

## ІЗОТОПНИЙ СКЛАД ПЛУТОНІЮ В ГРУНТАХ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

В. А. Агеев, А. П. Лашко, Т. М. Лашко, О. О. Одинцов, В. П. Хоменков

Запропонована методика аналізу альфа-спектрів, за допомогою якої визначено повний ізотопний склад плутонію в зоні впливу аварії на ЧАЕС.

В опромінену паливі атомних електростанцій із тривалоіснуючих ізотопів плутонію напрацьовуються  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{238}\text{Pu}$ . При радіохімічному аналізі зразків досить легко визначити вміст  $^{238}\text{Pu}$  та суму  $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ . Альфа-лінії  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{240}\text{Pu}$  близькі за енергією ( $\Delta E < 12$  кеВ) і не розділяються навіть на альфа-спектрометрі з високою роздільною здатністю. Активність  $^{242}\text{Pu}$  на три порядки менша за активність  $^{240}\text{Pu}$ . В альфа-спектрі лінії  $^{242}\text{Pu}$  не розділяються з альфа-лініями  $^{241}\text{Pu}$  ( $\Delta E < 4$  кеВ), окрім того вони мають меншу енергію, ніж лінії  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{240}\text{Pu}$ , а отже, знаходяться на "передньому хвості" інтенсивних альфа-ліній  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{240}\text{Pu}$ . Наведені обставини викликають значні труднощі й висувають підвищені вимоги до радіонуклідної чистоти джерела випромінювання, якості спектрометричної апаратури, програм обробки альфа-спектрів. Авторам вдалося розв'язати ці питання й визначити повний ізотопний склад плутонію в зоні аварії на ЧАЕС.

Зразки ґрунту було відібрано за точками реперної сітки та за паспортизованими полігонами 30-кілометрової зони ЧАЕС.

Концентрація та виділення плутонію без носіїв із проб ґрунту проводились за методикою, основними етапами якої є співосадження плутонію в низьких ступенях окислення +3 і +4 із фторидом лантану й очистки на іонообмінній колоні діаметром 0.2 см та висотою 10 см, заповненій аніонітом АВ-17 у нітратній формі.

Джерела для альфа-спектрометричних вимірів готували електрорхімічним висадженням плутонію на диски полірованої нержавіючої сталі (діаметр активної плями 12 мм) із сірчаноокислого розчину з рН = 2.1 - 2.3. Хімічний вихід плутонію, визначений за допомогою радіоактивної "мітки"  $^{236}\text{Pu}$ , складає 60 - 70 %.

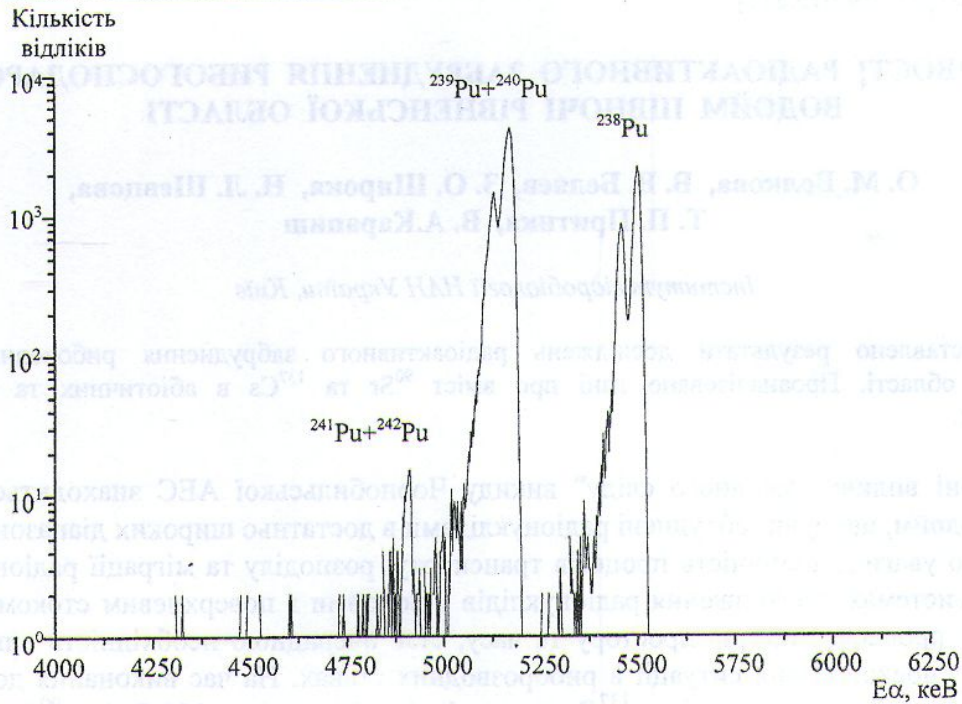
Альфа-спектри міряли на восьмиканальному альфа-спектрометрі ОСТЕТЕ РС фірми ORTEC із напівпровідниковими кремнієвими детекторами серії ULTRA. Висока роздільна здатність (менша за 19 кеВ на лініях  $^{241}\text{Am}$ ) та низький власний фон приладу (біля 1 відліку за добу в областях локалізації основних альфа-груп) при ефективності реєстрації біля 25 % дозволяють впевнено детектувати активності до  $10^{-14}$  Кі.

Типовий альфа-спектр плутонієвої фракції, яка містить  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{238}\text{Pu}$ , знятий на відстані джерела випромінювання до детектора 10 мм, наведено на рисунку.

Обробка альфа-спектрів проводилася за методом вписування "табличної" лінії у відповідну ділянку спектра. Суть його полягає в тому, що яка-небудь одиночна лінія з отриманого спектра, знята з високою статистичною точністю, після вирахування фону описується в проміжках поміж експериментальними точками кубічними сплайнами і використовується в якості "табличної", визначаючої експериментальну форму ліній для подальшої обробки за методом найменших квадратів. У даному випадку за "табличну" вибирали лінію  $\alpha 5499$   $^{238}\text{Pu}$ . Подібний підхід успішно використовували раніше при обробці спектрів електронів внутрішньої конверсії [1].

Обробка спектрів різної якості показала, що співвідношення активностей  $^{239}\text{Pu}$  та  $^{240}\text{Pu}$  визначається досить добре, похибка розкиду не перевищує двох вагових похибок.

Вміст  $^{241}\text{Pu}$  було визначено методом повторних вимірів альфа- та гамма-спектрів плутонієвих фракцій після накопичення  $^{241}\text{Am}$  [2]. Знаючи відносний вміст  $^{241}\text{Pu}$  можна розрахувати і кількість  $^{242}\text{Pu}$ .



У таблиці наведено зважені результати визначення вмісту ізоотопів плутонію в ґрунтах зони відчуження. У нижньому рядку подано розрахунки для палива 4-го енергоблока ЧАЕС.

**Значення відношень активностей плутонію в ґрунтах 30-кілометрової зони ЧАЕС.  
Дані на 26 квітня 1998 р.**

Ізотоп	<sup>238</sup> Pu	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>241</sup> Pu	<sup>242</sup> Pu
Активність, відн. од.	78±7	65±6	100	5900±700	0.13±0.05
Розрахунок [3]	87	62	100	6600	0.17

З таблиці видно, що експериментальні результати дуже добре співпадають із теоретичними розрахунками.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Булгаков В.В., Гаврилюк В.И., Лашко А.П. и др. - Киев, 1986. - 48 с. - (Препр. /АН УССР. Ин-т ядерных исслед.; КИЯИ-86-33).
2. Агеев В.А., Выричек С.Л., Одинцов А.А. // Ядерная и радиационная безопасность. - 1999. - Т. 2, № 2. - С. 28.
3. Герасько В.Н., Ключников А.А., Корнеев А.А. и др. Объект "Укрытие". История, состояние и перспективы. - Киев: Интерграфик, 1997. - 224 с.

**ІЗОТОПНИЙ СОСТАВ ПЛУТОНИЯ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ**

**В. А.Агеев, А. П.Лашко, Т. Н.Лашко, А. А.Одинцов, В. П.Хоменков**

Предложен метод анализа альфа-спектров при помощи которого определен полный изотопный состав плутония в зоне отчуждения ЧАЭС.

**THE PLUTONIUM ISOTOPE CONTENT IN SOILS OF THE  
CHERNOBYL EXCLUSION ZONE**

**V. A. Ageev, A. P. Lashko, T. N. Lashko, A. A. Odintsov, V. P. Khomenkov**

Program package for analyzing of alpha-spectra is proposed. The complete isotope content of plutonium in the Chernobyl accident zone was determined by means of this package.