



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118871** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

**G21F 9/20** (2006.01)**G21C 17/00****G01T 1/36** (2006.01)**G01T 1/169** (2006.01)МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**(21) Номер заявки: **u 2017 03090**(22) Дата подання заявки: **03.04.2017**(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **28.08.2017**(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **28.08.2017, Бюл.№ 16**

(72) Винахідник(и):

**Желтоножський Віктор Олександрович**  
**(UA),****Желтоножська Марина Вікторівна (UA),**  
**Куліч Надія Владиславівна (UA),**  
**Бондарьков Дмитро Михайлович (UA)**

(73) Власник(и):

**ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**  
**НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК**  
**УКРАЇНИ,**

просп. Науки, 47, м. Київ, 03680 (UA)

**(54) СПОСІБ РОЗРАХУНКУ КОНЦЕНТРАЦІЇ АКТИВНОСТІ РАДІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВИХ РАДІОНУКЛІДІВ  
У РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДАХ У ТИМЧАСОВИХ СХОВИЩАХ АЕС ВІДПОВІДНО ДО АКТИВНОСТІ  
НУКЛІДУ <sup>60</sup>Co**

(57) Реферат:

Спосіб розрахунку концентрації активності радіологічно важливих радіонуклідів у радіоактивних відходах у тимчасових сховищах АЕС відповідно до активності нукліду <sup>60</sup>Co характеризується тим, що для його визначення вимірюються концентрації активностей різних радіонуклідів у контрольному зразку  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -спектроскопією та їх співвідношення до <sup>60</sup>Co. Активність ізотопу в інших ємностях з РАО оцінюється за формулою:

$$A_i = A_{60Co} \cdot k_i \cdot m_i, (1)$$

де:

 $A_i$  - активність ізотопу, що визначається, в РАО; $A_{60Co}$  - виміряне значення питомої активності <sup>60</sup>Co ;

$k_i$  відношення питомої активності i-го ізотопу до питомої активності <sup>60</sup>Co визначене емпіричним шляхом для контрольного зразка в лабораторії,  
 $m$  - маса РАВ, що надходять на зберігання. Сумарна радіоактивність контейнера з відходами визначається як сума активностей всіх ізотопів:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i, (2)$$

де:

 $A_i$  - активність i-того ізотопу в РАО, $i=1...n$  - число радіонуклідів, що визначаються в РАВ.

UA 118871 U



Корисна модель належить до визначення радіоактивності в технологічних відходах АЕС. На даний час всі реактори енергоблоків діючих АЕС є джерелом значної кількості радіоактивних відходів (РАВ), тому отримання достовірних даних про ізотопний склад і активності РАВ є надзвичайно актуальним. Передумовою для передачі на захоронення є відповідний опис, класифікація і декларування РАВ. До цього належить і зазначення загальної, зумовленої специфікою радіонуклідів, активності РАВ, що визначається для всіх радіологічно важливих радіонуклідів у залежності від умов зберігання.

У різноманітних радіоактивних відходах присутня велика кількість ізотопів. Для визначення їх активності необхідно застосовувати велику кількість методик, у тому числі і радіохімічних. При цьому точність визначення ряду ізотопів досить низька. Похибка визначення активності радіонуклідів  $^{14}\text{C}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{154,155}\text{Eu}$ , як правило, не перевищує 10 % і помітно збільшується, якщо вклад нукліда в загальну активність менше 1 %. Похибка визначення  $^{94\text{m}}\text{Nb}$  становить 15 %. Похибка визначення  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$  приблизно 30 %. Альфа-випромінюючі ізотопи  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  визначаються з похибкою ~ 30 %. Похибка визначення  $^{235}\text{U}$  може досягати 100 %. До того ж використання всіх цих методик значно підвищує витрати на дослідження не менше ніж на два порядки у порівнянні з методами гамма-спектроскопії.

Задача корисної моделі полягає у визначенні загального змісту радіоактивності РАВ, що утворюються при експлуатації АЕС, нами проведено вимірювання вмісту  $\gamma$ ,  $\beta$  і  $\alpha$ -радіонуклідів в рідких (РРВ) і твердих (ТРВ) радіоактивних відходах Південно-Української атомної електростанції (ПУАЕС).

Поставлена задача вирішується тим, що спектри  $\gamma$ -променів вимірювалися на антикомptonівському спектрометрі, який має вхідне берилієве вікно і Ge-детектор з ефективністю реєстрації 20 % в порівнянні з NaI (TI) - детектором розмірами 3"x3". Оскільки розпад ряду ядер відбувається електронним захопленням ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{108}\text{Ag}$ ) або процесом внутрішньої конверсії  $\gamma$  променів ( $^{93\text{m}}\text{Nb}$ ) нами були проведені вимірювання характеристичного випромінювання, що супроводжує захоплення або процес внутрішньої конверсії на K-оболонці. Вимірювання виконувалися на спектрометрі з Ge-детектором, що має тонке вхідне берилієве вікно і об'єм 1 см<sup>3</sup>. Вимірювання  $^{90}\text{Sr}$  виконувалися по нерадіохімічній методиці на  $\beta$ -спектрометрі з NaI (TI) - детектором товщиною 1 мм. На цьому ж спектрометрі виконувалися вимірювання  $\beta$ -випромінювачів після радіохімії.

На фіг. 1 і 2 наведено зведені діаграми результатів вимірювань концентрації активностей радіоактивних ізотопів у зразках ТРВ та РРВ, виміряні безпосередньо на ПУАЕС.

Порівняльний аналіз активностей твердих і рідких радіоактивних відходів демонструє їх помітні відмінності. У РРВ найбільш істотну частку становлять ізотопи  $^{134}\text{Cs}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , в ТРВ -  $^{51}\text{Cr}$  і  $^{90}\text{Sr}$ . Частка  $^{60}\text{Co}$  істотна і приблизно однакова в обох видах РАВ.

У той же час з фігур є очевидною узгоджена зміна концентрації багатьох ізотопів як в ТРВ так і в РРВ.  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  є компонентами, що добре спостерігається у всіх пробах.

Зміст цих нуклідів є визначальним практично для всіх зразків.

Питомі концентрації  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  добре корелюють з питомими концентраціями більшості інших радіонуклідів.

Ми пропонуємо спосіб розрахунку концентрації активності радіологічно важливих радіонуклідів в РАВ по вимірюванню активності нуклідів  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

$^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  легко вимірюються різними спектрометрами: як найпростішим NaI (TI), так і стандартним напівпровідниковим спектрометром.

$^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  мають різне походження:  $^{60}\text{Co}$  - це активність, наведена в результаті опромінення нейтронами, а  $^{137}\text{Cs}$  - може з'явитися тільки як продукт поділу.

Вимірюючи активність  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , можна контролювати основну частину радіологічно значимих ізотопів по кореляційним співвідношенням.

За співвідношенням  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  можна визначити чи є дані РАВ звичайними експлуатаційними відходами. Співвідношення  $A_{\text{Co-60}} / A_{\text{Cs-137}}$  повинно бути постійним. Для радіоактивності в технологічних відходах ПУАЕС отримано наступне співвідношення:

$$A_{\text{Co-60}} / A_{\text{Cs-137}} = 0,277 \pm 0,033 \quad (1)$$

де  $A_{\text{Co-60}}$  і  $A_{\text{Cs-137}}$  - питомі активності  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  відповідно.

Відхилення від рутинного співвідношення  $A_{\text{Co-60}} / A_{\text{Cs-137}}$  вказує на можливість виникнення аварійної ситуації і потребує додаткових досліджень.

Аналіз проведених вимірювань дозволяє розробити спосіб розрахунку концентрації радіологічно важливих радіонуклідів в РАВ по вимірюванню активності нукліду  $^{60}\text{Co}$ .

У контрольному зразку методами радіоспектрометрії визначаються активності різних радіонуклідів і їх співвідношення до питомих активностей  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , тобто коефіцієнти кореляції для кожного радіонукліда. З огляду на те, що співвідношення  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  є константою, активність ізотопу в інших ємкостях з РАВ оцінюється за формулою:

$$A_i = A_{60\text{Co}} \cdot k_i \cdot m_i, \quad (2)$$

де  $A_i$  - активність ізотопу, що визначається, в РАВ;  $A_{60\text{Co}}$  - виміряне значення питомої активності  $^{60}\text{Co}$ ,  $k_i$  відношення питомої активності  $i$ -го ізотопу до питомої активності  $^{60}\text{Co}$ ; визначається емпіричним шляхом для контрольного зразка в лабораторії,  $m$  - маса РАВ, що надходять на зберігання.

Сумарна радіоактивність контейнера з відходами визначається як сума активностей всіх ізотопів:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i \quad (3)$$

де  $A_i$  - активність ізотопу, що визначається, в РАВ,  $i=1...n$  - число радіонуклідів, що визначаються в РАВ.

Спосіб вимірювання концентрації радіонуклідів в РАО базується на вимірюванні концентрації різних радіонуклідів у контрольному зразку  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -спектроскопією і визначенні співвідношення цих радіонуклідів до  $^{60}\text{Co}$ . У всіх інших зразках РАВ за допомогою NaI (TI) - спектрометра визначається концентрація  $^{60}\text{Co}$ , і використовуючи співвідношення концентрації різних радіонуклідів до  $^{60}\text{Co}$  в контрольному зразку визначається концентрація інших основних радіонуклідів в РАВ та сумарна активність.

Перелік фігур

Фіг. 1. Зведена діаграма результатів вимірювань концентрації радіоактивних ізотопів у зразках РРВ, кБк / кг.

Фіг. 2. Зведена діаграма результатів вимірювань концентрації радіоактивних ізотопів у зразках ТРВ, кБк / кг.

Джерела інформації:

1. Бондарьков М.Д., Максименко А.М., Вишневский И.Н., Желтоножский В.А., Желтоножская М.В., Садовников Л.В., Ильичев С.В., Боярищев В.В. / Радиоактивность в технологических отходах АЭС / Известия РАН. Серия физическая, 2009. - Т.73. № 2. - С. 279-282.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб розрахунку концентрації активності радіологічно важливих радіонуклідів у радіоактивних відходах у тимчасових сховищах АЕС відповідно до активності нукліду  $^{60}\text{Co}$ , який характеризується тим, що для його визначення вимірюються концентрації активностей різних радіонуклідів у контрольному зразку  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -спектроскопією та їх співвідношення до  $^{60}\text{Co}$ , причому активність ізотопу в інших ємкостях з РАО оцінюється за формулою:

$$A_i = A_{60\text{Co}} \cdot k_i \cdot m_i, \quad (1)$$

де:

$A_i$  - активність ізотопу, що визначається, в РАО;

$A_{60\text{Co}}$  - виміряне значення питомої активності  $^{60}\text{Co}$ ;

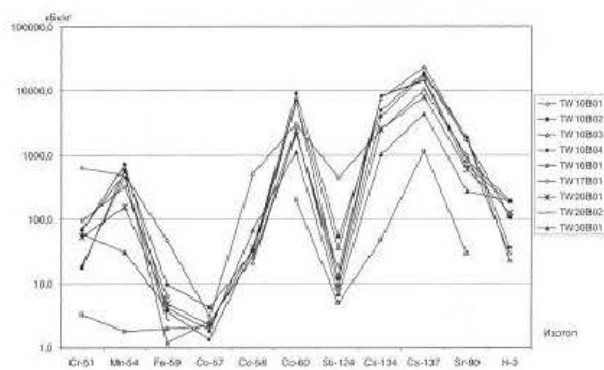
$k_i$  відношення питомої активності  $i$ -го ізотопу до питомої активності  $^{60}\text{Co}$  визначене емпіричним шляхом для контрольного зразка в лабораторії,  $m$  - маса РАВ, що надходять на зберігання, а сумарна радіоактивність контейнера з відходами визначається як сума активностей всіх ізотопів:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i, \quad (2)$$

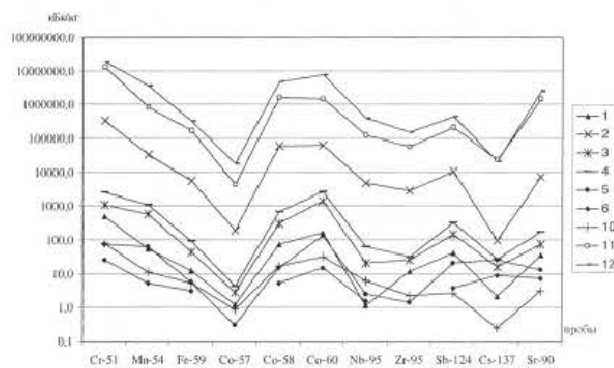
де:

$A_i$  - активність  $i$ -того ізотопу в РАО,

$i=1...n$  - число радіонуклідів, що визначаються в РАВ.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601