

Количественная оценка содержания тория и урана в свинце для радиационной защиты методом ИСП-МС

В. О. Зябченков^{1*}, Н. А. Мирзаев^{1,2}, Н. Д. Мохине¹, Д. В. Караиванов^{1,3}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Институт физики Министерства науки и образования Республики Азербайджан, Азербайджан

³Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, Болгария

*e-mail: vladislavzyabchenkov@mail.ru

Актуальность работы обусловлена возрастающими требованиями к радиохимической чистоте материалов защиты от внешнего излучения для экспериментов по поиску явлений, предсказываемых физикой за пределами Стандартной модели. Даже ультрамалое (ppb-ppt) содержание радиоактивных изотопов (в основном из семейств урана, тория, радия, а также ^{40}K) создает фоновую активность, сравнимую по величине с искомыми сигналами. Также нежелательно содержание ряда нерадиоактивных элементов (лантаноиды, Al, Ag, Na и др.), так как они способны подвергаться активации мюонами и создавать ложные сигналы [1].

Одним из основных материалов для пассивной защиты от излучения является свинец [2], в частности археологический (свинец возрастом ~1500 лет), так как в нем практически не содержится ^{210}Pb с периодом полураспада 22,3 года, который вносит вклад в фон в низкофоновых экспериментах [3]. Применение метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) имеет особое значение из-за возможности экспрессного определения следовых количеств элементов на уровне ppb-ppt.

В настоящей работе с помощью ИСП-МС (SUPEC7000, ЛЯП ОИЯИ) изучен примесный состав Римского археологического свинца (Pb-арх), свинца из Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН (Pb-БНО), коммерческого свинца марки C0000 (Pb 99.9999 %). Образцы свинца с массой 0.1 г растворяли под воздействием ультразвука в 7% HNO_3 . Полученный раствор 1% Pb разбавляли в 40 раз и добавляли внутренний стандарт индия, до концентрации 10 ppb. Для оценки матричного эффекта в качестве эталона использовался коммерческий свинец марки C0000. Пробоподготовка включала аналогичные стадии, однако вместо внутреннего стандарта In были добавлены многоэлементные стандарты А и В, концентрация которых в растворе составляла 10 ppb. Пределы обнаружения в ИСП-МС определялись при анализе холостого образца, подготовленного той же самой процедурой, но без добавления свинца. Результаты представлены в таблице.

Результаты анализа образцов на содержание Th, U (ppb)

Изотоп	ПО	Pb-C0000	Pb-арх	Pb-БНО
^{232}Th	0.103 ± 0.003	<ПО	<ПО	<ПО
^{238}U	1.61 ± 0.05	4.70 ± 0.14	<ПО	<ПО

Установлено, что концентрация урана и тория в археологическом и Баксанском свинце оказалась ниже предела обнаружения, что может свидетельствовать об их преимуществе для использования в низкофоновых экспериментах по сравнению с коммерческим свинцом марки C0000.

Список источников

1. N. A. Mirzayev [et al.], J. Radioanal. Nucl. Chem. **331**(12), 5539 (2022).
2. E. Armengaud [et al.], Astropart. Phys. **47**, 1 (2013).
3. N. T. Temerbulatova [et al.], J. Instrum. **20** (7), P07021 (2025).