

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2024.i5.02>

## Hydrochemical processing of fine kaolinite fraction of high-siliceous bauxite with preliminary chemical activation

S.V. Gladyshev, S.B. Dyussenova, A.I. Bakhshyan, L.M. Imangaliyeva\*, Ye.B. Abikak

*Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation, Almaty, Kazakhstan*

\*Corresponding author: [Leila.imangaliyeva@mail.ru](mailto:Leila.imangaliyeva@mail.ru)

**Abstract.** For processing of low-quality bauxite, it is impossible to use the most simple and economical Bayer hydroalkali method. In spite of the fact that there are various hydrochemical methods allowing to use substandard alumina-containing raw materials the problem of technology improvement is actual. In this work we investigated the possibility of processing kaolinite fraction of bauxite by hydrochemical method, by improving it through preliminary chemical activation and use of active form of calcium oxide during leaching in high-modulus recycled aluminate solution. The developed technology allows to extract aluminum into solution with high efficiency, to regenerate recycled leaching solutions and to obtain waste sludge suitable for construction. Preliminary chemical activation of fine crystalline fraction by thermochemical treatment in sodium hydrogen carbonate solution at elevated pressure allowed to transform the initial phase composition, eliminate the kaolinite phase, which is difficult to detect by hydrochemical method. The developed method of obtaining the active form of calcium oxide by CaO quenching in Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution at elevated temperature and pressure made it possible to carry out hydrochemical stripping of fine crystalline fraction in one stage. The conducted studies have shown the possibility of effective processing of kaolinite fraction of gibbsite-kaolinite bauxite by hydrochemical method by leaching in high-modulus aluminate solution with addition of active form of calcium oxide, after changing the initial phase composition by the method of preliminary chemical activation in sodium hydrogen carbonate solution.

**Keywords:** *bauxite, kaolinite, dawsonite, chemical activation, hydrochemistry, sodium hydrogen carbonate, fraction, transformation, calcium oxide.*

### 1. Введение

Производство алюминия представляет собой основу ведущих секторов промышленности и обеспечивает стабильный рост любой национальной экономики [1]. Однако, многие районы мира имеют ограниченные запасы качественных бокситов, пригодных для переработки простым и эффективным способом Байера, поэтому в производство вовлекаются низкокачественное алюминийсодержащее сырье, что требует разработки новых технологических решений [2-4].

Для эффективной переработки низкокачественных гиббсит – каолиновых бокситов Красногорского месторождения требуется стадийное обогащение с гравитационным отделением неперерабатываемой каолиновой фракций и химическом удалении части избыточного кремнезема. Гиббсит – каолиновые бокситы содержат 50-60% глинистой каолиновой фракции, которая приводит к высоким затратам при добычи бокситового сырья, его измельчения и гравитационном обогащении.

Наиболее простым и дешевым способом переработки бокситов является способ Байера, однако для него требуется бокситы с высоким кремниевым модулем (определяется отношением оксида алюминия к оксиду кремния) >7 [5]. Низкокачественные бокситы имеют кремниевый модуль 3-4 и поэтому первоначально их подвергают механическому и химическому обогащению в несколько стадий [5-8].

В результате механического – гравитационного и химического обогащения низкокачественные бокситы переводят в категорию, пригодную для переработки по способу Байера. Выделенная, мелкодисперсная каолиновая фракция не перерабатывается и подвергается захоронению, из-за отсутствия эффективной технологии ее переработки.

Анализ научно – технической информации показывает, что извлечение алюминия из каолиновой фракции боксита невозможно обычным щелочным гидрометаллургическим способом, так как каолин является химический стойким соединением. В настоящее время при переработке каолиновых руд преимущественно ориентируются на использование кислотных способов, недостатком, которых является необходимость использования дорогостоящего, коррозионностойкого оборудования [3, 10, 11].

При использовании щелочных методов переработки каолиновых руд для повышения реакционной способности каолинита проводят предварительную операцию, связанную с трансформацией фазового состава путем термической обработки – методом спекания, для превращения каолина в метакаолин, из которого легко можно выщелочить глинозем [12-18]. Недостатком термической трансформации каолиновых руд является высокая энергоемкость процесса.

В Казахстане отсутствуют высококачественные бокситы, что вызывает необходимость использовать в настоящее время, на Павлодарском алюминиевом заводе (ПАЗ)

АО «Алюминий Казахстана» в производстве по последовательному способу Байер-спекание бокситы Красногорского месторождения, которые отличаются низким кремниевым модулем. Бокситы подвергают предварительному обогащению с отделением глинистой каолининовой фракции [5]. Глинистая фракция не перерабатывается и является отходом, в то же время ее переработка может служить источником получения дополнительного количества глинозема и быть источником сырья для востребованной силикатной продукции. Это обстоятельство позволило бы увеличить объем глиноземного производства ПАЗа, повысить его рентабельность и рационально использовать природные ресурсы.

Для разработки эффективной технологии, переработки каолининовой фракции бокситов Красногорского месторождения в работе проведены исследования технологии включающей применение метода предварительной химической активации для щелочного вскрытия с добавлением активной формы оксида кальция и регенерации растворов выщелачивания позволяющих осуществлять гидрохимическую переработку с получением глинозема и силикатной продукции.

## 2. Материалы и методы

Рентгенофлуоресцентный анализ осуществляли на спектрометре с волновой дисперсией Venus 200 PANalytical B.V. (PANalytical B.V., Голландия).

Химический анализ образцов выполнен на оптическом эмиссионном спектрометре с индуктивно – связанной плазмой Optima 2000 DV (США, PerkinElmer).

Рентгенофазовый анализ проведен на аппарате BRUKERD8 ADVANCE на медном излучении при ускоряющем напряжении 36 кВт, токе 25 мА.

Микрофотографии были сделаны на растровом низковакуумном электронном микроскопе с термоэмиссионным катодом (LaB<sub>6</sub>) JSM-6610LV фирмы «JEOL».

Химическую активацию МКФ проводили, путем термохимической обработки [19] в растворе, содержащем 120 г/дм<sup>3</sup> NaHCO<sub>3</sub> при температуре 200°C и продолжительностью 60-180 минут.

Гидрохимическое выщелачивание МКФ после химической активации проводили с добавлением активной формы оксида кальция в высокомодульном растворе (ВМР) состава, г/дм<sup>3</sup>: Na<sub>2</sub>O<sub>к<sub>у</sub></sub> 245.0; Na<sub>2</sub>O<sub>к<sub>б</sub></sub> 11.4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.43; α<sub>к</sub> = 30, при температуре 240°C, продолжительности 4 часа и отношении Ж:Т = 4:1 и отношении CaO/SiO<sub>2</sub> = 1.5.

Активную форму оксида кальция готовили согласно разработанного способа путем получения мелкодисперсного порошка гашеной извести в растворе, содержащем 20 г/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при температуре 200°C и продолжительности 2 часа [20]. Синтез трехкальциевого гидроалюмината (ТКГА) проводили при температуре 100°C в течение 4 часов, при добавлении CaO от стехиометрического количества 100-120% для получения соединения 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O.

Разложение ТКГА проводили согласно технологии [21] в содовом растворе при концентрации Na<sub>2</sub>O<sub>к<sub>б</sub></sub> – 140-160 г/дм<sup>3</sup>, температуре 180°C, продолжительности выщелачивания 90 минут в автоклаве и отношении Ж:Т = 4:1. Кристаллооптический анализ сделан с помощью иммерсионного метода на микроскопе марки Leica DM 2500 P.

Размер частиц отвального шлама определен на анализаторе Photocor Compact. Для этого была приготовлена водная суспензия (концентрация – 0.005 г/см<sup>3</sup>). Образец измерялся после 3 минуты перемешивания магнитной мешалкой при обороте 200 об/мин. Микротвердость порошка отвального шлама определена с помощью микротвердомера «ПМТ-3М».

Расчет извлечения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SiO<sub>2</sub> в раствор проводили по формуле:

$$\left(100 - \frac{P_{исх} \cdot C_{исх}}{P_{кон} \cdot C_{кон}}\right) \cdot \% \quad (1)$$

α<sub>к<sub>у</sub></sub> – каустический модуль;

μ<sub>Si</sub> – кремниевый модуль;

к<sub>у</sub> – каустическая щелочь;

к<sub>б</sub> – карбонатная щелочь;

об – общая щелочность.

Каустический модуль определяли из отношения 1.645·Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Кремниевый модуль (μ<sub>Si</sub>) проб, определяли из отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>.

## 3. Результаты и обсуждение

Исходным сырьем для исследований служил мелкодисперсная фракция (МКФ) гиббсит-каолининовых бокситов Красногорского месторождения Республики Казахстан, выделенная при гравитационном обогащении.

Химический состав МКФ, масс. %: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 38.8; SiO<sub>2</sub> 19.6; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16.96; CaO 1.45; Na<sub>2</sub>O 0.187; MgO 0.26; K<sub>2</sub>O 0.06; TiO<sub>2</sub> 3.2; п.п 19.24; μSi 1.98.

Рентгенофазовый состав МКФ боксита представлен на рисунке 1.

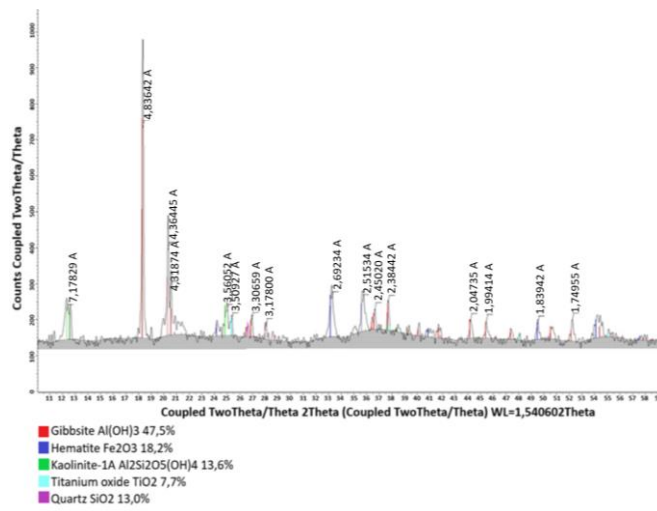


Рисунок 1. Рентгенограмма МКФ

Микрофотография и электронно-микроскопический анализ МКФ представлен на рисунках 2, 3.

Основой технологии гидрохимической переработки мелкодисперсной каолининовой фракции является предварительная химическая активация и выщелачивание в высокомодульном щелочном растворе (ВМР) с добавлением активной формы оксида кальция (рисунок 4). Трудность переработки МКФ связана с содержанием химически стойкой фазы каолинита.

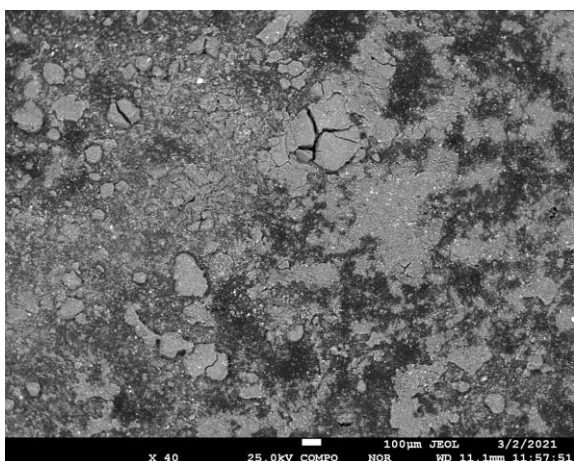


Рисунок 2. Микрофотография МКФх40

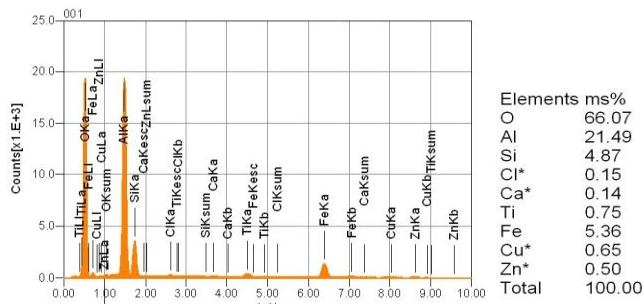
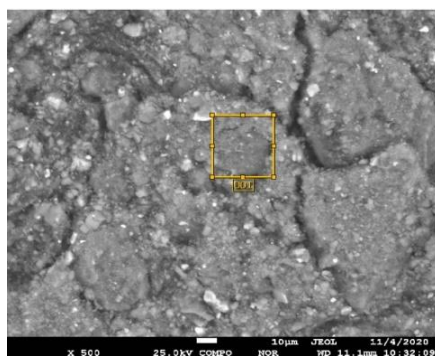


Рисунок 3. Микрофотография и электронно-микроскопический анализ МКФ x500

Каолинитсодержащее сырье перерабатывают либо кислотными методами, либо спеканием, которые требуют дорогостоящего оборудования или энергозатратны.

В проведенных исследованиях для эффективной гидрохимической переработки МКФ использована предварительная химическая активация, целью которой является трансформация исходного фазового состава с получением легкорастворимых алюмосодержащих фаз.

Химическую активацию МКФ проводили согласно способу [22], путем термохимической обработки в автоклаве в растворе  $\text{NaHCO}_3$ , при температуре  $200^\circ\text{C}$  (таблица 1). Экспериментально установлено, что с уменьшением температуры продолжительность процессов фазовой трансформации МКФ при активации значительно увеличивается, а повышение температуры выше  $200^\circ\text{C}$  не приводит к значительному сокращению продолжительности.

Согласно полученным данным в результате химической активации исчезают исходные алюмосодержащие фазы гиббсит и каолинит с образованием даусонита, гидроалюмосиликата натрия и бемита.

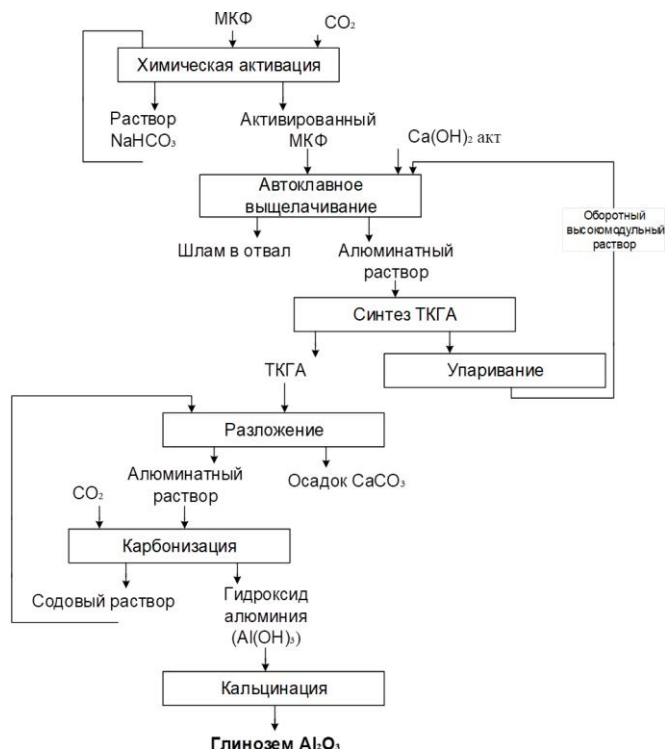


Рисунок 4. Гидрохимическая переработка МКФ с предварительной химической активацией

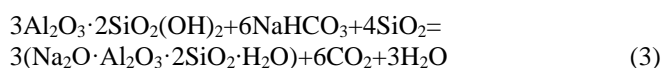
Таблица 1. Фазовый состав МКФ в зависимости от продолжительности химической активации

Наименование фаз	Содержание фаз МКФ в зависимости от продолжительности, мин					
	исх	30	60	90	120	180
Гиббсит	47.5	40.8	31.2			
Каолинит-1А	13.6	34.9	45.1			
Гематит	18.2	18.2	18.2	5.3	5.1	5.0
Анатаз	7.7	6.1	5.5	4.2	2.3	1.9
Кварц	13.0					
Даусонит				74.2	73.7	44.3
Гидроалюмосиликат натрия				14.3	16.9	41.7
Бемит				2.0	2.0	7.1

Полное исчезновение гиббсита и каолинита происходит при продолжительности 90 минут, дальнейшее увеличение продолжительности приводит к уменьшению содержания даусонита и увеличению содержания фазы гидрокарбоалюмосиликата натрия.

Первоначальное увеличение содержания каолинита при продолжительности активации до 60 h минут можно объяснить, изменением структуры его рентгеноаморфной части, которая изначально не определилась методом рентгенофазового анализа. Исчезновение фазы каолинита в дальнейшем происходит за счет химической реакции с раствором гидрокарбоната натрия.

Химизм процесса химической активации МКФ с исчезновением фаз гиббсита и каолинита отражают уравнения:



Химизм процесса химической активации подтверждается рентгенофазовым анализом (рисунок 5).



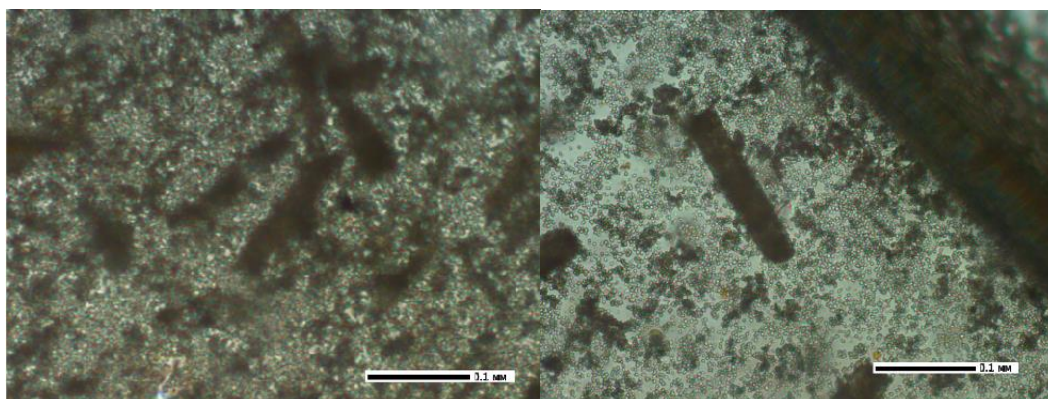


Рисунок 9. Отвальный шлак, x 200

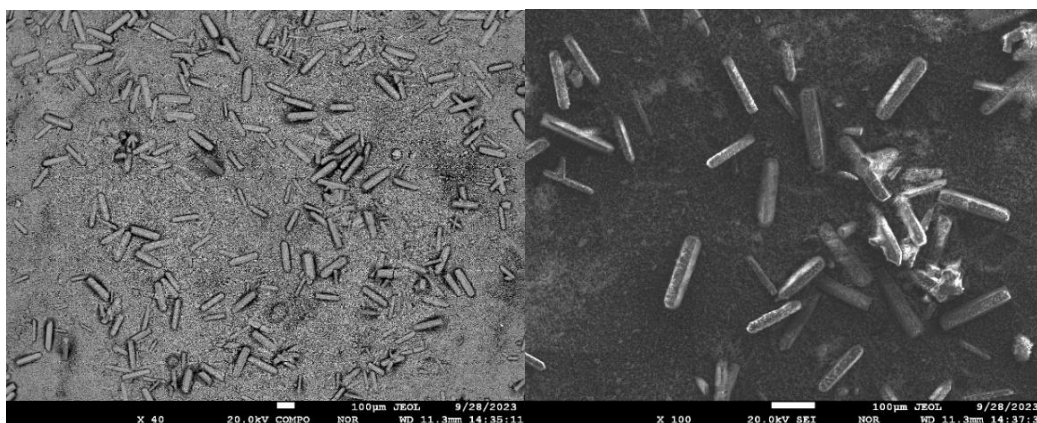


Рисунок 10. Отвальный шлак, x100

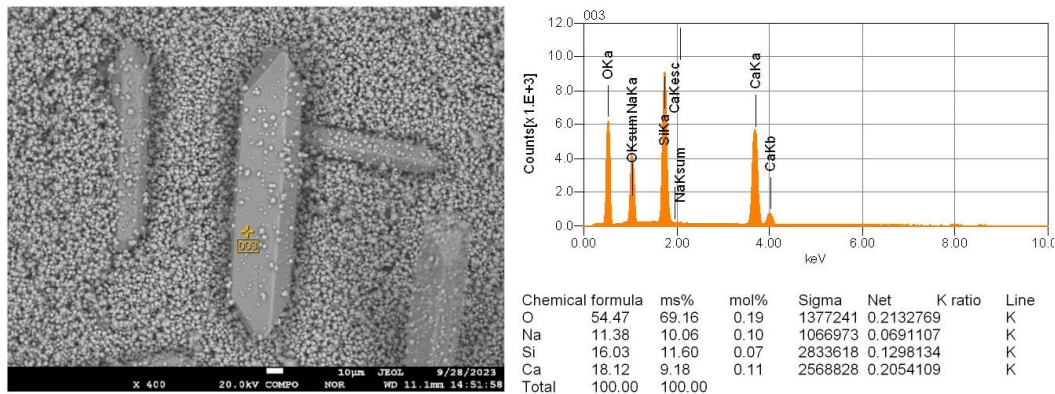


Рисунок 11. Отвальный шлак, x 400

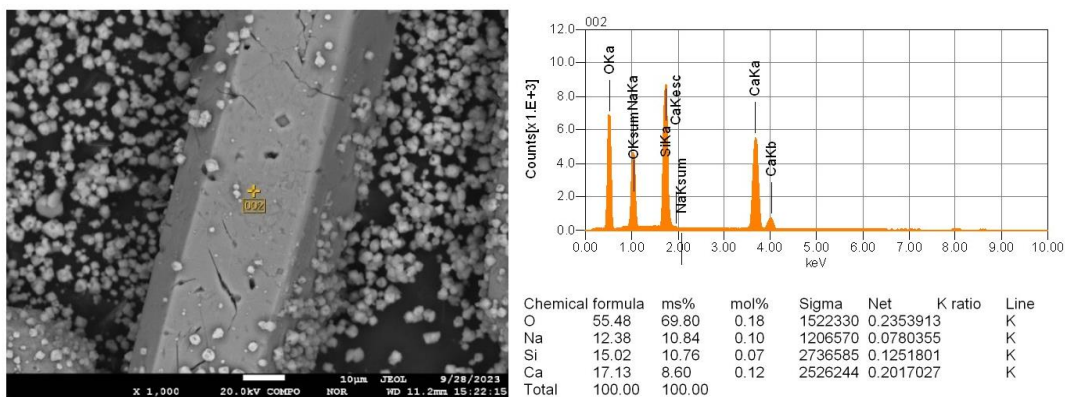


Рисунок 12. Отвальный шлак, x 1000

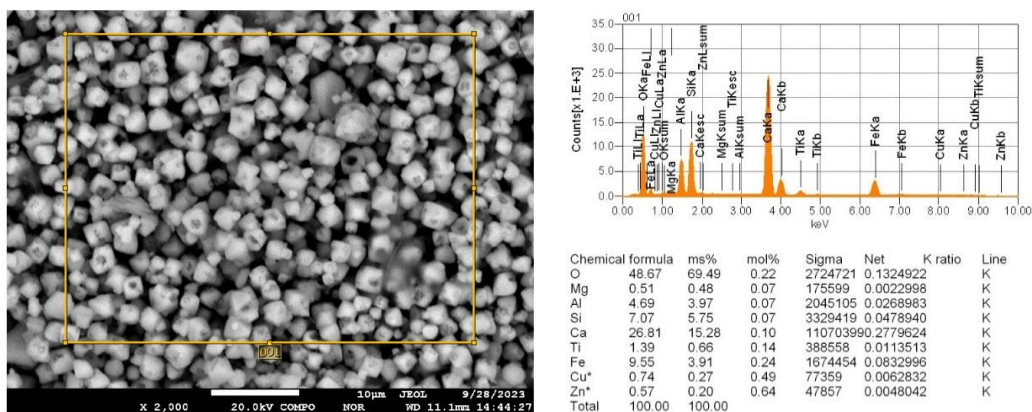


Рисунок 13. Отвальный шлак, x 2000

Диаграмма измерения размера частиц отвального шлака представлен на рисунке 14 и в таблице 2. По результатам снимка, средний размер водной суспензии составил 166.3 нм (0.17 мкм).

Таблица 2. Измерение размера частиц отвального шлама

Пик	Площадь, %	Размер частиц, нм
1	59.7	166.3
2	40.3	1·10 <sup>5</sup>

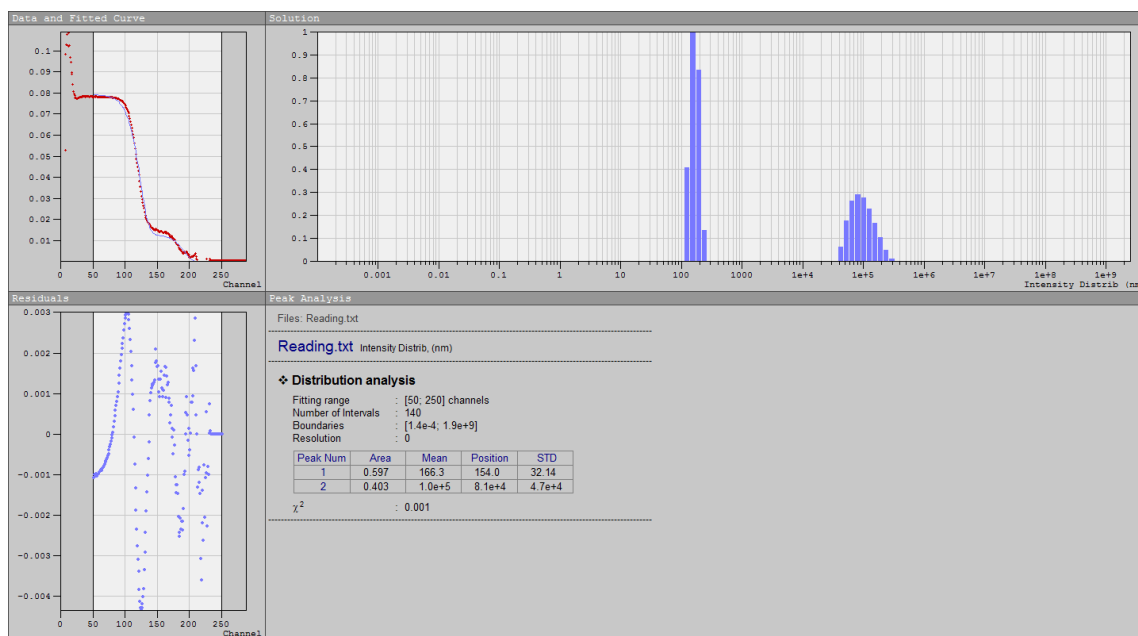


Рисунок 14. Диаграмма измерения размера частиц отвального шлама

В ходе экспериментальных исследований порошка отвального шлама установлены следующие технологические характеристики:

- удельная поверхность, 35.0 м<sup>2</sup>/г;
- средний массовый размер частиц – крипнокристаллическая часть в количестве 59.7% размером 166.3 нм и длиннопризматические кристаллы в количестве 40.3% размером 1·10<sup>5</sup> нм (0.1-0.15 мм);
- плотность при 20°С, 2.9 г/см<sup>3</sup>;
- насыпной вес 0.98 г/см<sup>3</sup>;
- микротвердость по шкале Мооса 5.8;
- цвет темно – коричневый;
- консистенция – тонко дисперсный, мягкий, легко мажущийся порошок.

Из регламентируемых ГОСТом 30108-94 (материалы и изделия строительные) только содержание железа в отвальном шламе превышает допустимый уровень, то есть полученный силикатный продукт может быть использован во всех видах строительства

#### 4. Выводы

Каолинитовую фракцию гиббсит-каолинитовых бокситов возможно переработать гидрохимическим способом путем выщелачивания в высокомолекулярном алюминатном растворе с добавлением активной формы оксида кальция, после изменения исходного фазового состава методом предварительной химической активации в растворе гидрокарбоната натрия. Извлечение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в раствор по разработанной технологии составило 89.5%.

В результате химической активации при температуре 120°С и продолжительности 180 минут произошла трансформация фазового состава: исчезли фазы гиббсита, каолинита и кварца взамен которых образовались фазы даусонита и гидроалюмосиликата натрия.

Разработан способ получения активной формы оксида кальция, включающий гашение CaO в растворе Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при повышенной температуре и давлении.

Проведены физико-химические исследования отвального шлама выщелачивания МКФ который

является силикатным продуктом технологии, который согласно ГОСТа 30108-94 (материалы и изделия строительные) может быть использован во всех видах строительства.

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке КН МОН РК по грантовому финансированию №AP14869208.

### References / Литература

- [1] Brichkin, V.N., Kurtenkov, R.V., Jeldib, A.B. & Bormotov, I.S.. (2019). Aljuminij-soderzhashhee syr'jo Egipta i perspektivy ego kompleksnoj pererabotki s polucheniem glinozjoma i poputnoj produkcii. *Cvetnye Metally I Mineraly*, 173-181
- [2] Guo, Y., Yan, K., Cui, L. & Cheng, F. (2016). Improved extraction of alumina from coal gangue by surface mechanically grinding modification. *Powder Technology*, (302), 33-41
- [3] Al-Zahrani, A.A., Abdul-Majid, M.H. (2009). Extraction of alumina from local clays by hydrochloric acid process. *Journal of King Abdulaziz University-Engineering Sciences*, 20(2), 29-41
- [4] ElDeeb, A.B.S., Brichkin, V.N. (2018). Egyptian aluminum containing ores and prospects for their use in the production of Aluminum. *International Journal of Scientific & Engineering*, 9(5), 721-731
- [5] Ibragimov, A.T., Budon, S.V. (2010). Razvitie tehnologii proizvodstva glinozema iz boksitov Kazahstana. *Pavlodar*
- [6] Dubovikov, O.A., Jaskelainen, E.E. (2016). Processing of low-quality bauxite feedstock by thermochemistry-Bayer method. *Zapiski Gornogo instituta*, (221), 668-674. <https://doi.org/10.18454/PMI.2016.5.668>
- [7] Danchuk, K.R., Belousova, N.V. (2019). Pererabotka netradicionnyh vidov aljuminij-soderzhashhego syr'ja. *Himicheskie nauki. Sovremennye issledovanija*, 6 (22)
- [8] Dubovikov, O.A. (2012). Termohimicheskoe kondicionirovanie sostava nizekache-stvennyh boksitov i ih pererabotka shhelochnymi sposobami: (doctoral dissertation). *Sankt-Peterburg*
- [9] Syrkova, L.N., Mihajlova, O.I. & Eremina, M.G. (2004). Sposob pererabotki boksitov. *Patent §13998*
- [10] Suss, A.G., Damaskin, A.A., Senyuta, A.S., Panov, A.V. & Smirnov, A.A. (2014). The influence of the mineral composition of lowgrade aluminum ores on aluminium extraction by acid leaching. *Springer International Publishing*
- [11] Balmaev, B.G., Kirov, S.S., Pak, V.I. & Ivanov, M.A. (2018). Kinetics of high-temperature hydrochloric leaching of kaolin clays of east-siberian deposits in laboratory conditions and pilot plant tests. *Tsvetnye Metally*, (3), 38-45. <https://doi.org/10.17580/tsm.2018.03.06>
- [12] Allegretta, I., Pinto, D. & Eramo, G. (2016). Effects of grain size on the reactivity of limestone temper in kaolinite clay. *Applied Clay Science*, (126), 223-234
- [13] Dubovikov, O.A, Brichkin, V.N., Ris, A.D. & Sundurov, A.V. (2018). Thermochemical activation of hydrated aluminosilicates and its importance for alumina production. *Non-ferrous Metals*, (2), 3-15. <https://doi.org/10.17580/nfm.2018.02.02>
- [14] Guo, Y., Yan, K., Cui, L., Cheng, F. & Lou, H.H. (2014). Effect of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> additive on the activation of coal gangue for alumina extraction. *International Journal of Mineral Processing*, (131), 51-57
- [15] Tang, A., Su, L., Li, C. & Wei, W. (2010). Effect of mechanical activation on acid-leaching of kaolin residue. *Applied Clay Science*, (48), 296-299
- [16] Kuang, J., Yuan, W., Li, L., Hu, J. & Xu, L. (2016). Effects of Er(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, Nd(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> and Y(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> on kinetics of dehydroxylation of kaolinite. *Powder Technology*, (301), 581-589
- [17] Souiri, A., Golestani-Fard, F., Naghizadeh, R. & Veisheh, S. (2015). An investigation on pozzolanic activity of Iranian kaolins obtained by thermal treatment. *Applied Clay Science*, (103), 34-39
- [18] ElDeeb, A.B., Brichkin, V.N., Kurtenkov, R.V. & Bormotov, I.S. (2019). Extraction of Alumina from Kaolin: a Comparative Study of Pyrometallurgical and Hydrometallurgical Processes. *Applied Clay Science*, (172), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.03.008>
- [19] Gladyshev, S.V., Kenzhaliev, B.K., Abikak, E.B., Ahmadiyeva, N.K., Djusenova, S.B., Manapova, A.I. & Bahshjan, A.I. (2023). Sposob pererabotki vysokokremnistyh aljuminievnyh rud. *Zajavka §2023/0811.2*
- [20] Bekturganov, N.S., Myltykbaeva, L.A., Tastanov, E.A., Abdulvaliev, R.A., Gladyshev, S.V. & Bejsembekova, K.O. (2015). Sposob gidrogranatovoj pererabotki krasnogo shlama. *Patent RK §27264*
- [21] Gladyshev, S.V., Abdulvaliev, R.A., Kovzalenko, V.A., Bejsembekova, K.O., Kvjatkovskaja, M.N. & Akchulakova, S.T. (2012). Razrabotka tehnologii razlozhenija trehkal'cievogo gidroalju-minata shhelochnym, sodovym i sodo-shhelochnymi rastvorami. *Kompleksnoe ispolzovanie mineral'nogo syr'a*, (2), 30-35
- [22] Abdulvaliev, R.A., Gladyshev, S.V., Pozmogov, V.A. & Imangaliev, L.M. (2017). Sposob podgotovki aljumosilikatnogo syr'ja perez vyshhelachivaniem. *Patent RK §32333*
- [23] Shaowei You, Yifei Zhang, Fangfang Chen, Shaotao Cao, Yi Zhang. (2014). Transformation of NaCaHSiO<sub>4</sub> to sodalite and katoite in sodium aluminate solution. *Hydrometallurgy*, (141), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2013.10.004>
- [24]

## Алдын ала химиялық белсендірілген жоғары кремнийлі бокситтің ұсақ дисперсті каолинит фракциясын гидрохимиялық өңдеу

С.В. Гладышев, С.Б. Дюсенова, А.И. Бахшян, Л.М. Имангалиева\*, Е.Б.Абиқақ

Металлургия және кен байыту институты, Алматы, Қазақстан

\*Корреспонденция үшін автор: [Leila.imangalieva@mail.ru](mailto:Leila.imangalieva@mail.ru)

**Андатпа.** Төмен сапалы бокситтерді қайта өңдеу үшін Байердің ең қарапайым және үнемді гидросілтілік әдісін қолдану мүмкін емес. Құрамында алюминий бар шикізатты қолдануға мүмкіндік беретін әртүрлі гидрохимиялық әдістер бар екеніне қарамастан, технологияны жетілдіру мәселесі өзекті болып табылады. Жұмыста бокситтің каолинит фракциясын алдын-ала химиялық белсендірумен гидрохимиялық әдіспен қайта өңдеу мүмкіндігі және жоғары модульді айналымды алюминий ерітіндісінде сілтілеу кезінде кальций оксидінің белсенді түрін қолдану

арқылы жетілдіру арқылы зерттелді. Әзірленген технология алюминийді ерітіндіге жоғары тиімділікпен шығаруға, қайта өңделген сілтілеу ерітінділерін қалпына келтіруге және құрылысқа жарамды үйінді шламын алуға мүмкіндік береді. Жоғары қысымда натрий гидрокарбонатының ерітіндісінде термохимиялық өңдеу арқылы ұсақ кристалды фракцияның алдын ала химиялық белсендіруі бастапқы фазалық құрамды өзгертуге, қиын каолинит фазасын гидрохимиялық жолмен ашылуын жоюға мүмкіндік берді. Жоғары температура мен қысымда  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ерітіндісіндегі  $\text{CaO}$ -ны сөндіру арқылы кальций оксидінің белсенді түрін алудың әзірленген әдісі ұсақ кристалды фракцияны бір сатыда гидрохимиялық ашуға мүмкіндік берді. Жүргізілген зерттеулер гиббсит-каолинит бокситтерінің каолинит фракциясын натрий гидрокарбонаты ерітіндісінде алдын ала химиялық белсендіру әдісімен бастапқы фазалық құрамын өзгерткеннен кейін кальций оксидінің белсенді түрін қосып, жоғары модульді алюминий ерітіндісінде шаймалау арқылы гидрохимиялық тәсілмен тиімді өңдеу мүмкіндігін көрсетті.

**Негізгі сөздер:** боксит, каолинит, даусонит, химиялық белсендіру, гидрохимия, натрий гидрокарбонаты, фракция, трансформация, кальций оксиді.

## Гидрохимическая переработка мелкодисперсной каолиновой фракции высококремнистого боксита с предварительной химической активацией

С.В. Гладышев, С.Б. Дюсенова, А.И. Бахшян, Л.М. Имангалиева\*, Е.Б.Абикак

Институт металлургии и обогащения, Алматы, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: [Leila.imangalieva@mail.ru](mailto:Leila.imangalieva@mail.ru)

**Аннотация.** Для переработки низкокачественных бокситов невозможно использование наиболее простого и экономичного гидрощелочного способа Байера. Несмотря на то, что, существуют различные гидрохимические способы позволяющие использовать некондиционное глиноземсодержащее сырье проблема совершенствования технологий является актуальной. В работе исследована возможность переработки каолиновой фракции боксита гидрохимическим способом, путем его совершенствования за счет проведения предварительной химической активации и использования активной формы оксида кальция при выщелачивании в высокомолекулярном оборотном алюминатном растворе. Разработанная технология позволяет с высокой эффективностью извлекать алюминий в раствор, регенерировать оборотные растворы выщелачивания и получать отвальный шлам пригодный для строительства. Предварительная химическая активация мелкокриталлической фракции путем термохимической обработки в растворе гидрокарбоната натрия при повышенном давлении позволило трансформировать исходный фазовый состав, устранить трудновскрываемую гидрохимическим способом фазу каолинита. Разработанный способ получения активной формы оксида кальция методом гашения  $\text{CaO}$  в растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  при повышенных температуре и давлении позволил осуществить гидрохимическое вскрытие мелкокриталлической фракции в одну стадию. Проведенные исследования показали возможность эффективной переработки каолиновой фракции гиббсит-каолиновых бокситов гидрохимическим способом путем выщелачивания в высокомолекулярном алюминатном растворе с добавлением активной формы оксида кальция, после изменения исходного фазового состава методом предварительной химической активации в растворе гидрокарбоната натрия.

**Ключевые слова:** боксит, каолинит, даусонит, химическая активация, гидрохимия, гидрокарбонат натрия, фракция, трансформация, оксид кальция.

Received: 01 February 2024

Accepted: 15 October 2024

Available online: 31 October 2024