

Применение сорбентов на основе природного цеолита и шамотной глины для извлечения ионов натрия и калия из соленой воды: предварительное исследование

Г.А. Сейлханова^{1,2*}, А.Б. Рахым^{1,2},
А.В. Кан¹, А.К. Кенесова^{1,2}, Ицхак Мастай³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Центр физико-химических методов исследования и анализа, Алматы, Казахстан

³Департамент химии и институт нанотехнологий, Университет Бар-Илан, Рамат-Ган, Израиль

*E-mail: gaseilkhanova@gmail.com

В данной работе были получены сорбенты на основе природного цеолита (Ц) и шамотной глины (ШГ), обработанные растворами NaCl и HNO₃, для извлечения ионов Na⁺ и K⁺ из соленой воды. Были исследованы физико-химические характеристики полученных сорбентов методами СЭМ, EDAX и БЭТ. Выявлено, что последовательная обработка растворами NaCl и HNO₃ положительно влияет на сорбционные свойства исследуемых материалов. Максимальное увеличение удельной поверхности с 4,5 м²/г до 39,3 м²/г наблюдается для Ц, обработанного кислотой, а удельная поверхность ШГ также повышается почти в 2 раза с 8,4 м²/г до 15,3 м²/г. Ионы Na⁺ и K⁺ извлекаются из воды за счет ионного обмена с катионами Ц и ШГ. В результате определения катионообменной емкости (КОЕ) исследуемых сорбентов, было установлено, что обработка раствором NaCl улучшает ионообменные свойства сорбента и приводит к образованию «гомоионной» формы алюмосиликатов, благодаря чему сорбенты легче вступают в реакции ионного обмена. Авторами установлена сорбционная активность полученных материалов на основе природного цеолита и шамота по отношению к катионам Na⁺ и K⁺. Максимальная степень извлечения составляет 28,45% для ионов Na⁺ сорбентом ШГ-Na-H и 76,28% для ионов K⁺ сорбентом ШГ-Na. Среди сорбентов на основе Ц наиболее эффективными формами являются Ц-Na-H (15,44% извлечения Na⁺) и Ц-Na (60,47% извлечения K⁺).

Ключевые слова: цеолит; шамотная глина; модификация; характеристики; сорбция; извлечение; опреснение; ионы Na⁺ и K⁺.

Тұзды судан натрий мен калий иондарын алу үшін табиғи цеолит пен шамот сазына негізделген сорбенттерді қолдану: алдын-ала зерттеу

Г.А. Сейлханова^{1,2*}, А.Б. Рахым^{1,2},
А.В. Кан¹, А.К. Кенесова^{1,2},
Ицхак Мастай³

¹Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Физика-химиялық зерттеу және талдау әдістері орталығы, Алматы, Қазақстан

³Химия департаменті және нанотехнология институты, Бар-Илан университеті, Рамат-Ган, Израиль

*E-mail: gaseilkhanova@gmail.com

Бұл жұмыста тұзды судан Na⁺ және K⁺ иондарын бөліп алу үшін NaCl және HNO₃ ерітінділерімен өңделген табиғи цеолит (Ц) және шамот сазы (ШС) негізіндегі сорбенттер алынды. Алынған сорбенттердің физико-химиялық сипаттамалары СЭМ, EDAX, БЭТ әдістерімен зерттелді. NaCl және HNO₃ тізбектей өңдеу зерттелетін материалдардың сорбциялық қасиеттеріне оң әсер ететіні анықталды. Қышқылмен өңделген Ц меншікті бетінің максималды ұлғаюы 4,5 м²/г-дан 39,3 м²/г-ға дейін жоғарылауы байқалады, ал ШС меншікті беті 8,4 м²/г-дан 15,3 м²/г-ға дейін 2 есе артады. Ц және ШС катиондарымен ион алмасу нәтижесінде судан Na⁺ және K⁺ иондары бөліп алынады. Зерттелетін сорбенттердің катион алмасу сыйымдылығын (КАС) анықтау нәтижесінде NaCl ерітіндісімен өңдеу сорбенттің ионалмастырғыштық қасиетін жақсартып, алюмосиликаттардың «гомоиондық» түрінің түзілуіне әкелетіні анықталды. Осының арқасында сорбенттер иондық алмасу реакцияларына оңай түседі. Жұмыс авторларымен Na⁺ және K⁺ катиондарына қатысты табиғи цеолит пен шамот негізінде алынған материалдардың сорбциялық белсенділігін анықталыны. Ең жоғары бөліп алу ШС-Na-H сорбентімен Na⁺ иондары үшін 28,45% және ШГ-Na сорбентімен K⁺ иондары үшін 76,28% құрайды. Ц негізіндегі сорбенттер арасында Ц-Na-H (Na⁺ алудың 15,44%) және Ц-Na (K⁺ алудың 60,47%) неғұрлым тиімді нысандары болып табылады.

Түйін сөздер: цеолит; шамот балшығы; түрлендіру; сипаттамалар; сорбция; бөліп алу; тұщыландыру; Na⁺ және K⁺ иондары.

The use of natural zeolite and chamotte clay-based sorbents for the extraction of sodium and potassium ions from saline water: a preliminary study

G.A. Seilkhanova^{1,2*}, A.B. Rakhym^{1,2},
A.V. Kan¹, A.K. Kenessova^{1,2},
Yitzhak Mastai³

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

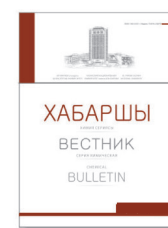
²Center of Physical Chemical Methods of Research and Analysis, Almaty, Kazakhstan

³Department of Chemistry and the Institute of Nanotechnology, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel

*E-mail: gaseilkhanova@gmail.com

In this work, sorbents based on natural zeolite (Z) and chamotte clay (ChC) treated with NaCl and HNO₃ solutions were obtained to extract Na⁺ and K⁺ ions from saline water. The physicochemical characteristics of the obtained sorbents were studied by SEM, EDAX, and BET methods. It was found that successive treatment with NaCl and HNO₃ solutions has a positive effect on the sorption properties of the studied materials. The maximum increase in the specific surface area from 4.5 m²/g to 39.3 m²/g is observed for acid-treated Z, and the specific surface area of ChC also increases almost 2-fold from 8.4 m²/g to 15.3 m²/g. Na⁺ and K⁺ ions are extracted from water due to ion exchange with Z and ChC cations. As a result of determining the cation exchange capacity (CEC) of the studied sorbents, it was found that treatment with a NaCl solution improves the ion exchange properties of the sorbent and leads to the formation of a "homoionic" form of aluminosilicates. Due to that the sorbents more easily enter ion exchange reactions. The authors established the sorption activity of the obtained materials based on natural Z and ChC with respect to Na⁺ and K⁺ cations. The maximum recovery rate is 28.45% for Na⁺ ions with the ChC-Na-H sorbent and 76.28% for K⁺ ions with the ChC-Na sorbent. Among Z-based sorbents, the most effective forms are Z-Na-H (15.44% Na⁺ recovery) and Z-Na (60.47% K⁺ recovery).

Keywords: zeolite; chamotte clay; modification; characteristics; sorption; extraction; desalination; Na⁺ and K⁺ ions.



Применение сорбентов на основе природного цеолита и шамотной глины для извлечения ионов натрия и калия из соленой воды: предварительное исследование

Г.А. Сейлханова^{1,2*}, А.Б. Рахым^{1,2}, А.В. Кан¹, А.К. Кенесова^{1,2}, Ицхак Мастай³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби 71, 050040 Алматы, Казахстан

²Центр физико-химических методов исследования и анализа, ул. Толе би 96А, 050012 Алматы, Казахстан

³Департамент химии и институт нанотехнологий, Университет Бар-Илан, 5290002 Рамат-Ган, Израиль

*E-mail: gaseilkhanova@gmail.com

1. Введение

По данным ООН, уже сейчас более 1,2 млрд людей живут в условиях постоянного дефицита пресной воды, около 2 млрд страдают от него регулярно. По прогнозам ФАО, к середине третьего десятилетия XXI в. численность живущих при перманентной нехватке воды превысит 4 млрд человек [1]. По прогнозам министерства экологии РК в Казахстане случится дефицит воды в 2040 году. 97% мировых запасов воды – соленые. С ростом численности населения планеты, а также развитием промышленности и технологий, также растет потребность в пресной воде. Учитывая вышеизложенное, возникает необходимость разработки способа опреснения соленой воды, который будет характеризоваться высокой эффективностью и низкой себестоимостью. Ряд стран, которые уже достиг водный кризис, вынуждены прибегать к использованию альтернативных водных источников, в том числе к использованию морских вод, подвергнутых предварительному опреснению. На сегодняшний день выделяют два наиболее распространенных метода опреснения соленой воды для её использования в качестве питьевой: многоступенчатая дистилляция и обратный осмос [2]. Многоступенчатая дистилляция относится к термическим методам опреснения и является достаточно простой и эффективной, но требует больших энергетических затрат, которые обуславливаются необходимостью постоянного поддержания высокой температуры в дистилляционном аппарате [3]. Обратный осмос – один из видов мембранной технологии – является наиболее распространенным методом опреснения. Данная

технология является менее энергоёмкой и имеет большую эффективность по сравнению с термической, но имеет значительные недостатки, связанные со сложностью эксплуатации, высокой стоимостью самой осмотической установки и сменных мембран [4].

Сорбционный метод является перспективным в использовании в процессе опреснения соленой воды. Как известно, сорбенты представляют из себя материалы с развитой структурой, на поверхности или в объёме которых происходит концентрирование поглощаемого вещества. Сорбционный метод опреснения заключается в поглощении сорбентом засоряющих ионов из воды, которыми преимущественно являются Na^+ , K^+ и Cl^- [5].

Согласно [6], адсорбционный метод относится к методам, в котором реализуется механизм, характеризующийся короткодействующим взаимодействием объекта с сорбционным материалом. Данный метод, в основном, используется для опреснения воды со средним или низким значением солёности. Для опреснения воды с более высокой солёностью адсорбция является экономически не самым рациональным способом, так как требует достаточно большого объёма сорбентов, которые необходимо предварительно синтезировать. Однако, несмотря на имеющиеся недостатки и ограничения, многие научные группы дальнего и ближнего зарубежья, как показывает обзор литературы, активно развивают сорбционные методы в опреснении: предлагают новые сорбенты, новые способы модифицирования, оптимальные условия опреснения на основе анализа влияния различных факторов на исследуемые процессы.