

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛУТОНИЯ В ПОЧВАХ МЕТОДОМ ТРЕКОВОГО АНАЛИЗА И СЭМ-ЭДС

Власова И.Э.^{1*}, Калмыков С.Н.^{1,2}, Кашкаров Л.Л.², Кларк С.Б.³, Алиев Р.А.¹

¹ - МГУ им.М.В.Ломоносова, Химический факультет, кафедра радиохимии

² - Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского

³ - Вашингтонский государственный университет, США

* ivlas@radio.chem.msu.ru; тел. (095) 939-32-20

Ключевые слова: трековый анализ, альфа-излучающие радионуклиды, СЭМ-ЭДС

Введение

Распределение радионуклидов в почвах может носить неоднородный характер, как за счет сорбции радионуклидов теми или иными минеральными частицами, так и в результате присутствия так называемых «горячих» частиц. Альфа-трековый анализ (АТА) и нейтронно-индуцированная осколочная радиография (НИР) позволяют установить пространственное положение микрочастиц, содержащих радионуклиды, а также определить размеры и активность каждой такой частицы [1,2]. Однако, радиографические методы не дают представления о минералогическом и химическом составе микрочастиц. Один из способов пространственной привязки модельных, содержащих радионуклиды, микробъектов заключается в позиционировании зерен с делящимися радионуклидами с использованием микрорешетки для СЭМ, покрытой бором, по (n, α) реакции [3].

Целью данного исследования была разработка методики трекового анализа для выявления микрораспределения ²³⁹Pu и ²³⁵U с анализом отдельных микрочастиц методом сканирующей электронной микроскопии с энерго-дисперсионной спектрометрией (СЭМ-ЭДС).

Методика

Модельные эксперименты проводились с использованием зерен анионообменника "DOWEX-1", на которых был сорбирован уран природного изотопного состава активностью 0,7 мБк на одно зерно (рис. 1 а, б). Для АТА зерна с ураном покрывались пластиковыми детекторами двух типов: CZ и CR-39, и экспонировались в течение 21 суток. Детектор CZ подвергался травлению в растворе 6М NaOH при 650С в течение 5 часов, детектор CR-39 - в растворе 6,25 М NaOH при 750С в течение 5 часов.

Осколки деления от тех же гранул "DOWEX-1", покрытых ураном, были получены в результате реакции (\square, f) и регистрировались с помощью пластиковых детекторов двух типов: лавсана (полиэтилентерефталата), Германия, и детектора "LEXAN GE", США. Облучение потоком фотонов проводилось на разрезном микротроне НИИЯФ МГУ при энергии электронного пучка 35 МэВ на вольфрамовой мишени, сила тока составила 5 мА, длительность импульса 4 мкс, частота 10 Гц, длительность облучения 6 часов. Для НИР было проведено облучение потоком тепловых нейтронов в реакторе ИРТ МИФИ (1,6x10¹¹н. см-2с-1 в течение 106 минут). Осколочные детекторы травились в растворе 6М NaOH: лавсан - при 600С в течение 60 минут, "LEXAN" - при 700С в течение 10 минут.

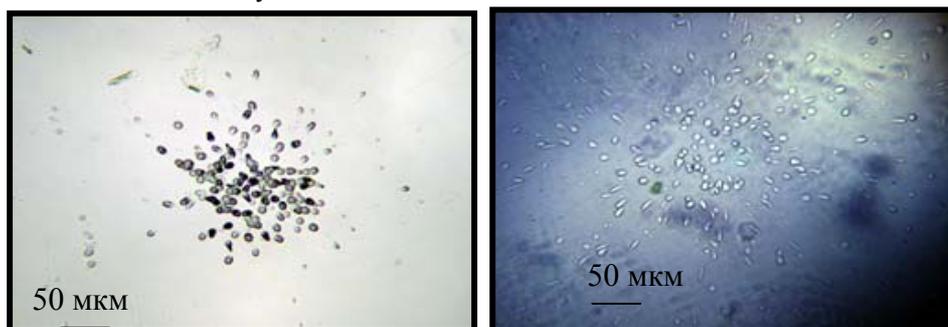


Рис. 1, а. Распределение треков альфа-частиц от зерен анионообменника, содержащих природную смесь изотопов урана (слева – детектор CR-39, справа – детектор CZ).

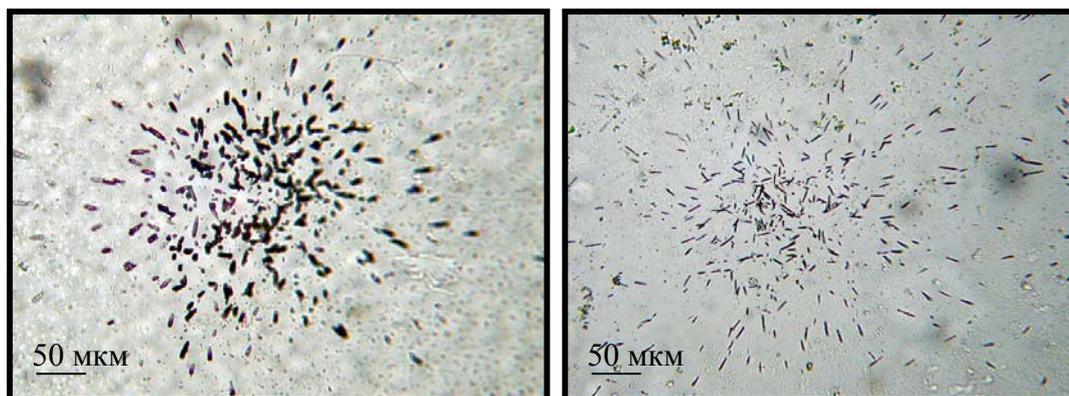


Рис. 1, б. Распределение треков осколков деления урана от зерен анионообменника, содержащих природную смесь изотопов урана (слева – детектор лавсан, справа – LEXAN).

Исследования природных проб. Были исследованы пробы почв, отобранные в мае 1986 года в зоне воздействия аварии на ЧАЭС. Локальное распределение альфа-излучающих радионуклидов выявлялось с помощью альфа-трекового анализа с использованием пластикового детектора CZ. Время экспозиции выбиралось в зависимости от активности образцов от 15 часов до 25 суток.

Для позиционирования отдельных частиц, содержащих радионуклиды, была использована решетка для сканирующей электронной микроскопии с электролитически нанесенным на нее ^{239}Pu . Решетку помещали между детектором и препаратом, что позволяло получить подобие координатной сетки во всех трех видах анализа. Для локального анализа частиц, обнаруженных в природной пробе по данным трекового метода, была применена энерго-дисперсионная спектрометрия с использованием сканирующего электронного микроскопа JEOL-840 (JSM-840A) с системой элементного анализа PGT. Отдельные микрочастицы, содержащие альфа-излучающие радионуклиды, были подвергнуты альфа-спектрометрии с использованием полупроводникового детектора.

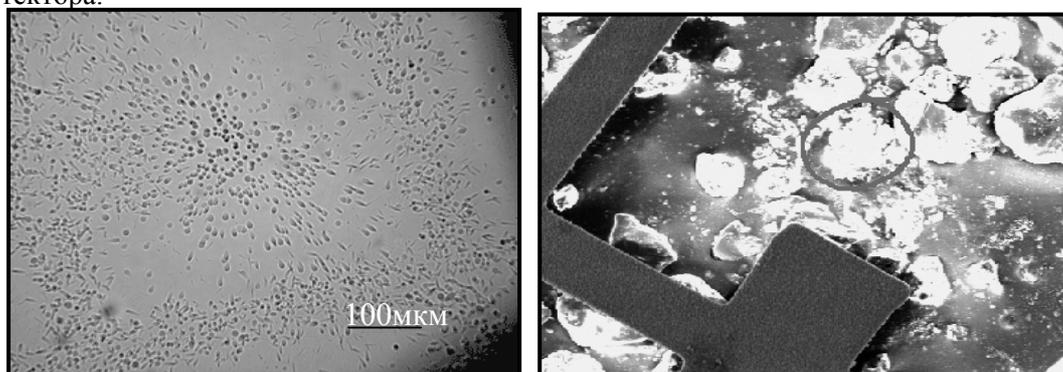


Рис. 2. Изображение микрочастицы, содержащей альфа-излучающие радионуклиды, и решетки для СЭМ на пластиковом детекторе CZ (вверху слева), СЭМ-изображение того же участка пробы (вверху справа) и СЭМ-ЭДС спектр микрочастицы, обведенной контуром. (АТА- и СЭМ-изображения зеркальны).

Результаты и выводы

- Модельный эксперимент показал хорошую сходимость результатов АТА для двух типов альфа-детекторов, а также НИР для двух типов осколочных детекторов.

- Разработана методика совместного использования трекового метода для выявления пространственного положения микрочастиц, содержащих ^{239}Pu и ^{235}U , с их дальнейшим СЭМ-ЭДС анализом.

- В исследованных пробах почв из зоны аварии на Чернобыльской АЭС выявлено резко неравномерное распределение альфа-излучающих радионуклидов. С помощью микрорешетки для СЭМ проведено позиционирование этих частиц. Результаты СЭМ-ЭДС показали повышенное содержание Fe и Ti в выделенных частицах почвы. Пример использования микрорешетки для сравнения данных АТА и СЭМ, а также СЭМ-ЭДС спектр микрочастицы, содержащей альфа-излучателя, показан на рис. 2.

- Альфа-спектрометрия отдельных микрочастиц, выделенных из пробы по результатам АТА, показала наличие в их составе ^{238}Pu и ^{239}Pu .

Литература

1. *Kashkarov, L.L. et al.* Radionuclides and heavy metals in environment // NATO Science Series IV. 2001. V.5. P. 43.
2. *Kashkarov, L.L.; Kalinina, G.V.; Perelygin, V.P.* // Rad. Meas. 36. PP. 529-532.
3. *Kurosaki, H.; Lamont, S.; Filby, R.; Clark, S.B.; Peterman, D.R.* // Los Alamos Science. 2000. 26. V. 2.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2004/informbul-1/geocol-4.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна