

УДК 62-665.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРБЦИИ ЛАНТАНА (III) ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Белоусова К.О., магистрант гр. ХНм-251, I курс
Научный руководитель: Золотухина Н.А., к.х.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В настоящее время мировые запасы оксидов редкоземельных металлов (РЗМ) оцениваются примерно в сто миллионов тонн и разбросаны по территориям разных стран [1]. При этом на долю Китая приходится более 97 % мирового производства оксидов РЗМ, что составляет 30-40 % от общего числа их запасов. Китай фактически монополизировал глобальную производственную цепочку, что позволило реализовывать политику усиления позиций на мировом рынке редкоземельных элементов (РЗЭ) [2, 3].

Основу сырьевой базы РЗЭ составляют комплексные руды с низким содержанием лантаноидов. Это обуславливает необходимость разработки эффективных способов попутного их извлечения из техногенных отходов [4]. Перспективным направлением является переработка отходов углепереработки, которые по своему химическому и минералогическому составу во многом аналогичны природному минеральному сырью [5].

Кузбасс, как один из ведущих угледобывающих регионов, сталкивается с серьезными экологическими последствиями промышленной деятельности: изъятием значительных земельных площадей для хранения отходов [6]. В то же время накопленные отходы угольной промышленности представляют собой техногенный ресурс, который может стать источником ценных компонентов, включая РЗЭ [5].

В настоящее время проведено значительное количество исследований по выделению РЗЭ из техногенного сырья. В работе [7] изучали поведение лантана (III) в процессе перколяционного выщелачивания. Для исследования создана модельная система (путем внесения 0,1 % (масс.) оксида лантана (La_2O_3)) на основе отходов углеобогащения АО ЦОФ «Березовская» (породы БФ-4 и БФ-5). Далее смесь гранулировали, а затем проводили перколяционное выщелачивание, в ходе которого пропускали раствор серной кислоты через слой гранулированного материала. Полученный маточный раствор подвергали обработке с целью выделения лантана (III) в виде солей оксалатов. Однако данная схема не позволяет получить РЗЭ требуемой степени чистоты, поэтому проводились дополнительные способы извлечения лантана (III) из отходов.

Одним из перспективных методов извлечения ценных компонентов является ионный обмен с использованием ионообменных смол. Данный циклический процесс включает в себя две основные стадии. На стадии загрузки целевые ионы из раствора выщелачивания сорбируются смолой. Затем, на стадии элюирования, поглощенные ионы вымываются из смолы, в результате чего они переходят обратно в раствор, но уже в более концентрированном и чистом виде по сравнению с исходным.

Установлено, что катионообменные смолы, содержащие сульфокислотные группы ($-\text{SO}_3\text{H}$), находят широкое применение для извлечения РЗЭ из сульфатных растворов. Они сохраняют активность и сорбируют катионы РЗЭ в сильноокислых средах ($\text{pH} \sim 0,5-2,5$) [8, 9].

Для проведения опытов готовили стандартный раствор содержащий катионы магния Mg , алюминия Al (III), железа Fe (III) и лантана La (III) (концентрация каждого составила 0,1 н.) в серной кислоте при $\text{pH}=1,4$, показатель кислотности измеряли pH-150MI . Затем в ходе изучения селективной сорбционной способности сульфокатионитов Purolite S957, Purolite C100 и КУ-2-8 в химический стакан на 100 мл поместили 50 мл стандартного раствора и 1 мл смолы и далее в течение 3 часов непрерывно перемешивании с помощью магнитной мешалки. pH корректировали раствором серной кислоты. После истечения времени раствор и смолу отделяли и анализировали на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM». Результаты количества вещества, сорбированного одним граммом смолы (мг/г) содержания катионов в смоле, приведены на рисунке 1.

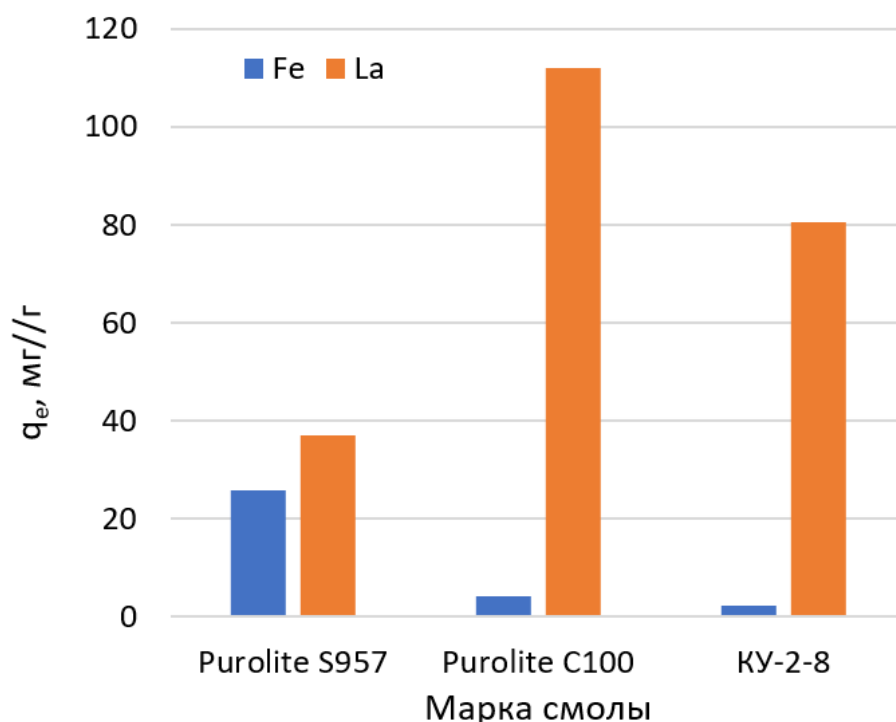


Рис. 1. Сравнение сорбционной способности сульфокатионитов Purolite C100, КУ-2-8 и Purolite S957 по отношению к Fe (III) и La (III)

Согласно данным, катионит марки Purolite C100 показал наилучшие селективные характеристики при сорбции La (III) из сернокислого раствора. При этом отмечено, что смола отечественного производства КУ-2-8 сорбирует Fe (III) в наименьшей степени, однако уступает Purolite C100 по поглощению La (III). Purolite S957 не проявил активных селективных свойств по отношению к РЗЭ.

Список литературы

1. Jha, M. K., Kumari, A., Panda, R., Kumar, J. R., Yoo, K., & Lee, J. Y. (2016). Review on hydrometallurgical recovery of rare earth metals. *Hydrometallurgy*, 165(1), 2–26.
2. Кондратьев, В. Б. Глобальный рынок редкоземельных металлов / В. Б. Кондратьев // Горная Промышленность. – 2017. – № 4 (134). – С. 52.
3. Крюков, В. А. Стратегическое значение редкоземельных металлов в мире и в России / В. А. Крюков, А. В. Толстов, Н. Ю. Самсонов // ЭКО. – 2012. – № 11 (461). – С. 5–16.
4. Сайкина, О. Ю. Сорбционное извлечение редкоземельных металлов в процессе переработки фосфогипса / О. Ю. Сайкина, О. В. Юрасова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 7 (49), ч. 4. – С. 107-111.
5. Смирнов, Д. И. Извлечение редкоземельных элементов и скандия из отходов угледобычи с использованием метода гранульной сульфатизации / Д. И. Смирнов, А. В. Калашников, А. А. Захаров [и др.] // Уголь. – 2023. – № S12. – С. 84-89.
6. Корчагина, Т.В. Образование отходов производства и потребления на территории Кемеровской области / Т.В. Корчагина, В.Л. Рыбак, Л.Л. Рыбак // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2013. – Вып. 1. – С. 15–19.
7. Золотухина, Н. А. Влияние pH на извлечение редкоземельного концентрата из отходов углеобогащения АО ЦОФ «Березовская» / Н. А. Золотухина, К. О. Белоусова, Ю. А. Винидиктова, Д. А. Баранцев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2025. – № 6 (172). – С. 37–49.
8. El Ouardi, Y.; Virolainen, S.; Massima Mouele, E. S.; Laatikainen, M.; Repo, E.; Laatikainen, K. (2023). The Recent Progress of Ion Exchange for the Separation of Rare Earths from Secondary Resources – A Review. *Hydrometallurgy*. 218, 106047.
9. Пат. 2462523 Российская Федерация. Способ извлечения редкоземельных элементов из технологических и продуктивных растворов / Рычков В. Н. [и др.] ; заявитель и патентообладатель УрФУ. — № 2010154353/02 ; заявл. 29.12.2010 ; опубл. 27.09.2012, Бюл. № 27.