розрахунок параметрів еталона.
- Визначити швидкість лічби імпульсів, що утворюються радіоактивністю проби, на радіометричній установці.
- Обчислити активність проби.
- Знайти похибки обчислень.
- Зробити оцінку радіаційної обстановки.

#### 5. Вказівки до виконання роботи

- Приготувати еталон. Взяти наважку КСІ вагою 250 мг.
  - Вміст К у взятій наважці дорівнює ...

- Вміст калію-40 в 0,131 г калію дорівнює ...
- Активність  $1,559 \cdot 10^{-5}$  г калію-40 =  $1,559 \cdot 10^{-5} \cdot 6,28 \cdot 10^{-6} = 9,79 \cdot 10^{-10}$  Кі
- Знайдена активність еталона в кюрі відповідає:  
 $9,79 \cdot 10^{-11} \cdot 2,22 \cdot 10^{-12} = 217,3$  розпадів за хвилину.
- Враховуючи, що при радіоактивному перетворенні калію-40 бета-розпаду зазнають 88% атомів, а решта (12%) зазнають К-захоплення, справжня бета-активність препарату дорівнюватиме  $217,3 \cdot 0,88 = 191,2$  розпад/хвилину.
- Знаючи справжню бета-активність еталона і швидкість лічби його, можна визначити процент реєстрованих радіометром бета-розпадів у вигляді імпульсів від загального числа бета-розпадів.

$$K_{ef}^{TM} = \frac{N_{еталону} \left( \frac{\text{розпад}}{\text{хвилину}} \right)}{191,2 \left( \frac{\text{розпад}}{\text{хвилину}} \right)}$$

- 5.2. Увімкнути та підготувати установку УМФ-1500 з ПСО-2-5 до роботи.
- 5.3. Зробити три вимірювання показників фону і знайти середнє їх значення ( $N_{\phi}$  імпульс/хвилину).
- 5.4. Зробити три вимірювання швидкості лічби від калієвого еталона і знайти середнє їх значення ( $N_e$  імпульс/хвилину).
- 5.5. Розрахувати ефективність радіометричної установки за калієвим еталоном:

$$K_{ef} = \frac{N_{еталона} \left( \frac{\text{імпульсів}}{\text{хвилину}} \right) - N_{фону} \left( \frac{\text{імпульсів}}{\text{хвилину}} \right)}{191,2 \left( \frac{\text{розпад}}{\text{хвилину}} \right)}$$

- 5.6. Провести по три вимірювання швидкості лічби від кожної проби і знайти середнє їх значення ( $N_{проби}$  імпульс/хвилину).
- 5.7. Визначити середнє значення активності проб:

$$Q_{проби} = K_{ef} \cdot (N_{проби} - N_{фону}) \cdot \frac{P_1}{P_2 \cdot P_3},$$

де  $K_{ef}$  – ефективність  $\left( \frac{\text{розпад}}{\text{хвилину}} \right)$ , або  $\left( \frac{K_{ef}}{60} \right)$  бекерель.

$P_1$  – вага усїєї ... проби,

$P_2$  – вага проби,

$P_3$  – вага золи, взятої на наважку.

- 5.8. Обчислити похибки вимірювань.
- 5.9. Результати вимірювань занести у таблицю.

| Дата, час<br>Вимірювання /п | Назва<br>проби | Швидкість<br>лічби (імп/хв) | Швидкість<br>лічби фону<br>(імп/хв) | Швидкість<br>лічби від проби<br>без фону (імп/хв) | Активність    |           |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|---------------|-----------|
|                             |                |                             |                                     |   | Розпад<br>/хв | Беккерель |
|                             |                |                             |                                     |   |               |           |
|                             |                |                             |                                     |   |               |           |

### Контрольні питання

1. Що являє собою радіоактивність?
2. Що зветься активністю радіоактивної речовини?
3. Що береться за одиницю активності в системі СІ?
4. Які позасистемні одиниці активності та їх похідні?