

УДК 614.876:551.508.957

**ОЦІНЮВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТАНДАРТНИХ ЗРАЗКІВ EU-152, CS-137 І TH-232 ЗМЕТОЮ  
ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД ОПРОМІНЕННЯ**

Пустовий А.С., Озерський К.Л.,

Науковий керівник – д.т.н., Скляр В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ,  
м. Харків, Україна

e-mail: andrii.pustovyi@nure.ua

The aim of this paper is to substantiate the approach to the assessment and evaluation of the uncertainty of the reference materials of europium-152 (Eu-152), cesium-137 (Cs-137) and thorium-232 (Th-232) during its production and calibration in accordance with the requirements of international regulatory documents. The uncertainty evaluation of the measurement result of a radioactive reference material with a natural half-life period is correct and reliable, taking into account its homogeneity and stability. Univariate analysis of variance is used as a tool for assessment stability, homogeneity and evaluating uncertainty.

Обґрунтування підходу до оцінки та визначення невизначеності довідкових матеріалів європію-152 (Eu-152), цезію-137 (Cs-137) і торію-232 (Th-232) під час їх виробництва та калібрування відповідно до вимог міжнародних регулюючих документів. Оцінка невизначеності результату вимірювання радіоактивного довідкового матеріалу з природним періодом напіврозпаду є коректною та надійною, враховуючи його однорідність та стабільність. Як інструмент оцінки стабільності, однорідності та визначення невизначеності використовується однофакторний аналіз дисперсії.

Створення довідкових стандартів Eu-152, Cs-137 та Th-232 зумовлене потребою їх застосування під час верифікації законодавчо регульованих вимірювальних приладів, що використовуються для оцінки доз опромінення населення та безперервного контролю параметрів радіаційної безпеки.

Eu-152 використовується для калібрування гама-спектроскопічних установок, які застосовуються для дистанційних вимірювань будівельних матеріалів і продуктів харчування. Державні санітарні норми встановлюють допустимі рівні вмісту радіонуклідів, включаючи Cs-137 (разом зі стронцієм-90), у продуктах харчування та питній воді. Основними джерелами надходження радіонуклідів Cs-137 в навколишнє середовище є підприємства ядерного паливного циклу. Th-232 є найбільш поширеним радіонуклідом, який знаходять у будівельних матеріалах. Th-232 моніторять під час будівництва житлових та промислових конструкцій.

Оцінка однорідності необхідна при калібруванні партії для демонстрації достатньої однорідності між пакунками (зразками) партії [1,2].

Оцінки стабільності виконуються для визначення ступеня нестабільності первинних довідкових матеріалів (ДМ) після їх підготовки

або для підтвердження довгострокової стабільності матеріалу, враховуючи природний період напіврозпаду. Навіть "стабільні" матеріали можуть демонструвати нестабільність одного або декількох значень параметрів [3].

Однорідність між зразками є важливою для забезпечення того, щоб кожен зразок ДМ мав однакові значення для кожної властивості; внутрішня однорідність є важливою, коли матеріал зразка може бути вибраним частинами користувачами матеріалу. Матеріал вважається повністю однорідним за специфічною активністю, якщо немає розбіжностей між значеннями цієї характеристики від однієї частини матеріалу (одного зразка) до іншої. На практиці, матеріал вважається однорідним щодо даної характеристики, якщо розбіжність між значеннями цієї характеристики від однієї частини матеріалу (одного зразка) до іншої є меншою за компонент невизначеності, отриманий, наприклад, в результаті вимірювань.

Оцінки однорідності та стабільності специфічної активності джерел радіонуклідів для спеціальних цілей на частини, з урахуванням вимог DSTU ISO 17034:2020. Загальна кількість досліджуваного матеріалу, гранули, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232, ділиться на 20 окремих порцій, вагою по 50 грамів кожна (75 грамів для Th-232). Для подальших розрахунків ми визначаємо середнє значення кожної з 20 порцій матеріалів.

Дослідження однорідності та стабільності проводилося для активностей, найбільш поширених під час верифікації законодавчо регульованих вимірювальних приладів. Використовувані зразки, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232 мають активність, що не несе загрозу для персоналу при дослідженні зразків, та є безпечною з точки зору навантаження на детектор гамма [4].

Вимірювання активності як загальної кількості матеріалу, так і матеріалу в окремих порціях виконується за допомогою гамма-спектрометричного методу для визначення нуклідного складу та банок Марінеллі відповідної місткості.

Під час подальших розрахунків буде застосовуватися дисперсійний аналіз (ANOVA - Analysis of Variation). Цей аналіз зручний для обробки даних та оцінки компонентів невизначеності, що характеризують однорідність між зразками або міжлабораторне стандартне відхилення. У дисперсійному аналізі ANOVA значущість різниці між середніми активностями в різних групах перевіряється шляхом порівняння дисперсій цих груп.

В результаті поділу загальної дисперсії на кілька джерел можливо порівняти дисперсію, спричинену різницею між групами, з дисперсією, спричиненою варіабельністю в межах груп. При перевірці гіпотези встановлюється факт відсутності різниці між групами. Якщо нульова гіпотеза є правдивою, оцінка дисперсії, пов'язаної з варіабельністю в межах груп, має бути близькою до оцінки дисперсії групи. Якщо вона є хибною, значення значно відрізняються на широкий розрив. [5].

Важливою умовою призначеного використання довідкового стандарту є достатня стабільність його характеристик, щоб кінцевий користувач міг покладатися на призначене значення в будь-який час протягом терміну дії сертифіката довідкового стандарту. Зазвичай важливо враховувати стабільність при умовах тривалого зберігання, під час транспортування та, за можливості, за умов зберігання в лабораторії користувача.

У рамках проведеної роботи матеріал (джерело радіонуклідів спеціального призначення) пройшов дослідження стабільності щодо відтворення вмісту Eu-152. Експериментальні дані, отримані протягом початкового періоду, 30, 60, 90, 120, 150, 330 та 360.

Відповідно до існуючих міжнародних регуляторних документів, буде визначено та проаналізовано однорідність та стабільність джерел ОИСН-1 та КОИСН, вироблено у вигляді гранул, що містять Eu-152, Cs-137 та Th-232. Буде створено основу для подальших досліджень метрологічних характеристик довідкових матеріалів, що використовуються у законодавчо регульованій сфері.

Отримані значення однорідності та стабільності матеріалів довідкового стандарту (Eu-152, Cs-137, Th-232), з яких створюється довідковий матеріал Eu-152, Cs-137 та Th-232, підходять для досліджень з визначення значень активності створеного стандартного зразка як кількість елементарних радіоактивних розпадів в одному грамі Eu-152, Cs-137 та Th-232 з оціненими невизначеностями вимірювань, з урахуванням вимог DSTU-N ISO Guide 35:2018.

Список використаних джерел:

1. ISO GUIDE 35:2017 Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability.
2. International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC G12 Guidelines for the Requirements for the Competence of Reference Materials Producers, ILAC, 2000.
3. Lamberty A., Schimmel H., Pauwels J. The study of the stability of reference materials by isochronous measurements, Fresenius // J. Anal. Chemistry. 1997. 360. P. 359–361.
4. DSP 6.177-2005-09-02. Basic sanitary rules for ensuring radiation safety of Ukraine (In Ukrainian).
5. Sheffe G. Dispersionnyy analiz [Analysis of variance], transl. from Eng. M., 1963. 626 p.