

А. К. Калиновский, А. А. Одинцов, Л. Б. Чикур

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, 07270, Чернобыль, Украина*

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В АЭРОЗОЛЯХ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОХИМИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ

Представлены результаты определения содержания в аэрозолях локальной зоны  $\Sigma\text{Pu}$  ( $^{238+239+240}\text{Pu}$ ),  $^{241}\text{Am}$  и  $^{90}\text{Sr}$  после радиохимического выделения, позволяющие оценить адекватность применения корреляционного подхода при расчетах концентрации  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН. Показано, что при расчете концентрации изотопов плутония, включаемых в  $\Sigma\alpha$ -ДЖН, и концентрации  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  –  $\Sigma\beta$ -ДЖН необходимо использовать их соотношение с активностью  $^{241}\text{Am}$ . При этом относительная погрешность оценки содержания изотопов плутония не превысит 30 %, а концентрации  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  – 50 % ( $P = 0,95$ ). Используемый коэффициент пропорциональности их соотношения в базовом топливе рассчитывается на момент  $\gamma$ -спектрометрических измерений.

*Ключевые слова:* радиохимическое выделение, аэрозоли локальной зоны, концентрация  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН, корреляционный метод, базовый состав топлива 4-го энергоблока.

### Введение

Одним из критериев оценки радиационной безопасности, выполняемых работ в локальной зоне, являются контрольные уровни (КУ) концентрации аэрозольной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих нуклидов в приземном слое воздуха. Значения КУ периодически пересматривались в зависимости от развития динамики радиационной обстановки. Например, в КУРБ-ОУ-96 и КУРБ-ОУ-98 были установлены контрольные концентрации аэрозольной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих нуклидов в локальной зоне (территория внутри охраняемой зоны и вне ее) 0,02 и 11 Бк/м<sup>3</sup>. Но после 2000 г., в связи с улучшением радиационной обстановки, в документах за 2000 и 2002 г. (КУРБ-ОУ-2000 и КУРБ-ОУ-2002) КУ были пересмотрены, ужесточены по  $\beta$ -активным аэрозолям, и стали равны 0,02 и 1,5 Бк/м<sup>3</sup> соответственно. С началом земляных работ в локальной зоне, вызвавших ухудшение радиационной обстановки в приземном слое воздуха, в 2009 г. был разработан новый документ 41П-С, где КУ были изменены и введены новые нормативы – среднегодовые объемные активности  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -долгоживущих нуклидов (ДЖН), равные 0,12 и 9 Бк/м<sup>3</sup> соответственно.

Фактически после 2000 г. состав расчетной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих значимых нуклидов чернобыльского генезиса стал практически постоянен. Как результат, при расчетах ингаляционной составляющей облучения персонала в концентрацию  $\Sigma\alpha$ -излучающих аэрозолей включали изотопы  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ , а в  $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей – изотопы  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  и  $^{241}\text{Pu}$ .

По результатам многолетних наблюдений (в 1990-е годы) было установлено, что состав радионуклидов в аэрозолях, выносимых из объекта "Укрытие", и в приземном слое воздуха локальной зоны близок к теоретическим значениям активностей нуклидов, усредненным по всей активной зоне реактора 4-го энергоблока на момент аварии (базовый состав топлива 4-го энергоблока). Поэтому для оперативной оценки концентрации изотопов плутония в почве, аэрозолях и частицах, в связи с трудоемкостью и значительной стоимостью радиохимических методов анализа, был предложен корреляционный метод по соотношению с активностью  $^{144}\text{Ce}$ , определенной в результате  $\beta$ -спектрометрических измерений [1, 2]. При этом коэффициент пропорциональности рассчитывался на основании соотношения активностей нуклидов в базовом составе топлива 4-го энергоблока [3, 4]. Относительная погрешность таких оценок определяется в основном точностью  $\beta$ -спектрометрических измерений и лежит в пределах 20 – 30 %.

С середины 1990-х годов, после распада  $^{144}\text{Ce}$ , для оперативной оценки концентрации  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН начали применять корреляционные отношения с активностью  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$ , исходя из их концентрации в базовом составе облученного топлива. Обоснованность такого подхода была подтверждена результатами специальных экспериментальных работ, выполненных в 1999 г. [5, 6], где показано, что концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в аэрозолях вблизи объекта «Укрытие» пропорциональна измеряемой активности  $^{137}\text{Cs}$ , а концентрация изотопов плутония ( $^{238,239,240,241}\text{Pu}$ ) – активности  $^{241}\text{Am}$ .

Кроме того, радионуклиды, входящие в состав аэрозольных частиц, обладают отличными химическими свойствами и могут находиться в различном фазовом состоянии в составе разнообразных химических соединений. Это наглядно демонстрируют результаты экспериментов [7] по выщелачиванию радионуклидов из аэрозолей. Так, около половины количества  $^{137}\text{Cs}$  относилось к

© А. К. Калиновский, А. А. Одинцов, Л. Б. Чикур, 2016

классу F (быстрое растворение),  $^{90}\text{Sr}$  частично относился к классу M (промежуточная скорость растворения) и в основном к классу S, а ТУЭ ( $^{238+39+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ ) полностью попадали в класс S (труднорастворимые).

Также в пробах аэрозолей, отобранных после 2010 г., наблюдается обогащение по  $^{137}\text{Cs}$  [8, 9]. Данный факт отмечается и другими авторами, ведущими исследования свойств аэрозольных частиц локальной зоны объекта «Укрытие» [10].

Цель данной работы состояла в проверке адекватности, на настоящий момент, используемых корреляционных соотношений при расчетах концентраций  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН в аэрозолях локальной зоны.

### Методика измерений и оборудование

В 2012 - 2014 гг. провели контроль точности оценок ДЖН и соотношений радионуклидов в аэрозолях локальной зоны. Для этого было отобрано 20 планшетов и 20 аспирационных фильтров для радиохимического выделения и определения содержания  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{238+239+240}\text{Pu}$  [8, 9].

Определение содержания  $\gamma$ -излучающих нуклидов в пробах аэрозолей выполнялось на  $\gamma$ -спектрометрическом комплексе, состоящем из полупроводникового детектора высокого разрешения с бериллиевым окном GL2020R (Canberra) с улучшенной геометрией кристалла р-типа размером  $50\times 20$  мм и 8192-канального амплитудного анализатора импульсов Walklab фирмы Selena. Детектор GL2020R имеет разрешение 0,57 кэВ для энергии  $\gamma$ -квантов 122 кэВ ( $\gamma$ -линии  $^{57}\text{Co}$ ) и 1,2 кэВ – 661,6 кэВ ( $\gamma$ -линии  $^{137}\text{Cs}$ ), детектор GMX-30190-P-S – 0,97 кэВ для энергии  $\gamma$ -квантов 122 кэВ и 1,3 кэВ – 661,6 кэВ.

Для определения изотопов плутония и стронция выполнялась предварительная подготовка проб, которая заключалась в озолении (сжигании органической части фильтров) адсорбирующих планшетов и аэрозольных фильтров в муфельной печи при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 6 – 12 ч. Затем к полученному зольному остатку добавляли индикаторы химического выхода (трассеры)  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Am}$  и растворяли их в 8 моль/л  $\text{HNO}_3$  при нагревании до  $90 - 95\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. Полученный раствор фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента». Полноту растворения проб контролировали  $\gamma$ -спектрометрическими измерениями  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в осадках на фильтрах. При растворении пробы менее чем на 90 % производили повторное растворение остатка в смеси азотной и плавиковой кислот.

Радиохимическое определение содержания радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях после выщелачивания производили по стандартным методикам. Активность  $^{90}\text{Sr}$  определяли методом  $\beta$ -радиометрии сразу после радиохимического выделения на радиометре РУБ-01П, в состав которого входит измерительное устройство УИ-38П1 в комплекте с блоком детектирования БДЖБ-06П1.

Альфа-спектрометрические измерения источников плутония и америция производили на восьмиканальном  $\alpha$ -спектрометре фирмы EG&G ORTEC OCTETE PC с полупроводниковыми кремниевыми детекторами серии BU-017-450-100 ULTRA с эффективностью регистрации 25 % при расстоянии от источника 12 мм. Собственный фон для энергий выше 3 МэВ не более 1 имп./ч, энергетическое разрешение 19 кэВ на линии 5486 кэВ ( $^{241}\text{Am}$ ).

### Результаты и обсуждение

**Определение содержания  $^{241}\text{Am}$ .** Радионуклид  $^{241}\text{Am}$  хорошо определяется  $\gamma$ -спектрометрическими измерениями, надежно фиксируется в топливной матрице и служит для количественной оценки растворения аэрозольных топливных частиц. Результаты измерения  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях, собранных на аккумулирующих планшетах и фильтрах ФПП15 до и после их химического растворения, представлены в [9]. Погрешность  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрических измерений  $^{241}\text{Am}$  лежала в пределах 15 – 25 %. Средние величины отклонения между параллельными определениями  $^{241}\text{Am}$  в планшетах и фильтрах незначительны и составляют 4 и 0,1 % при максимальных значениях: для планшетов – 14 %, для фильтров – 32 %.

Статистический анализ показал, что расхождения между средними значениями  $^{241}\text{Am}$  при прямых  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрических измерениях и их дисперсиями (критерий Фишера) в планшетах и фильтрах незначительны и вызваны случайными факторами ( $P = 0,95$ ). Кроме того, сравнение результатов по «разностному методу» показало, что различия также незначительны ( $P = 0,95$ ).

Результаты сравнения определения  $^{241}\text{Am}$  методами  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрии в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха и в выбросах из объекта "Укрытие" на основе регрессионного анализа представлены на диаграммах рассеяния (рис. 1). Видно хорошее совпадение данных с учетом

погрешностей измерения. В среднем результаты  $\alpha$ -измерений на 5 % меньше, чем данные  $\gamma$ -измерений, что можно объяснить потерями  $^{241}\text{Am}$  при выщелачивании из проб. Кроме того, в обоих случаях более 95 % данных согласуются с полученными регрессионными уравнениями.

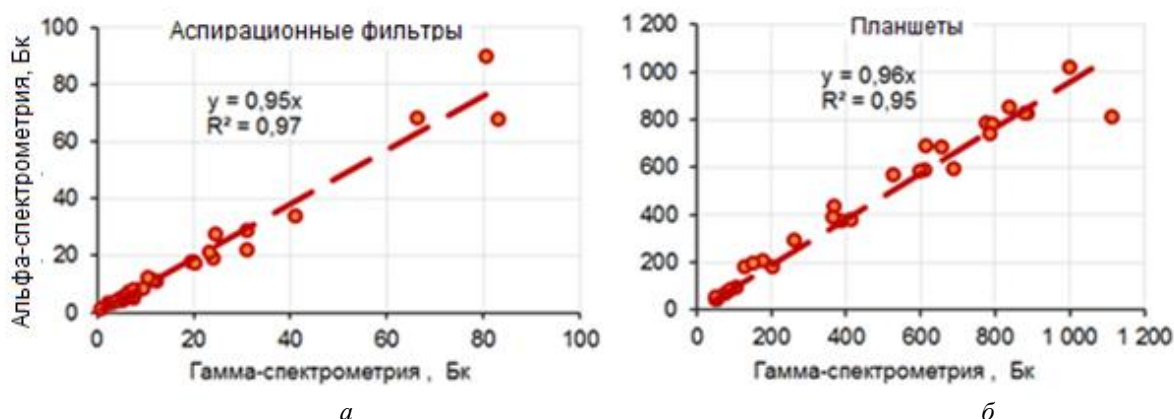


Рис. 1. Сравнение результатов определения  $^{241}\text{Am}$  методами  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрии в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха (а) и выбросах из объекта "Укрытие" (б).

**Оценка содержания  $\Sigma\text{Pu}$ .** Данные экспериментального (методом  $\alpha$ -спектрометрии) и расчетного (по коэффициенту соотношения  $\Sigma\text{Pu}$  с  $^{241}\text{Am}$  в базовом составе топлива) определения  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах и фильтрах приведены в [9]. Расчетные значения в среднем превышают экспериментальные на 1 % в планшетах и на 6 % в фильтрах. Средние расчетные величины удельной активности  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах совпадают, а в фильтрах незначительно больше экспериментальных (в 1,3 раза).

Статистический анализ показал, что расхождения между средними значениями  $\Sigma\text{Pu}$  при расчетном и прямых  $\alpha$ -спектрометрических определениях и их дисперсиями (критерий Фишера) в планшетах и фильтрах незначительны и вызваны случайными факторами ( $P = 0,95$ ). Также при сравнении результатов по «разностному методу» оказалось, что различие экспериментального и расчетного определения  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах и фильтрах незначительны ( $P = 0,95$ ).

Результаты сравнения на основе регрессионного анализа определения  $\Sigma\text{Pu}$   $\alpha$ -спектрометрическим и расчетным методами в пробах аэрозолей представлены на рис. 2. Следует отметить хорошее совпадение данных с учетом погрешностей измерения. В обоих случаях более 98 % данных описываются полученными регрессионными уравнениями.

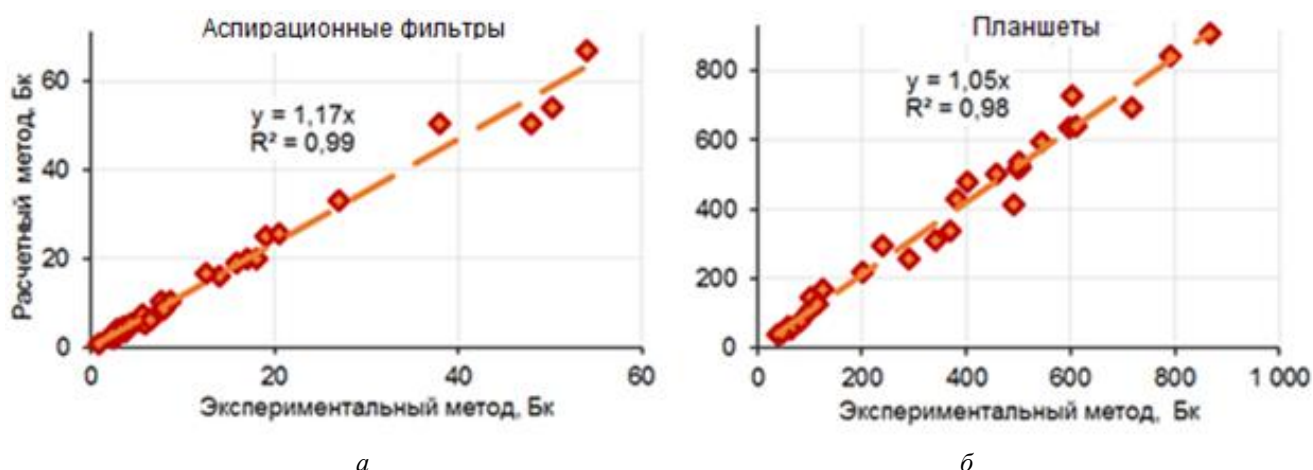


Рис. 2. Сравнение результатов определения  $\Sigma\text{Pu}$  методами  $\alpha$ -спектрометрии и расчетным в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха (а) и в выбросах из объекта "Укрытие" (б).

Следовательно, использование расчетного метода (по корреляции с  $^{241}\text{Am}$ ) при консервативной оценке (верхней границы) содержания  $\Sigma\text{Pu}$  в смеси  $\alpha$ -ДЖН в аэрозолях локальной зоны, с учетом погрешности экспериментальных измерений, обосновано, т.е. активность  $\Sigma\text{Pu}$  равна

$$A_{\text{SPu}} = k_{\text{SPu/Am}} \times A_{\text{Am}}, \quad (1)$$

где  $A_{\Sigma Pu}$  – расчетная концентрация аэрозолей, содержащих  $\Sigma Pu$ ;  $A_{Am}$  – измеренная активность  $^{241}Am$  в аэрозолях;  $k_{\Sigma Pu/Am}$  – коэффициент пропорциональности между активностью  $\Sigma Pu$  и  $^{241}Am$  на момент измерения в базовом составе топлива.

**Оценка содержания  $^{90}Sr$ .** Результаты экспериментального (методом  $\beta$ -радиометрии) и расчетного (по соотношению  $^{90}Sr$  с  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  с  $^{241}Am$ ) определения  $^{90}Sr$  в аэрозолях неорганизованных выбросов и приземного слоя воздуха приведены в [9].

По результатам сравнительного анализа получено, что в настоящее время расчетные оценки активности  $^{90}Sr$  (по соотношения  $^{90}Sr/^{137}Cs$  в базовом составе топлива) существенно превышают экспериментальные значения в аэрозолях неорганизованных выбросов в среднем на 68 % или около 1,7 раза, максимальные значения достигают 170 %, а в аэрозолях приземного слоя – в среднем на 120 % или 2,2 раза. При расчете активности  $^{90}Sr$  с применением коэффициента пропорциональности с  $^{241}Am$  отклонение от экспериментальных значений гораздо меньше, чем в предыдущем случае. Так, средняя величина относительного отклонения при расчете в планшетах составляет около 22 %, что в 1,2 раза больше, чем при экспериментальных измерениях.

Сравнительный анализ результатов экспериментального и расчетного определения  $^{90}Sr$  в планшетах и в фильтрах по «разностному методу» показал, что различия при использовании коэффициентов на основании отношения  $^{90}Sr/^{241}Am$  незначительны и могут быть вызваны случайными факторами, а при применении отношения  $^{90}Sr/^{137}Cs$  различия значимы и достоверны.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в настоящий момент вклад  $^{90}Sr + ^{90}Y$  в оценку  $\Sigma\beta$ -ДЖН завышен в среднем в 1,5 раза, при этом максимальное наблюдаемое превышение достигает 3 раз.

Для наглядности сравнения результатов определения  $^{90}Sr$  экспериментальным ( $\beta$ -радиометрии) и расчетным методами в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха и в выбросах из объекта "Укрытие" также использовали регрессионный подход (рис. 3). Видно, что в обоих случаях расчетный метод завышает значения  $^{90}Sr$  в пробах аэрозолей по сравнению с прямыми измерениями. Это вполне допустимо, исходя из консервативного подхода. Но при расчете с использованием коэффициента пропорциональности с активностью  $^{137}Cs$ , во-первых, превышение составляет примерно 1,3 раза, чем в случае с активностью  $^{241}Am$ ; во-вторых, возрастает дисперсия данных; в-третьих, при проведении огневых работ происходит обогащение аэрозолей конденсационным цезием, что приводит к завышению оценки  $^{90}Sr$  в десятки раз.

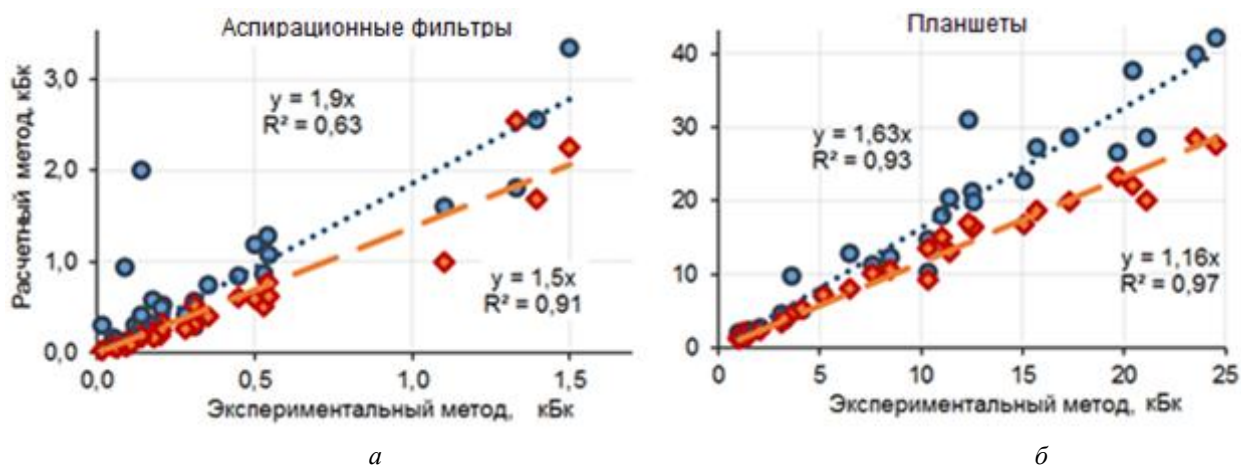


Рис. 3. Сравнение результатов определения  $^{90}Sr$  методами  $\beta$ -радиометрии и расчетными по коэффициентам пропорциональности с активностью  $^{137}Cs$  (●) и  $^{241}Am$  (◆) в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха (а) и выбросах из объекта "Укрытие" (б).

Для снижения погрешности оценки  $\Sigma\beta$ -ДЖН в аэрозолях выбросов и в приземном слое воздуха локальной зоны при расчете вклада  $^{90}Sr + ^{90}Y$  корреляционным методом необходимо использовать соотношение

$$A_{Sr+Y} = k_{(Sr+Y)/Am} \times A_{Am}, \tag{2}$$

где  $A_{Sr+Y}$  – расчетная концентрация аэрозолей, содержащих  $^{90}Sr + ^{90}Y$ ;  $A_{Am}$  – измеренная активность  $^{241}Am$  в аэрозолях;  $k_{(Sr+Y)/Am}$  – коэффициент пропорциональности между активностью  $^{90}Sr + ^{90}Y$  и  $^{241}Am$  на момент измерения в топливе.

## Выводы

1. Анализ соотношений радионуклидов в аэрозолях показал, что трансформация топливных частиц продолжается. При этом топливную матрицу покидает в основном подвижный  $^{137}\text{Cs}$ , находящийся на поверхности частиц, а стронций и ТУЭ сохраняют свое положение в составе «горячих» частиц.

2. Корреляционный метод расчета активности изотопов плутония, присутствующих в аэрозолях локальной зоны, по отношению к активности  $^{241}\text{Am}$  допустим. При этом погрешность оценки содержания изотопов плутония не превысит 30 % ( $P = 0,95$ ).

3. Для снижения погрешности оценки суммы  $\beta$ -излучающих аэрозолей в выбросах и в приземном слое воздуха локальной зоны при расчете вклада  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  необходимо использовать соотношения  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  и  $^{241}\text{Am}$  в базовом топливе. При этом коэффициент пропорциональности  $k_{(Sr+Y)/Am}$  рассчитывается на момент  $\gamma$ -спектрометрических измерений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боровой А.А.* Выброс ядерного топлива и продуктов деления из реактора 4-го блока ЧАЭС при аварии (Обзор). – Чернобыль, 2000. – 15 с. – (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 00-10).
2. *Лоцилов Н.А., Кашипаров В.А., Юдин Е.Б., Процак В.П.* Фракционирование радионуклидов в чернобыльских топливных горячих частицах // Радиохимия. – 1992. – № 5. – С. 125 – 134.
3. *Бегичев С.Н., Боровой А.А., Бурлаков Е.В. и др.* Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС. Краткий справочник. – Москва, 1990. – 21 с. – (Препр. / Ин-т атомной энергии им. И. В. Курчатова; 5268/3).
4. *Богатов С.А., Боровой А.А., Дубасов Ю.В., Ломоносов В.В.* Форма и характеристики частиц топливного выброса при аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 1990. – Т. 69. – С. 36 – 40.
5. *Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. ГР № 0198U007454. – Чернобыль, 1998. – 67 с.
6. *Кашипаров В. О., Лундін С. М., Зварич С. І. та ін.* Викид та забруднення території радіонуклідами у складі паливних часток // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2002. – № 2. – С. 22 – 32.
7. *Одинцов А.А., Огородников Б.И.* Изучение растворимости аэрозолей объекта «Укрытие» в жидкостях различного химического состава // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2011. – Вып. 15. – С. 85 – 95.
8. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. ГР № 0113U003958. – Чернобыль, 2013. – 186 с.
9. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» и аэрозольной обстановки во время строительства НБК:* (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. ГР № 0114U006202. – Чернобыль, 2014. – 215 с.
10. *Гаргер Е.К., Одинцов А.А., Шинкаренко В.К., Tschiersch J.* Поведение «горячих» аэрозольных частиц из объекта «Укрытие» в имитаторах легочной жидкости // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2013. – Вып. 21. – С. 43 – 52.

**О. К. Калиновський, О. О. Одинцов, Л. Б. Чикур**

*Інститут проблем безпеки НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

## ФРАКЦІОНУВАННЯ РАДІОНУКЛІДІВ В АЕРОЗОЛЯХ ЛОКАЛЬНОЇ ЗОНИ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РАДІОХІМІЧНОГО ВИДІЛЕННЯ

Представлено результати визначення вмісту в аерозолях локальної зони  $\Sigma\text{Pu}$  ( $^{238} + ^{239} + ^{240}\text{Pu}$ ),  $^{241}\text{Am}$  і  $^{90}\text{Sr}$  після радіохімічного виділення, що дає змогу оцінити адекватність застосування кореляційного підходу при розрахунках концентрації  $\Sigma\alpha$ - і  $\Sigma\beta$ -ДІН. Показано, що при розрахунку концентрації ізоотопів плутонію, що включаються в  $\Sigma\alpha$ -ДІН, і  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  -  $\Sigma\beta$ -ДІН необхідно використовувати їхнє співвідношення до активності  $^{241}\text{Am}$ . При цьому відносна похибка оцінки вмісту ізоотопів плутонію не перевищить 30 %, а концентрації  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  – 50 % ( $P = 0,95$ ). При цьому використовуваний коефіцієнт пропорційності їхнього співвідношення в базовому паливі розраховується на час  $\gamma$ -спектрометричних вимірювань.

*Ключові слова:* радіохімічне виділення, аерозолі локальної зони, концентрація  $\Sigma\alpha$ - і  $\Sigma\beta$ -ДІН, кореляційний метод, базовий склад палива 4-го енергоблока.

**O. K. Kalynovsky, O. O. Odintsov, L. B. Chikur**

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine*

## FRACTIONATION OF RADIONUCLIDES IN AEROSOLS LOCAL AREA OBJECT "UKRYTTYA" BY RESULTS RADIOCHEMICAL SEPARATION

The results of the determination in aerosols the local area  $\Sigma\text{Pu}$  ( $^{238} + ^{239} + ^{240}\text{Pu}$ ),  $^{241}\text{Am}$  and  $^{90}\text{Sr}$  after radiochemical separation to assess the adequacy of the correlation approach in calculating the concentration  $\Sigma\alpha$ - and  $\Sigma\beta$ -LLN is presented. It is shown that at the concentration calculation of plutonium isotopes which included in  $\Sigma\alpha$ -LLN and the concentration  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  -  $\Sigma\beta$ -LLN need to use their relationship to the activity of  $^{241}\text{Am}$ . The relative error of estimation of the plutonium content isotopes does not exceed 30 %, and the concentration of  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  50 % ( $P = 0.95$ ). This proportionality factor used by them in the basic fuel ratio is calculated at the time of  $\gamma$ -spectrometric measurements.

*Keywords:* radiochemical separation, aerosols of local area, the concentration of  $\Sigma\alpha$ - and  $\Sigma\beta$ -LLN, correlation method, the base fuel composition of the 4th unit.

### REFERENCES

1. *Borovoi A.A.* The release of nuclear fuel and fission products from the reactor of Unit 4 at the Chernobyl nuclear power plant accident (Overview) – Chernobyl, 2000. – 15 p. - (Preprint / ISTC "Shelter" NASU; 00-10). (Rus)
2. *Loshchilov N.A., Kashparov V.A., Yudin E.B., Procak V.P.* Fractionation of radionuclides in Chernobyl fuel hot particles // Radiochemiya. – 1992. - № 5. – P. 125 – 134. (Rus)
3. *Begichev S.N., Borovoy A.A., Burlakov E.V. et al.* Chernobyl Unit 4 reactor's fuel. Quick reference. - Moskva, 1990. - 21 p. - (Preprint / Institute of atomic energy. Kurchatov; 5268/3). (Rus)
4. *Bogatov S.A., Borovoy A.A., Dubasov Y.V., Lomonosov V.V.* The shape and characteristics of the fuel particle emissions at the Chernobyl nuclear power plant // Atomnaja energija. – 1990. – Vol. 69. – P. 36 –40. (Rus)
5. *Implementation of works on the analysis of fugitive emissions from the "Shelter" (Report) / ISTC "Shelter" NASU. GR № 0198U007454.* – Chernobyl, 1998 – 67 p. (Rus)
6. *Kashparov V.O., Lundin S.M., Zvarych S.I. et al.* The release and radionuclide contamination in the composition of fuel particles // Bulletin of the ecological state of the exclusion zone and zone of unconditional (obligatory) resettlement. – Kyiv: Chornobilinterinform, 2002. – № 2. – P. 22 – 32. (Ukr)
7. *Odintsov A.A., Ogorodnikov B.I.* Study of aerosol solubility "Shelter" in the fluids of different chemical composition // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). – 2011. – Iss. 15. – P. 85 – 95. (Rus)
8. *The control of fugitive emissions from the "Shelter" (Report) / ISP NPP NAS. GR № 0113U003958.* - Chernobyl, 2013. – 186 p. (Rus)
9. *The control of fugitive emissions from the "Shelter" and aerosol environment during the construction of the NSC (Report) / ISP NPP NASU. GR № 0113U003958.* - Chernobyl, 2014. - 218 p. (Rus)
10. *Garger E.K., Odintsov A.A., Shinkarenko V.K., Tschiersch J.* Behavior "hot" aerosol particles from the object "Shelter" in simulators lung fluid // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2013. - Iss. 21 – P. 43 – 52. (Rus)

Надійшла 22.09.2015  
Received 22.09.2015