

Научная статья
УДК 543.42.546.791
doi: 10.24143/1812-9498-2021-2-64-70

Применение хелатообразующего сорбента, содержащего фрагменты 4-амино-тиоурацила, для сорбционного извлечения тория(IV) из глины

Фидан Нариман Бахманова^{1✉}, Севиндж Рафик Гаджиева², Фамиль Муса Чырагов³

^{1, 2, 3} Бакинский государственный университет,
Баку, Азербайджанская Республика, fidan_chem@rambler.ru✉

Аннотация. Обоснована опасность тория в связи с радиоактивной токсичностью. Отмечено многообразие ториевых соединений, влияние тория на организм человека и окружающую среду. Исследован полимерный хелатообразующий сорбент, содержащий фрагменты 4-амино-тиоурацила. Построена изотерма сорбции тория с данным сорбентом и определены оптимальные условия концентрирования: pH = 4; $C_{Th^{4+}} = 6 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $V_{об} = 25$ мл; $m_{сорб} = 0,03$ г; сорбционная емкость (СЕ) = 1 163 мг/г. Степень извлечения ионов тория(IV) при оптимальных условиях превышает 95 %. Разработанная методика использована для извлечения тория из глины. Исследования сорбции проходили в статических условиях посредством специальной аппаратуры.

Ключевые слова: торий(IV), сорбент, сорбция, десорбция, глина

Для цитирования: Бахманова Ф. Н., Гаджиева С. Р., Чырагов Ф. М. Применение хелатообразующего сорбента, содержащего фрагменты 4-амино-тиоурацила, для сорбционного извлечения тория(IV) из глины // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2021. № 2 (72). С. 64–70. doi: 10.24143/1812-9498-2021-2-64-70.

Original article

Application of chelate forming sorbent, containing fragments of 4-amino - thiouracil for sorption extraction of thorium(IV) from clay

Fidan N. Bahmanova^{1✉}, Sevinc R. Hajiyeva², Famil M. Chyragov³

^{1, 2, 3} Baku State University,
Baku, Azerbaijan Republic, fidan_chem@rambler.ru✉

Abstract. The article considers the danger of thorium due to its radioactive toxicity. There has been proved the diversity of thorium compounds and the influence of thorium on a human body and the environment. A polymer chelating sorbent containing fragments of 4-amino - thiouracil has been investigated. An isotherm of thorium sorption with the sorbent is constructed and the optimal concentration conditions are determined: pH = 4; $C_{Th^{4+}} = 6 \cdot 10^{-3}$ mol/l; $V_{ob} = 25$ ml; $m_{sorb} = 0.03$ g; sorptive capacity (CE) = 1 163 mg/g. The degree of extraction of thorium(IV) ions under optimal conditions exceeds 95%. The developed technique was applied to extract thorium from clay. Studying sorption was carried out under static conditions using special equipment.

Keywords: thorium(IV), sorbent, sorption, desorption, clay

For citation: Bahmanova F. N., Hajiyeva S. R., Chyragov F. M. Application of chelate forming sorbent containing fragments of 4-amino - thiouracil for sorption extraction of thorium(IV) from clay. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2021;2(72):64-70. (In Russ.) doi: 10.24143/1812-9498-2021-2-64-70.

Введение

Торий – это химический элемент, который принадлежит к группе актиноидов, тяжелый слаборадиоактивный металл. Торий всегда находится в составе минералов редкоземельных элементов, которые являются одним из источников его получения. Содержание тория в земной коре составляет 8–13 г·т⁻¹, в морской воде – 0,05 мкг·л⁻¹. В магматических породах количество тория уменьшается от кислых (18 г·т⁻¹) к основным средам (3 г·т⁻¹). Значительное количество тория собирается за счет пегматитовых и постмагматических процессов. При этом его содержание увеличивается с повышением количества калия в породах. Основная форма, в виде которой торий встречается в породах, – это уран-ториевые либо изоморфные примеси в акцессорных минералах. Во время постмагматических процессов в соответствующих благоприятных условиях (обогащение растворов галогенами, щелочами и углекислотой) торий мигрирует в гидротермальных растворах и фиксируется в скарновых уран-ториевых и гранат-диопсидовых ортитсодержащих месторождениях. Здесь главными минералами тория являются монацитовый песок и ферриторит. Также торий накапливается и в некоторых грейзеновых месторождениях, где он концентрируется в ферриторите либо образует минералы, содержащие титан, уран и др. Входит в состав в виде примесей, наряду с ураном, в практически любые слюды (флогопит, мусковит и др.) породообразующих минералов гранита. По этой причине граниты некоторых месторождений запрещено использовать в качестве наполнителя для бетона при строительстве.

Как и все другие радиоактивные элементы, торий является весьма нежелательной примесью во всех объектах окружающей среды. Возможную опасность для персонала, работающего с металлическим торием и соединениями тория, представляют химическая и радиологическая токсичность. Также опасна возможность воспламенения, взрыва тория и его соединений. Степень опасности зависит от вида химического соединения, физического состояния тория. Многообразие ториевых соединений усложняет проблему безопасности в металлургии тория.

Торий способен проникать в организм человека в процессе ингаляции, приема пищи, во время контакта с кожей, но таким образом попадает в кровь только незначительное количество тория, который обычно накапливается на поверхностях костей. Основное количество тория выводится из организма естественным путем.

Торий поглощается главным образом печенью, селезенкой, костным мозгом, лимфатическими железами и надпочечниками, плохо всасывается из желудочно-кишечного тракта. Поступление тория в организм человека в течение суток составляет от 0,05 до 4 мг, а выделение его с мочой и калом – 0,1 и 2,9 мкг соответственно. Величина всасывания тория из желудочно-кишечного тракта составляет $1 \cdot 10^{-4}$, для растворимых комплексных соединений тория в концентрации 1–200 мг/мл – колеблется от $7 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-4}$. Нерастворимые соединения тория могут длительное время задерживаться в легких. Значительные количества тория определяются в пульмональных лимфатических узлах. Так, после ингаляции тория в легких собаки обнаружено 760 мкг/г, в лимфатических узлах – 3 700 мкг/г.

В связи с радиоактивной токсичностью определение присутствия и извлечение тория всегда оставалось актуальной задачей в научных исследованиях. С этой целью использовали много различных физико-химических методов [1–12], но большая часть разработанных методов концентрирования радиоактивного металла не удовлетворяет современным требованиям по пределу обнаружения. Для улучшения чувствительности удобны комбинированные методы, использующие предварительное концентрирование.

Для концентрирования и извлечения тория(IV) из различных объектов в большинстве случаев применяют разные природные и синтетические сорбенты [13–15]. Проведенные исследования подтвердили, что синтетические сорбенты обладают лучшими сорбционными свойствами, в отличие от природных.

Синтез сорбентов, обладающих лучшими сорбционными свойствами по отношению к торию(IV), сегодня остается актуальной проблемой. Ранее нами были исследованы сорбенты на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом, содержащим в составе фрагменты различных аминовых групп [16–18]. В продолжение работ в данном направлении в настоящем исследовании изучили сорбцию тория(IV) хелатообразующим сорбентом, содержащим фрагменты пара ацетамида бензойной кислоты.

Экспериментальная часть

Реагенты и растворы. Исследован полимерный хелатообразующий сорбент, имеющий в составе фрагменты пара ацетамида бензойной кислоты. Синтез сорбента проводили соответственно методике [19]. Полученный сорбент высушивали при температуре 50–60 °С.

Начальный (0,01 М) раствор тория(IV) готовили путем растворения точной навески $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ («химически чистый») в дистиллированной воде [20]. Рабочие растворы готовили разбавлением начального раствора дистиллированной водой. Для создания необходимой среды раствора были использованы фиксагал HCl ($\text{pH} = 1-2$) и аммиачно-ацетатные буферы ($\text{pH} = 3-11$). Для создания постоянной ионной силы использовали KCl («чистый для анализа»).

Аппаратура. С помощью иономера PHS-25 со стеклянным электродом измеряли pH растворов. Оптическую плотность растворов измеряли на фотоэлектроколориметре КФК-2 ($l = 1$ см). После концентрирования определение тория проводили спектрофотометрическим методом. Для спектрофотометрического определения тория(IV) в качестве реагента использовали 2,2',3,4-тетрагидрокси-3'-сульфо-5'-хлор-азобензол. Концентрацию тория(IV) рассчитывали с помощью заранее построенного градуировочного графика, полученные результаты обрабатывались математическими и статистическими методами [21]. Исследование сорбции проводили в статических условиях.

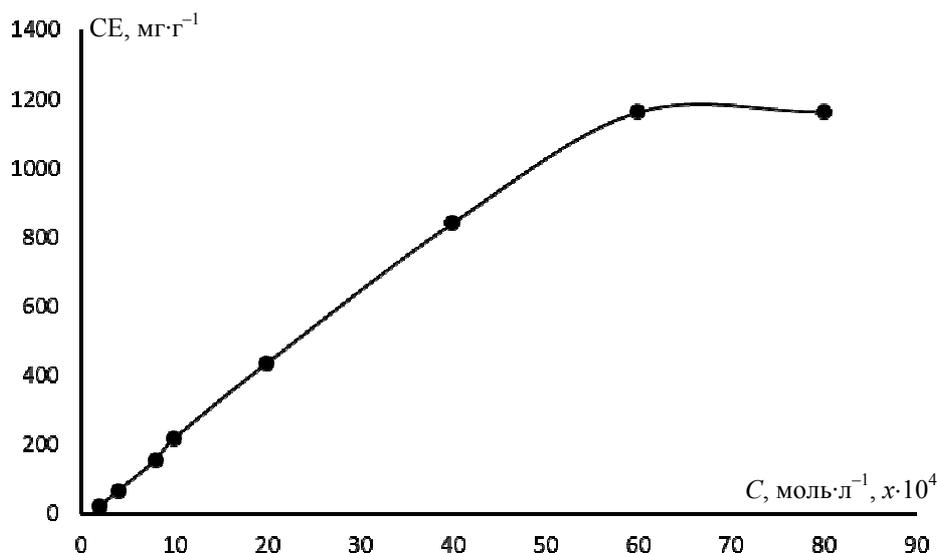
Результаты и их обсуждение

Влияние pH на сорбцию. Было исследовано влияние кислотности среды на сорбцию тория(IV) полимерным сорбентом в диапазоне pH 1–10.

Сорбционную способность сорбента анализировали в статическом режиме. С этой целью 30 мг сорбента вводили в 25 мл раствора с буферной средой при $\text{pH} = 1-8$, содержавшего 2,5 мл раствора тория(IV) с концентрацией 0,01 М, время от времени встряхивали. После прохождения определенного времени смесь отфильтровывали. Интенсивность поглощения растворов измеряли при 490 нм. Количество поглощенного металла определяли на основе разницы между начальной и остаточной концентрациями в растворе.

Результаты анализа проиллюстрировали, что количественное поглощение достигается при $\text{pH} = 4$. Следующие исследования были проведены в растворах с $\text{pH} = 4$.

Для определения оптимальных условий концентрирования тория(IV) синтезированным сорбентом была построена изотерма сорбции (рис.).



Изотерма сорбции тория(IV) полимерным сорбентом: $m_{\text{сорб}} = 30$ мг; $V = 25$ мл; $\text{pH} = 4$

Isotherm of thorium (IV) sorption by polymer sorbent: $m_{\text{sorb}} = 30$ mg; $V = 25$ ml; $\text{pH} = 4$

С увеличением концентрации металла в растворе увеличивается количество поглощенного тория(IV), а при концентрации, равной $0,006 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$, количество сорбированного металла становится максимальным (сорбционная емкость (CE) = $1\ 163 \text{ мг}\cdot\text{г}^{-1}$).

Исследование зависимости процесса сорбции от ионной силы раствора. Была исследована зависимость сорбции от ионной силы. Полученные результаты анализа доказали, что увеличение ионной силы в растворе до 0,8 не влияет на процесс сорбции. В результате следующего увеличения ионной силы происходит уменьшение сорбции, поскольку с увеличением ионного окружения функциональных групп уменьшается возможность комплексообразования тория(IV). Также была изучена зависимость процесса сорбции от времени. Полное поглощение тория(IV) происходит после 2,0 ч при статических условиях.

Изучение процесса десорбции сорбированного металла из сорбента. Для изучения процесса десорбции поглощенного тория (IV) из сорбента было определено влияние HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , HCl на извлечение радиоактивного металла из сорбента. Результаты исследования подтвердили, что максимальная десорбция тория(IV) наблюдается при использовании хлорной кислоты (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Влияние кислот на степень извлечения поглощенного тория(IV) из сорбента ($n = 5$)
Influence of acids on the degree of extraction of absorbed thorium (IV) from sorbent ($n = 5$)

Кислота	Концентрация кислот, $\text{моль}\cdot\text{л}^{-1}$	Степень десорбции, %
H_2SO_4	0,5	74
	1,0	79
	1,5	89
	2,0	90
HCl	0,5	80
	1,0	85
	1,5	89
	2,0	93
HNO_3	0,5	69
	1,0	76
	1,5	84
	2,0	88
HClO_4	0,5	83
	1,0	89
	1,5	93
	2,0	96

Результаты исследования подтвердили, что в оптимальных условиях концентрирования ионы тория(IV) количественно сорбируются и десорбируются ($R > 95\%$).

После установления оптимальных условий концентрирования ионов тория(IV) полимерным сорбентом была разработана методика определения микроколичеств тория(IV) в глине сорбционно-фотометрическим методом. Глина была взята из Шемахинского района Азербайджанской Республики.

Проведение анализа. Навеску 1,000 г образца растворяли в графитовой чаше в $\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$ (3 : 1) на электроплитке. Температуру повышали постепенно, до тех пор, пока полностью не испарится SO_3 . Далее остаток 3–4 раза промывали дистиллированной водой, добавляли HCl (1 : 1), переводили в колбу вместимостью 50 мл и разбавляли до метки дистиллированной водой. Концентрацию Th(IV) определяли сорбционно-фотометрическим методом. Результаты проведенного анализа представлены в табл. 2. Правильность методики проверяли методом добавок.

Таблица 2
Table 2

Результаты определения тория(IV) в глине ($p = 0,95$; $n = 5$)
Results of determining thorium (IV) in clay ($p = 0.95$; $n = 5$)

№	Найдено Th(IV) , $\text{мкг}/\text{мл}$	Добавлено Th(IV) , $\text{мкг}/\text{мл}$	Найдено Th(IV) , $\text{мкг}/\text{мл}$, после добавления
1	5,10	1,00	6,09
2	4,95	1,00	5,97

Проведенный анализ подтвердил возможность использования матрицы сополимера малеинового ангидрида со стиролом, модифицированной 4-амино-тиоурацила, для сорбционно-фотометрического определения тория(IV). Предложенный сорбент можно многократно повторно использовать (7–8 циклов).

Заключение

Синтезирован новый сорбент на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом, путем модификации 4-амино-тиоурацилом в присутствии формалина. Полученный сорбент был использован для извлечения тория из глины. Определены оптимальные условия сорбции тория на сорбенте. Возможно многократное использование регенерированного сорбента для концентрирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dolak I. Selective Separation and Preconcentration of Thorium(IV) in Bastnaesite Ore Using Thorium(IV) - Imprinted Cryogel Polymer // Hacettepe Journal Biological & Chemistry. 2018. Vol. 46. N. 2. P. 187–197.
2. Aslam Mirza M., Khuhawar M. Y., Arain R., Aziz Ch. M. Micellar electrokinetic chromatographic analysis of thorium, uranium, copper, nickel, cobalt and iron in ore and fish samples // Arabian Journal of Chemistry. 2018. N. 11. P. 305–312.
3. Pranaw Kumar, Jaison P. G., Vijay M. Telmore, Sumana Paul, Suresh K. Aggarwal. Determination of Lanthanides, Thorium, Uranium and Plutonium in Irradiated (Th, Pu)O₂ by Liquid Chromatography Using α -Hydroxyisobutyric Acid (α -HIBA) // International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography. 2013. N. 1. P. 72–80.
4. Ito S., Takaku Y., Ikeda M., Kishimoto Y. Determination of trace levels of uranium and thorium in high purity gadolinium sulfate using the ICP-MS with solid-phase chromatographic extraction resin // Progress Theoretical and Experimental Physics. 2017. 113H01 (11 pages). DOI: 10.1093/ptep/ptx145.
5. Elhefnawy O. A. A new optical sensor for spectrophotometric determination of uranium(VI) and thorium(IV) in acidic medium // Radiochimica Acta. 2017. Vol. 105. N. 12. P. 1–12.
6. Vijayabhaskara Reddy B., Saritha B., Giri A., Sreenivasulu Reddy T. Direct Spectrophotometric Determination of Th(IV) in Monazite sand Using 5-Bromo-2-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde-4-hydroxy benzoic acid // International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry. 2014. Vol. 3. N. 3. P. 667–672.
7. Hisham Kadry Fouad, Saeyda Abu Thana Abu Elenein, Randa Maged Elrakaiby, Shaimaa Salah Abdelmoteleb. Developed spectrophotometric method for thorium determination in different Rosetta monazite concentrates using thoria dye // International Journal of Advanced Research. 2015. Vol. 3. N. 7. P. 326–336.
8. Muhammad Haleem Khan, Muhammad Hafeez, Syed Manzoor Hussain Bukhari, Akbar Ali. Spectrophotometric determination of microamounts of thorium with thoria in the presence of cetylpyridinium chloride as surfactant in perchloric acid // Journal Radioanalytical Nuclear Chemistry. 2014. N. 301. P. 703–709.
9. Prasada Rao T., Metilda P., Mary Gladis J. Preconcentration techniques for uranium(VI) and thorium(IV) prior to analytical determination - an overview // Talanta. 2006. Vol. 68. N. 4. P. 1047–1064.
10. Canrong Lin, Hongqing Wang, Yuyuan Wang, Li Zhou, Jun Liang. Selective preconcentration of trace thorium from aqueous solutions with Th(IV)-imprinted polymers prepared by a surface-grafted technique // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2011. Vol. 91. N. 11. P. 1050–1061.
11. Jain V. K., Pandya R. A., Pillai S. G., Shrivastav P. S. Simultaneous preconcentration of uranium(VI) and thorium(IV) from aqueous solutions using a chelating calix[4]arene anchored chloromethylated polystyrene solid phase // Talanta. 2006. Vol. 70. N. 2. P. 257–266.
12. Susan Sadeghi, Abdolbaset Davami. A rapid dispersive liquid-liquid microextraction based on hydrophobic deep eutectic solvent for selective and sensitive preconcentration of thorium in water and rock samples: A multivariate study // Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 291. P. 111242.
13. Магеррамов А. М., Гаджиева С. Р., Бахманова Ф. Н., Гамидов С. З., Чырагов Ф. М. Концентрирование урана(VI) хелатообразующим сорбентом и фотометрическое определение с 2,3,4-тригидрокси-3'-нитро-4'-сульфоазобензолом // Журн. аналит. химии. 2011. Т. 66. № 5. С. 480–483.
14. Басаргин Н. Н., Магеррамов А. М., Гаджиева С. Р., Бахманова Ф. Н., Гамидов С. З., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Определение урана(VI) в природных водах после предварительного концентрирования сорбентом, содержащим фрагменты м-амино-фенола // Журн. аналит. химии. 2013. Т. 68. № 2. С. 136–139.
15. Гаджиева С. Р., Бахманова Ф. Н., Алирзаева Э. Н., Шамилов Н. Т., Чырагов Ф. М. Концентрирование урана хелатообразующим сорбентом на основе сополимера малеинового ангидрида со стиролом // Радиохимия. 2018. Т. 60. № 2. С. 175–179.
16. Aliyev E. H., Bahmanova F. N., Hamidov S. Z., Chyragov F. M. Lead (II) concentration by a chelating sorbent containing meta-phenylenediamine fragments // Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2020. Vol. 10. N. 1. P. 107.

17. Bahmanova F. N., Hajiyeva S. R., Chyragov F. M. Concentration of thorium(IV) by a chelating sorbent // Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2019. Vol. 9. N. 2. P. 194.
18. Fidan Bahmanova. Thorium(IV) Preconcentration by Chelate-Forming Adsorbents Based on a Maleic Anhydride–Styrene Copolymer // Journal of Analytical Chemistry. 2020. N. 75 (9). P. 1116–1119.
19. Алиева Р. А., Чырагов Ф. М., Гамидов С. З. Сорбционное исследование меди(II) полимерным сорбентом // Хим. проблемы. 2006. № 4. С. 161–163.
20. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1964. 261 с.
21. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1972. 407 с.

REFERENCES

1. Dolak I. Selective Separation and Preconcentration of Thorium(IV) in Bastnaesite Ore Using Thorium(IV) - Imprinted Cryogel Polymer. *Hacettepe Journal Biological & Chemistry*, 2018, vol. 46, no. 2, pp. 187-197.
2. Aslam Mirza M., Khuhawar M. Y., Arain R., Aziz Ch. M. Micellar electrokinetic chromatographic analysis of thorium, uranium, copper, nickel, cobalt and iron in ore and fish samples. *Arabian Journal of Chemistry*, 2018, no. 11, pp. 305-312.
3. Pranaw Kumar, Jaison P. G., Vijay M. Telmore, Sumana Paul, Suresh K. Aggarwal. Determination of Lanthanides, Thorium, Uranium and Plutonium in Irradiated (Th, Pu)O₂ by Liquid Chromatography Using α -Hydroxyisobutyric Acid (α -HIBA). *International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography*, 2013, no. 1, pp. 72-80.
4. Ito S., Takaku Y., Ikeda M., Kishimoto Y. Determination of trace levels of uranium and thorium in high purity gadolinium sulfate using the ICP-MS with solid-phase chromatographic extraction resin. *Progress Theoretical and Experimental Physics*, 2017, 113H01 (11 pages). DOI: 10.1093/ptep/ptx145.
5. Elhefnawy O. A. A new optical sensor for spectrophotometric determination of uranium(VI) and thorium(IV) in acidic medium. *Radiochimica Acta*, 2017, vol. 105, no. 12, pp. 1-12.
6. Vijayabhaskara Reddy B., Saritha B., Giri A., Sreenivasulu Reddy T. Direct Spectrophotometric Determination of Th(IV) in Monazite sand Using 5-Bromo-2-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde-4-hydroxy benzoic hydrazide. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 2014, vol. 3, no. 3, pp. 667-672.
7. Hisham Kadry Fouad, Saeyda Abu Thana Abu Elenein, Randa Maged Elrakaiby, Shaimaa Salah Abdelmoteleb. Developed spectrophotometric method for thorium determination in different Rosetta monazite concentrates using thoria dye. *International Journal of Advanced Research*, 2015, vol. 3, no. 7, pp. 326-336.
8. Muhammad Haleem Khan, Muhammad Hafeez, Syed Manzoor Hussain Bukhari, Akbar Ali. Spectrophotometric determination of microamounts of thorium with thoria in the presence of cetylpyridinium chloride as surfactant in perchloric acid. *Journal Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 2014, no. 301, pp. 703-709.
9. Prasada Rao T., Metilda P., Mary Gladis J. Preconcentration techniques for uranium(VI) and thorium(IV) prior to analytical determination - an overview. *Talanta*, 2006, vol. 68, no. 4, pp. 1047-1064.
10. Canrong Lin, Hongqing Wang, Yuyuan Wang, Li Zhou, Jun Liang. Selective preconcentration of trace thorium from aqueous solutions with Th(IV)-imprinted polymers prepared by a surface-grafted technique. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2011, vol. 91, no. 11, pp. 1050-1061.
11. Jain V. K., Pandya R. A., Pillai S. G., Shrivastav P. S. Simultaneous preconcentration of uranium(VI) and thorium(IV) from aqueous solutions using a chelating calix[4]arene anchored chloromethylated polystyrene solid phase. *Talanta*, 2006, vol. 70, no. 2, pp. 257-266.
12. Susan Sadeghi, Abdolbaset Davami. A rapid dispersive liquid-liquid microextraction based on hydrophobic deep eutectic solvent for selective and sensitive preconcentration of thorium in water and rock samples: A multivariate study. *Journal of Molecular Liquids*, 2019, vol. 291, p. 111242.
13. Magerramov A. M., Gadzhieva S. R., Bakhmanova F. N., Gamidov S. Z., Chyragov F. M. Kонтсентрирование урана(VI) хелатообразующим сорбентом и фотометрическое определение с 2,3,4-тригидрокси-3'-нитро-4'-сульфоазобензолом [Concentration of uranium(VI) with chelating sorbent and photometric determination with 2,3,4-trihydroxy 3'-nitro-4'-sulfoazobenzene]. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2011, vol. 66, no. 5, pp. 480-483.
14. Basargin N. N., Magerramov A. M., Gadzhieva S. R., Bakhmanova F. N., Gamidov S. Z., Alieva T. I., Chyragov F. M. Opredelenie urana(VI) v prirodnykh vodakh posle predvaritel'nogo kontsentrirvaniia sorbentom, sodержashchim fragmenty m-amino-fenola [Determination of uranium(VI) in natural waters after preliminary concentration with sorbent containing fragments of m-amino-phenol]. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2013, vol. 68, no. 2, pp. 136-139.
15. Gadzhieva S. R., Bakhmanova F. N., Alirzaeva E. N., Shamilov N. T., Chyragov F. M. Kонтсентрирование урана хелатообразующим сорбентом на основе сополимера maleinovogo ангидрида со стиролом [Concentration of uranium(VI) with chelating sorbent based on copolymer of maleic anhydride and styrene]. *Zhurnal analiticheskoi khimii*, 2013, vol. 68, no. 2, pp. 136-139.

centration of uranium with chelating sorbent based on copolymer of maleic anhydride with styrene]. *Radiokhimiya*, 2018, vol. 60, no. 2, pp. 175-179.

16. Aliyev E. H., Bahmanova F. N., Hamidov S. Z., Chyragov F. M. Lead (II) concentration by a chelating sorbent containing meta-phenylenediamine fragments. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2020, vol. 10, no. 1, p. 107.

17. Bahmanova F. N., Hajiyeva S. R., Chyragov F. M. Concentration of thorium(IV) by a chelating sorbent. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2019, vol. 9, no. 2, p. 194.

18. Fidan Bahmanova. Thorium(IV) Preconcentration by Chelate-Forming Adsorbents Based on a Maleic Anhydride–Styrene Copolymer. *Journal of Analytical Chemistry*, 2020, no. 75 (9), pp. 1116-1119.

19. Alieva R. A., Chyragov F. M., Gamidov S. Z. Sorbtionnoe issledovanie medi(II) polimernym sorbentom [Sorption study of copper(II) by polymer sorbent]. *Khimicheskie problemy*, 2006, no. 4, p. 161-163.

20. Korostelev P. P. *Prigotovlenie rastvorov dlia khimiko-analiticheskikh rabot* [Preparation of solutions for chemical-analytical work]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 261 p.

21. Bulatov M. I., Kalinkin I. P. *Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim i spektrofotometricheskim metodam analiza* [Practical guide to photometric and spectrophotometric methods of analysis]. Leningrad, Khimiia Publ., 1972. 407 p.

*Статья поступила в редакцию 03.07.2021; одобрена после рецензирования 30.09.2021; принята к публикации 11.11.2021.
The article was submitted 03.07.2021; approved after reviewing 30.09.2021; accepted for publication 11.11.2021.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фидан Нариман Бахманова – кандидат химических наук; старший научный сотрудник кафедры аналитической химии; Бакинский государственный университет; Азербайджанская Республика, Az 1148, Баку, ул. Академика Захида Халилова, 23; fidan_chem@rambler.ru

Севи́ндж Рафи́к Га́джи́ева – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой экологической химии; Бакинский государственный университет; Азербайджанская Республика, Az 1148, Баку, ул. Академика Захида Халилова, 23; fidan_chem@rambler.ru

Фамиль Муса Чырагов – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой аналитической химии; Бакинский государственный университет; Азербайджанская Республика, Az 1148, Баку, ул. Академика Захида Халилова, 23; fidan_chem@rambler.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fidan N. Bahmanova – Candidate of Chemical Sciences; Senior Researcher of the Department of Analytical Chemistry; Baku State University; Azerbaijan Republic, Az 1148, Baku, Z. Khalilov St., 23; fidan_chem@rambler.ru

Sevinc R. Hajiyeva – Doctor of Chemical Sciences, Professor; Head of the Department of Ecological Chemistry; Baku State University; Azerbaijan Republic, Az 1148, Baku, Z. Khalilov St., 23; fidan_chem@rambler.ru

Famil M. Chyragov – Doctor of Chemical Sciences, Professor; Head of the Department of Analytical Chemistry; Baku State University; Azerbaijan Republic, Az 1148, Baku, Z. Khalilov St., 23; fidan_chem@rambler.ru

