

УДК 539.163

ПРИМЕНЕНИЕ КОРОТКОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{212}Pb , ^{212}Bi И ^{239}Np В КАЧЕСТВЕ МЕТОК ХИМИЧЕСКОГО ВЫХОДА В РАДИОХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Р.А. Алиев, О.А. Блинова, Ю.А. Сапожников

(кафедра радиохимии; e-mail: ramiz@radio.chem.msu.ru)

Описаны генераторы ^{212}Pb и ^{212}Bi , которые могут быть использованы при определении ^{210}Pb в объектах окружающей среды. Показана возможность применения метки ^{239}Np для определения ^{237}Np методом радиохимического нейтронно-активационного анализа.

Генераторы ^{212}Pb и ^{212}Bi

Радионуклид ^{210}Pb – член радиоактивного семейства ^{238}U . В настоящее время он широко применяется для исследования многих процессов, протекающих в окружающей среде. ^{210}Pb определяют либо недеструктивным γ -спектрометрическим методом, регистрируя γ -кванты с энергией 46,5 кэВ, либо косвенно – по дочерним радионуклидам (^{210}Bi и ^{210}Po). Определение по ^{210}Bi предпочтительнее, нежели по ^{210}Po , поскольку радиоактивное равновесие между ^{210}Pb и ^{210}Bi достигается быстрее. В тех случаях, когда равновесие между ^{210}Pb и ^{210}Po нарушено (это может происходить в верхних слоях осадка) необходимо ждать около полутора лет.

Радионуклид ^{210}Bi является относительно высокоэнергетическим β -излучателем, для регистрации β -частиц которого применяют газовые пропорциональные счетчики и жидкостно-сцинтилляционную аппаратуру. Идентифицируют ^{210}Bi по периоду полураспада (5 сут) [1]. Таким образом, для проведения анализа необходимо химическое разделение свинца и висмута. Возможны два подхода: 1) отделение висмута от свинца и определение радиоактивности ^{210}Bi по кривой распада; 2) отделение свинца от висмута и измерение содержания ^{210}Bi в препарате по мере накопления. Химический выход часто определяют гравиметрически по стабильному свинцу или висмуту, а в качестве радиоактивной метки применяют ^{207}Bi . Однако конверсионные электроны, испускаемые ^{207}Bi , регистрируются совместно с β -частицами ^{210}Bi , снижая тем самым чувствительность радиометрического определения.

В литературе встречаются сообщения об использовании ^{212}Pb в качестве метки химического выхода свинца, однако число таких работ невелико [2].

В настоящей работе в качестве изотопных генераторов предложены ^{212}Pb и ^{212}Bi . От материнского

радия и тория ^{212}Pb отделяли экстракцией $2 \cdot 10^{-4}$ М раствором дитизона в CCl_4 из раствора нитрата тория (25 г/л) в ацетатном буфере (ацетат аммония, рН 6,0). Экстракт промывали дистиллированной водой, затем висмут со свинцом реэкстрагировали соляной кислотой (1:1). ^{212}Bi отделяли от материнского ^{212}Pb экстракцией $2 \cdot 10^{-4}$ М раствором дитизона в CCl_4 из раствора нитрата тория (25 г/л) в бифталатном буфере (бифталат калия 10 г/л, рН 1,7). Экстракт промывали дистиллированной водой, затем висмут реэкстрагировали соляной кислотой (1:1).

Выходы и чистоту полученных препаратов определяли методами гамма- и жидкостно-сцинтилляционной (ЖС) спектрометрии. γ -кванты регистрировали на приборе с детектором из сверхчистого германия (*Canberra Packard*). ЖС-счет α - и β -частиц проводили на спектрометре *Tri-Carb 2700TR* (*Canberra Packard*).

Выход ^{212}Pb определяли методом γ -спектрометрии по линии ^{212}Pb (238,6 кэВ) и линии ^{208}Tl (2614,5 кэВ). По данным γ -спектрометрии около 65% ^{212}Pb переходит в реэкстракт. Выход ^{212}Bi так же определяли методом γ -спектрометрии по линии ^{212}Bi (727,2 кэВ). Было показано, что около 50% ^{212}Bi переходит в реэкстракт, в то время как ^{212}Pb остается в исходном растворе: в спектре препарата ^{212}Bi отсутствует линия ^{212}Pb 238,6 кэВ (рис. 1).

Радиохимическую чистоту ^{212}Pb и ^{212}Bi определяли методом ЖС-спектрометрии по спаду скорости счета. Показано, что периоды полураспада ^{212}Bi и ^{212}Pb значимо не отличаются от справочных данных, а остаточная активность препаратов соответствует фоновому значению в пределах погрешности измерений.

Метка ^{239}Np

Радионуклид ^{239}Np отделяли от материнского ^{243}Am экстракцией 10%-м раствором три-*n*-октиламина

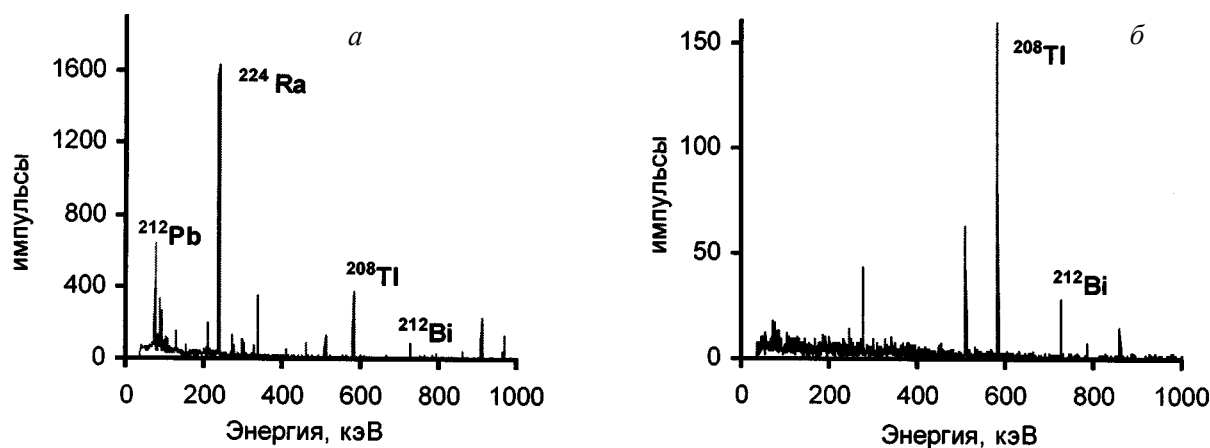


Рис. 1. γ -спектры: а – исходный раствор, б – препарат ^{212}Bi

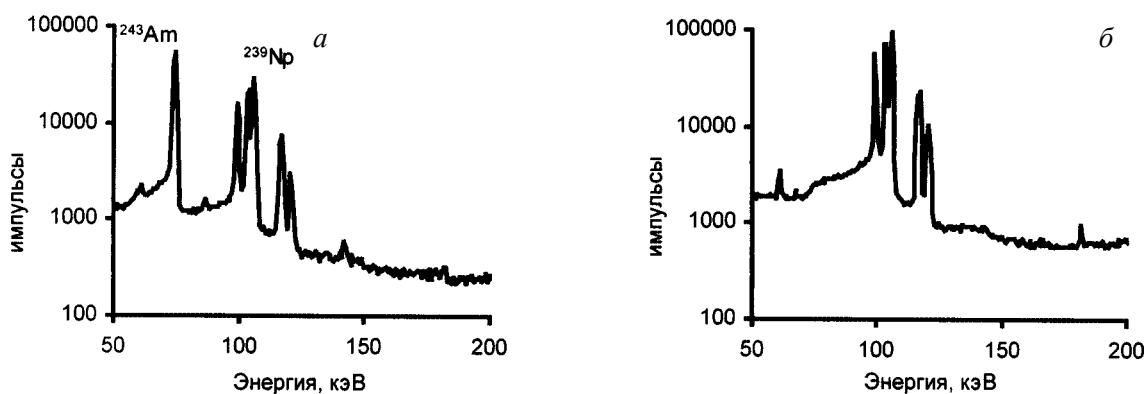


Рис. 2. γ -спектры: а – равновесная смесь $^{243}\text{Am} - ^{239}\text{Np}$, б – препарат ^{239}Np

в толуоле из концентрированной соляной кислоты. Предварительно нептуний переводили в шестивалентное состояние добавлением к солянокислому раствору, содержащему равновесную смесь ^{243}Am и ^{239}Np нескольких капель пероксида водорода [3]. Органическую фазу перед экстракцией насыщали соляной кислотой. Экстракт промывали концентрированной соляной кислотой для удаления следов америция. Реэкстракцию нептуния проводили дистиллированной водой. Радиохимическую чистоту продукта определяли γ -спектрометрически. На рис. 2 приведены γ -спектры равновесной смеси $^{243}\text{Am} - ^{239}\text{Np}$ и полученного ^{239}Np . Видно, что в спектре выделенного продукта отсутствует линия 74,7 кэВ, принадлежащая ^{243}Am . Полученный ^{239}Np успешно применяли в качестве метки при определении ^{237}Np в донных осадках методом радиохимического нейтронно-активационного анализа. Первой стадией анализа, предшествующей облучению нейтронами, является отделение нептуния экстракцией

из азотной кислоты вытяжкой раствором три-*n*-октилфосфинооксида в толуоле. Для определения выхода на этой стадии использовали ^{239}Np .

Данные радионуклиды (^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{239}Np) были выделены с целью применения в качестве меток химического выхода при анализе природных объектов. Метку следует выбирать таким образом, чтобы ее излучение практически не мешало регистрации частиц (или квантов), испускаемых определяемым радионуклидом. Это возможно в том случае, когда метка быстро распадается и ее вклад в остаточную активность незначителен. Поэтому перспективно применение короткоживущих меток, для получения которых можно использовать изотопные генераторы. В таких случаях измерение радиоактивности определяемого радионуклида проводят после распада метки. В частности, короткоживущие ^{212}Pb и ^{212}Bi (периоды полураспада 10,64 и 1,01 ч соответственно) могут быть использованы при определении ^{210}Pb . Генератор $^{243}\text{Am}/^{239}\text{Np}$ можно применять для получения ^{239}Np

($T_{1/2} = 2,35$ дн) – радионуклида, используемого в качестве короткоживущей метки в анализе ^{237}Np .

В основе работы любого генератора лежит разделение материнского и дочернего радионуклидов. Способы разделения могут быть самые разные: ионообменная и экстракционная хроматография, соосаждение с носителем и, как в нашем случае, жидкостная экстракция. Несомненным преимуществом последней является простота выполнения и высокая селективность, что совершенно необходимо при работе с короткоживущими радионуклидами.

Описанные выше изотопные генераторы позволяют получать в течение нескольких минут ^{212}Pb , ^{212}Bi и ^{239}Np в радиохимически чистом состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Church T.M., Hussain N., Ferdelman T.G., Fowler S.W. // *Talanta*. 1994. **41**. P. 243.
2. Qualitätsmanagement in Untersuchungseinrichtungen der amtlichen Überwachung Baden-Württembergs, Chemische Landesuntersuchungsanstalt Freiburg. PV 14P20201. 1998. S. 2.
3. Sill C.W. // *Anal. Chem.* 1966. **38**. P. 802.

Поступила в редакцию 25.10.02

APPLICATION OF THE SHORT-LIVED RADIONUCLIDES ^{212}Pb , ^{212}Bi AND ^{239}Np AS TRACERS OF CHEMICAL YIELD IN THE RADIOCHEMICAL ANALYSIS OF NATURAL SAMPLES

R.A. Aliev, O.A. Blinova, Y.A. Sapozhnikov

(Division of Radiochemistry; e-mail: ramiz@radio.chem.msu.ru)

The simple methods of extraction separation of short-lived ^{212}Pb and ^{212}Bi from parent ^{232}Th are described. These radionuclides could be applied as tracers in ^{210}Pb analysis. The possibility of application of ^{239}Np for radiochemical neutron-activation analysis of ^{237}Np is shown. The activity of short-lived tracer do not affect to radionuclide of interest's analysis.