

арқылы тазалау операцияларын азайту үшін, титан қышқылын пирогидролиздеумен үйлестіру; алынған рутилды концентратты (85% TiO_2 , 7,66% SiO_2) натрий гидроксидімен өңдеп кремнийсіздендірілді, нәтижесінде құрамы 91-92% титан оксидінен және 1,7-2,0% кремний оксидінен тұратын сапа шартына сай рутилді концентраты алынды. Жүргізілген зерттеулер нәтижелерінің негізінде төментитанды қождан сапа шартына сай рутил концентратын алудың технологиялық сұлбасы ұсынылды.

Түйінді сөздер: титанмагнетит, титан қожы, химиялық байыту, кремнийсіздендіру, рутил

Summary

Deficit of ilmenite raw materials in the Republic of Kazakhstan for titanium slag melting challenges the search of alternative titanium-containing raw materials, titaniferous magnetites in particular. Tymlaj deposit in the South-Eastern part of Chu-Ili watershed is of particular interest, within the Karasaj ore unit with iron content of 30,4 and titanium dioxide – 10 %. And after beneficiation titaniferous magnetite concentrate contains Fe - 52,4; TiO_2 - 16,06 %. Titanium slag obtained at electric smelting of titaniferous magnetite concentrate from Tymlaj deposit was used for the studies. Slag produced at ore-thermal smelting of titaniferous magnetite consists mainly of aluminum silicates and sodium silicotitanates, magnesium and calcium titanates, titanium dioxide and lower titanium oxides. In this regard, chemical beneficiation is the main task at solving the problem of low titanium slags processing. Following operations were carried out to improve titanium slag quality: slag sintering with sodium hydroxide; cake leaching with water to remove water-soluble impurities. To reduce the number of operations impurities leaching with hydrochloric acid was combined with pyrohydrolysis of titanate acid; desilicization of produced rutile concentrate (85 % TiO_2 , 7,66 % SiO_2) was carried out by sodium hydroxide solution treatment. Finally conditional rutile concentrate with titanium dioxide content 91-92 and silica - 1,7-2,0 % was produced. Based on the results of conducted studies the process flow diagram for saleable rutile concentrate obtaining from low-titanium-containing slag was offered.

Keywords: titaniferous magnetite, titanium slag, chemical beneficiation, desilicization, rutile

Поступила 05.01.2016

УДК 669.712:666.11

Комплексное использование
минерального сырья. № 1. 2016.

Г. САРСЕНБАЙ, В. А. КОВЗАЛЕНКО, Р. А. АБДУЛВАЛИЕВ,
Н. М.-К. САДЫКОВ, Л. М. ИМАНГАЛИЕВА*

*АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения»,
Алматы, *mer-pa@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЩЕЛОЧНОГО РАСТВОРА НА ПРОЦЕСС ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ГЛИНИСТОЙ ФРАКЦИИ КАОЛИНИТОВОЙ ГЛИНЫ АЛЕКСЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Результаты физико-химического исследования каолиновой глины Алексеевского месторождения свидетельствуют о том, что она принадлежит к песочной группе и пригодна для получения силикатных продуктов и концентрата оксида алюминия. Разделение каолиновой глины с получением песчаной и глинистой фракций проведено путем отмучивания. Песчаная фракция, содержит монофазу кварца. При исследовании обогащенной глинистой фракции найдено, что она включает следующие фазы, %: каолинит - 63,2; кварц - 21,6; мусковит - 15,3. Проведено изучение влияния концентрации гидроксида натрия ($[\text{Na}_2\text{O}]$ - 30-190 г/дм³) на процесс выщелачивания глинистой фракции. Процесс вели при температуре 90 °С, продолжительности 60 мин и соотношении Ж : Т = 10 : 1. В результате выщелачивания глинистой фракции каолиновой глины установлено, что извлечение оксидов кремния и алюминия в раствор сравнительно мало. В этой связи был проведен обжиг глинистой фракции при температуре 1050 °С и продолжительности процесса 90 мин, при котором происходило разложение фракции на следующие составляющие, %: кварц - 75,3; муллит - 23,7 и кристобалит - 0,9. При этом по результатам рентгенофазового анализа, основная фаза глины - каолинит ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) преобразуется в активную форму оксида кремния, растворимую в щелочном растворе, а оксид алюминия стабилизируется в реакционно-пассивный муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Анализ растворов и кеков после выщелачивания обожженной глинистой фракцией показал, что селективное извлечение оксида кремния SiO_2 в раствор гидроксида натрия и концентрирование оксида алюминия Al_2O_3 в кеке происходит при концентрации Na_2O - 110 г/дм³. Таким образом, выщелачивание глинистой фракции без предварительного обжига нецелесообразно для селективного извлечения кремнезема.

Ключевые слова: каолиновая глина, оксид кремния, оксид алюминия, раствор гидроксида натрия, извлечение, кремнезем, выщелачивание, обжиг.

Введение. Комплексная переработка некондиционного глиноземсодержащего сырья гидротермальным щелочным методом позволяет эффективно извлекать и использовать содержащиеся в сырье ценные компоненты: оксиды алюминия, кремния, галлия, железа, что является важным и актуальным направлением. Особенностью алюмосиликатного сырья, а также глин Казахстана является повышенное содержание в них оксида кремния, которое в два-три раза превышает концентрацию оксида алюминия. Содержащийся в глине кремнезем может служить сырьем для получения различных силикатных продуктов, например, жидкого стекла. С целью расширения области применения жидких стекол и получения на их основе покрытий, связующих веществ, композиционных и других материалов с повышенной прочностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками разрабатываются составы жидких стекол, модифицированные различными добавками, обладающие повышенными характеристиками по сравнению с исходным жидким стеклом. Из-за его особых физико-химических и эксплуатационных свойств модифицированное жидкое стекло широко применяется в различных отраслях промышленности, потребность в нем постоянно возрастает, что имеет важное экономическое значение [1 - 2].

В настоящее время, модифицированное жидкое стекло получают из обычного жидкого стекла с использованием модификаторов, что приводит к потере ценных товарных продуктов и является экономически нецелесообразным [3 - 5].

Предлагается комплексная переработка каолиновых глин с получением модифицированного жидкого стекла. Переработка каолиновых глин осуществляется путем их выщелачивания с получением раствора силиката натрия (жидкого стекла) и концентрата оксида алюминия. Раствор силиката натрия подвергается дальнейшей обработке с введением различных модификаторов с целью получения модифицированного жидкого стекла. Глиноземный концентрат, образовавшийся после выщелачивания, направляется на производство глинозема [6 - 7].

Концентрация щелочного раствора является одним из важных факторов для выщелачивания каолиновых глин при комплексной переработке. Проведены физико-химические исследования каолиновой глины Алексеевского месторождения и влияния концентрации раствора гидроксида натрия на процесс выщелачивания [8 - 9].

Литературные данные показали, что обожженный каолинит хорошо растворяется в щелочных растворах. Но, вместе с тем, имеются противоречивые сведения о растворении одного из основных компонентов глины – кремнезема в щелочных растворах. Некоторые авторы считают, что кремнезем (α -кварц) не растворяется в крепких щелочно-алюминатных растворах; по данным других авторов, при достаточно тонком измельчении растворимость кварца не уступает растворимости геля кремнекислоты.

Экспериментальная часть. *Методы исследования.* Идентификацию компонентов исходной каолиновой глины и ее обожженной глинистой фракции, кеков после ее выщелачивания осуществляли полуколичественными рентгенофазовым и рентгенофлуоресцентным методами анализа. Для этого были использованы рентгеновский дифрактометр D8 ADVANCE «BRUKER» (Германия) с α -Co излучением и рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр Axios (Голландия), соответственно. Концентрацию оксида кремния, оксида алюминия и оксида натрия в растворе определяли методом титрования.

Объект исследования, реагенты. Для исследования использована каолиновая глина Алексеевского месторождения Казахстана. Балансовый запас месторождения по категории А+В+С составляет около 60 миллионов тонн [10]. Для выщелачивания алюмосиликатного сырья использован раствор гидроксида натрия с концентрацией Na_2O от 30 до 190 г/дм³.

Известно, что растворимость каолинита в щелочных растворах зависит от генетического происхождения и морфологии пробы, а также от условий переработки.

Методика обработки каолиновой глины. Опираясь на литературные данные и учитывая минералогический состав алюмосиликатного сырья - каолиновой глины Алексеевского месторождения Казахстана, проведены исследования исходной каолиновой глины и ее фракций без предварительного обжига и после обжига ее обожженной глинистой фракции. Обжиг проводили при температуре 1050 °С в течение 90 мин.

Учитывая минералогические особенности каолиновой глины, содержащей избыток кварцевой фракции (кварц - 67,5 %), исходная проба первоначально подвергалась отделению от песчаной

фракции путем отмучивания каолинистых глин проточной водой при комнатной температуре.

Выделенная кварцевая фракция направляется на дальнейшую переработку для получения керамики и других силикатных продуктов.

Обогащенная глинистая фракция после отмучивания является сырьем для получения раствора силиката натрия и концентрата оксида алюминия.

Эксперименты по выщелачиванию обогащенной глинистой фракции до и после обжига проводили в жидкостном термостате. В него помещали цилиндр из нержавеющей стали, в который загружали навеску глинистой фракции, рассчитанную в соотношении Ж : Т = 10 : 1; заливали щелочной раствор объемом 0,1 дм³ и осуществляли механическое перемешивание пульпы со скоростью вращения мешалки 500 об/мин. Были использованы щелочные растворы с различной концентрацией Na₂O – 30, 70, 110, 150, 190 г/дм³. Перемешивание продолжалось в течение 60 мин при температуре 90 °С.

После выщелачивания и фильтрации полученный силикатный раствор анализировали на содержание основных компонентов - Al₂O₃, SiO₂ и Na₂O. Кек отфильтровывали от силикатного раствора на центрифуге со скоростью 3000 об/мин и после промывки от щелочи и сушки подвергали химическому, рентгенофазовому и рентгенофлуоресцентному анализам.

Обсуждение полученных результатов. Согласно ранее проведенным исследованиям [9] исходная проба Алексеевского месторождения содержала, %: Al₂O₃ - 19,3; SiO₂ - 69,6; Fe₂O₃ - 0,97; Na₂O - 0,15; S₂O₃ - 0,01; K₂O - 0,6; потери при прокаливании (п.п.п.) - 6,3; кремневый модуль (μ_{Si}) - 0,28. Минералогический состав пробы по данным рентгенофазового (РФ) анализа включал фазы: кварц - 67,5 %, каолинит - Al₂(Si₂O₅)(OH)₄ - 31,4 %, мусковит - KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH,F)₂ - 1,1 %

После отмучивания каолинистой глины водой ранее [9] была получена фракция песка, содержащая по данным РФ анализа ~ 100 % кварца и глинистая фракция состава: %, Al₂O₃ - 31,2; SiO₂ - 51,6; Fe₂O₃ - 0,53; Na₂O - 0,095; K₂O - 1,5; п.п.п. 6,3; μ_{Si} - 0,6. По данным РФ анализа глинистая фракция имеет следующий состав, %: каолинит - 63,2; кварц - 21,6; мусковит - 15,3.

В продолжение ранее проведенных исследований полученная глинистая фракция подвергалась выщелачиванию раствором гидроксида натрия с различной концентрацией Na₂O (30, 70, 110, 150, 190 г/дм³).

В результате выщелачивания глинистой фракции каолинистой глины, не подвергавшейся обжигу, раствором щелочи установлено, что извлечение оксидов кремния и алюминия в раствор сравнительно мало. Так, раствор гидроксида натрия с исходной концентрацией 70 г/дм³ содержит: SiO₂ - 2,3 г/дм³ и Al₂O₃ - 1,92 г/дм³ (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты выщелачивания глинистой фракции раствором гидроксида натрия

Концентрация Na ₂ O, г/дм ³	Состав раствора, г/дм ³			Извлечение, %	
	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
30	27,5	1,55	2,0	3,7	4,8
70	65,0	1,92	2,3	4,1	5,6
110	95	2,57	2,5	4,3	7,0
150	130	2,95	2,8	4,6	8,0
190	162,5	2,95	3,0	4,8	7,8

В растворе с концентрацией Na₂O - 190 г/дм³ содержание кремнезема и оксида алюминия также составило малую величину: SiO₂ - 3,0 г/дм³, Al₂O₃ - 2,95 г/дм³. Это свидетельствует о том, что при выщелачивании глинистой фракции раствором гидроксида натрия кремнезем, содержащийся в пробе, почти не растворяется, т.е. выщелачивание глинистой фракции каолинистой глины для селективного извлечения кремнезема нецелесообразно.

В связи с этим проба глинистой фракции подвергалась обжигу в течение 90 мин при температуре 1050 °С. После обжига получена обожженная глина химического состава, %: Al₂O₃ - 33,6; SiO₂ - 55,6; Fe₂O₃ - 0,37; Na₂O - 0,06; K₂O - 1,82; п.п.п. 0,47. Кремневый модуль остался на прежнем уровне - 0,6.

По результатам РФ анализа, после обжига глинистая фракция имеет следующий фазовый состав: кварц – 75,3 %, муллит – 23,7 % и кристобалит 0,9 %. Основной фазой глинистой фракции является каолинит. Это показывает, что после обжига каолинит (Al₂(Si₂O₅)(OH)₄) глинистой фракции разложился на кварц, кристобалит и муллит, т.е. оксид кремния в основном преобразовался в активную форму - растворимую в щелочном растворе, а оксид алюминия стабилизировался в реакционно-пассивный муллит (3Al₂O₃×2SiO₂) (рисунок 1).

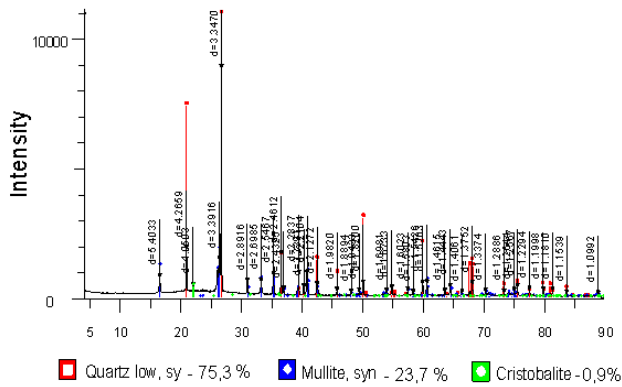


Рисунок 1 - Дифрактограмма обожженной глинистой фракции

Результаты выщелачивания обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия различной концентрации представлены на рисунке 2.

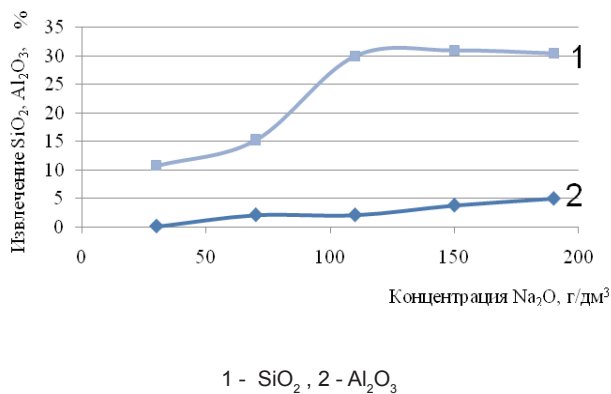


Рисунок 2- Извлечение кремнезема и оксида алюминия в раствор гидроксида натрия в зависимости от концентрации Na₂O

Как показывают результаты исследований с повышением концентрации Na₂O от 30 до 110 г/дм³ извлечение кремнезема (кривая 1) из обожженной глинистой фракции каолиновой глины в раствор увеличивается с 10,8 до 30,0 %; извлечение Al₂O₃ (кривая 2) происходит очень незначительно и составляет при 30 г/дм³ - < 0,1 %, при 110 г/дм³ - 2,1 %.

При выщелачивании обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия с концентрацией 150 г/дм³ извлечение SiO₂ составило 31,0 %; при дальнейшем увеличении концентрации Na₂O до 190 г/дм³ за счет растворения оксида алюминия происходит снижение извлечения SiO₂ в раствор до 30,2 %.

Также с увеличением концентрации Na₂O от 150 до 190 г/дм³ происходит увеличение извлечения Al₂O₃ в жидкую фазу от 3,8 до 5,0 %.

В таблице 2 приведен химический состав обожженной глинистой фракции каолиновой глины и состав кеков, полученных в результате выщелачивания обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия различной концентрации

Таблица 2 - Химический состав обожженной глинистой фракции и кеков после ее выщелачивания раствором гидроксида натрия с концентрацией Na₂O от 30 до 190 г/дм³

Продукт/ Условия обработки	Содержание компонентов, %							Крем- невый модуль
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	
обожженная глинистая фракция	0,17	0,24	29,4	48,2	1,78	0,10	0,56	0,61
концен- трация, Na ₂ O, г/дм ³	кеки после выщелачивания							
30	0,3	0,27	30,8	47,3	1,41	0,16	0,6	0,65
70	0,26	0,32	34,6	44,8	1,05	0,15	0,72	0,77
110	0,20	0,32	39,7	42,0	0,68	0,19	0,72	0,95
150	0,65	0,33	40,2	42,0	0,58	0,18	0,70	0,97
190	0,18	0,30	38,6	43,2	0,76	0,19	0,7	0,89

Из результатов экспериментов (таблица 2) видно, что после выщелачивания обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия с концентрацией Na₂O - 110 г/дм³ содержание Al₂O₃ в твердой фазе повышается с 29,4 % до 39,7 %, содержание SiO₂ снижается с 48,2 % до 42,0 %. При этом кремневый модуль твердой фазы повышается с 0,61 до 0,95. При выщелачивании глины раствором гидроксида натрия с концентрацией Na₂O - 150 г/дм³ степень концентрирования Al₂O₃ в твердой фазе почти не изменяется и составляет 40,2 %; кремневый модуль - 0,97. После выщелачивания глины раствором Na₂O с концентрацией 190 г/дм³ содержание Al₂O₃ в твердой фазе снижается до 38,6 %. Отмечено, что при этом содержание SiO₂ в твердой фазе повышается до 43,2 %.

В процессе выщелачивания обожженной глины раствором гидроксида натрия происходит растворение кремнекислоты и образование гидроалюмосиликата натрия. В начале процесса скорость растворения оксида кремния намного превышает скорость образования гидроалюмосиликата натрия, т.е. кремнезем, содержащийся в глине (при концентрации Na₂O 30 - 110 г/дм³), переходит в раствор. При увеличении концентрации Na₂O до 150 и 190 г/дм³ идет вскрытие твердой фазы (муллит) и в раствор переходит оксид

алюминия.

Дифрактограмма кека, полученного после выщелачивания обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия с концентрацией Na_2O - 110 г/дм³, представлена на рисунке 3. По данным РФ анализа кек имеет следующий фазовый состав, %: кварц – 57,8; муллит – 40,7; оксид кремния – 1,5.

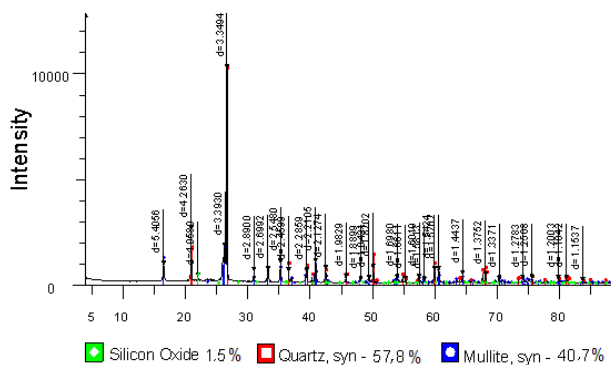


Рисунок 3 - Дифрактограмма кека, полученного после выщелачивания обожженной глинистой фракции ($[\text{Na}_2\text{O}]$ - 110 г/дм³)

Таким образом, установлено, что оптимальной концентрацией выщелачивания обожженной глинистой фракции каолиновой глины Алексеевского месторождения для селективного извлечения оксида кремния является концентрация Na_2O - 110 г/дм³. Дальнейшее повышение концентрации гидроксида натрия приводит к растворению и извлечению Al_2O_3 в раствор.

Полученные результаты являются основой для разработки комплексной щелочной переработки каолиновой глины с целью получения раствора силиката натрия и концентрата оксида алюминия.

Выводы. Установлено, что каолиновая глина Алексеевского месторождения принадлежит к песочной группе и пригодна для использования с целью получения силикатных продуктов и концентрата оксида алюминия. Проведено разделение песчаной и глинистой фракций и осуществлен обжиг последней при 1050 °С в течение 90 мин. Найдено, что в результате обжига основной компонент каолиновой глины - каолинит ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) разлагается на кварц, кристобалит и муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$). Показано, что лучшие результаты селективного извлечения оксида кремния в раствор и концентрирования оксида

алюминия в кеке достигаются при выщелачивании обожженной глинистой фракции раствором гидроксида натрия концентрацией $[\text{Na}_2\text{O}]$ - 110 г/дм³ (при 90 °С, в течение 60 мин и соотношении Ж : Т = 10 : 1). Найдено, что без предварительного обжига выщелачивание глинистой фракции с целью селективного извлечения кремнезема нецелесообразно. Таким образом, найдена оптимальная концентрация раствора гидроксида натрия для разделения оксидов кремния и алюминия глинистой фракции. Выделенная песчаная фракция может быть использована для получения силикатных продуктов и представляет собой объект для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов В.Я., Стельмакова Г.Д., Николаев И.В. Физико-химические основы комплексной переработки алюмосиликатного сырья (щелочные способы). - М: Metallurgy, 1985. - 286 с.
- 2 Корнев В.И., Данилов В.В. Производство и применение растворимого стекла. - Л.: Стройиздат, 1991. - 252 с.
- 3 Кан Юн, Хоу Шиаухуй, Цай Шюжуань. Развитие исследования и применение композитного материала силиката натрия // Летучая зола. - 2011. - № 1. - С. 36-39 (оригинал на китайском языке).
- 4 Пат. 2446100 РФ. Способ модифицирования жидкого стекла / Ковалева Т.В., Киселева Л.В., Емельянова О.Н.; опублик. 27.03.2012. Бюл № 3.
- 5 Боева Н.В. Теоретические предпосылки изготовления эффективных керамических изделий на основе микрокремнезема и модифицированного жидкого стекла. [Электрон. ресурс] – 2012- URL: www.brstu.ru/images/stories/section/facultets/fmp/konf/ (дата обращения - 23.02.2015)
- 6 Сарсенбай Г., Мылтыкбаева Л.А., Абдулвалиев Р.А., Ковзаленко В.А. Гидрохимическая переработка концентрата оксида алюминия // Цветные металлы Синьцзяня, - 2012. - № 1. - С. 63 – 65 (оригинал на китайском языке).
- 7 Пат. 23972 РК. Способ переработки глины / Сарсенбай Г., Мылтыкбаева Л.А., Ковзаленко В.А., Бейсембекова К.О., Сатылганова С.Б. ; опублик. 16.05.2011. Бюл № 5.
- 8 Шамриков А.С. Возможности обогащения каолинов месторождения Журавлиный Лог // Стекло и керамика. - 2001. - № 7. - С. 24 – 27.
- 9 Ковзаленко В.А., Сарсенбай Г., Садыков Н.М.-К., Имангалиева Л.М. Каолины - некондиционное алюмосиликатное сырье // Комплексное использование минерального сырья. - 2015. - № 3. - С. 32 - 37.
- 10 Файзуллин В.А. Условия образования и размещения месторождений каолина в коре выветривания Кокчетавской глыбы: автореф..... канд. геол.-минералог. наук: 04.00.14. - Москва, Россия. 1984. - С. 24.

REFERENCES

- 1 Abramov V.Ya., Stel'makova G.D., Nikolaev I.V. *Fiziko-khimicheskie osnovy kompleksnoj pererabotki alyumosilikatnogo syr'ya (shchelochnye sposoby)* (Physical and chemical bases of complex processing of aluminosilicate raw materials (alkaline methods). Moscow: Metallurgy, 1985. 286. (in Russ.)

2 Kornev V.I., Danilov V.V. *Proizvodstvo i primeneniye rastvorimogo stekla* (Production and use of the soluble glass). Leningrad: Strojizdat, **1991**. 252. (in Russ.)

3 Kan Yun, Khou Shiauhuj, Tsaj Shyuzhuan'. *Razvitie issledovaniya i primeneniya kompozitnogo materiala silikata natriya* (The development of research and application of sodium silicate composite material). *Letuchaya zola = Flue ash*. **2011**. 1. 36-39. (in Chin.).

4 Pat. 2446100 RU. *Sposob modifitsirovaniya zhidkogo stekla* (Method of liquid glass modifying). Kovaleva T.V., Kiseleva L.V., Emel'yanova O.N. ;opubl. 27.03.**2012**. 3. (in Russ.)

5 Boeva N.V. *Teoreticheskie predposylki izgotovleniya ehffektivnykh keramicheskikh izdelij na osnove mikrokremneze-ma i modifitsirovannogo zhidkogo stekla* (Theoretical background of production of effective ceramic products on base of micro-silica and modified liquid glass). [Electron. resource] – **2012**- URL: www.brstu.ru/images/stories/section/facultets/fmp/konfl (date of access – 23.02.**2015**.). (in Russ.)

6 Sarsenbaj G., Myltykbaeva L.A., Abdulvaliev R.A., Kovzalenko V.A. *Gidrokhimicheskaya pererabotka kontsentrata oksida alyuminiya* (Hydrochemical processing of alumina concentrate).

Tsvetnye metally Sin'tsyanay = Nonferrous metals of Xinjiang, **2012**. 1. 63 – 65. (in Chin.)

7 Pat. 23972 RK. *Sposob pererabotki gliny* (The method for processing clay). Sarsenbay G. Myltykbaeva L.A., Kovzalenko V.A., Beysembekova K.O., Satylganova S.B.;publ. 16.05.**2011**. 5. (in Russ.)

8 Shamrikov A.S. *Vozmozhnosti obogashcheniya kaolinov mestorozhdeniya Zhuravlinyj Log* (Possibility of kaolin enrichment of Zhuravlinyj Log deposit). *Steklo i keramika = Glass and ceramics*. **2001**. 7. 24 – 27. (in Russ.)

9 Kovzalenko V.A., Sarsenbaj G., Sadykov N.M-K., Imangaliyeva L.M. *Kaoliny - nekonditsionnoe alyumosilikatnoe syr'e* (Kaolins – ill-conditioned silica-alumina raw material). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources*. **2015**. 3. 32 - 37. (in Russ.)

10 Fajzullin V.A. *Usloviya obrazovaniya i razmeshcheniya mestorozhdenij kaolina v kore vyvetrivaniya Kokchetavskoj glyby* (Conditions of formation and placing of kaolin deposits in Kokchetav block's residual soil): avtoref. dissertatsii ... kand. geol.-mineral. nauk (abstract of a thesis... for candidate of geol.-miner. sci.): 04.00.14. Moscow, Russia. **1984**, 24. (in Russ.)

Түйіндеме

Алексеев кен орнының каолинитті саз балшығына жүргізілген физика-химиялық зерттеу нәтижелері каолинитті саз балшық құм құрамды шикізат тобына тиеселі болып, одан силикатты өнімдер және алюминий оксиді концентратын алуға болатындығы дәлелденді. Жуу тәсілі арқылы каолинитті саз балшық құм және балшық фракциясына ажыратылды. Құм фракциясы монофаза – шынытастан (кварцтан) құралған. Байытылған саз балшық фракциясы 63,2 % каолинит, 21,6 % шынытас және 15,3 % мусковит фазаларын қамтитындығы сараптау нәтижесінен анықталды. Натрий гидроксиді ерітіндісі концентрациясының ($[Na_2O]$ - 30-190 г/дм³) саз балшық фракциясын ерітінділеу үрдісіне әсері зерттелді. Үрдіс температура 90 °С, ерітінділеу ұзақтығы 60 мин, сұйықтық пен қатты заттың ара қатынасы С : Қ = 10 : 1 болатын жағдайда орындалды. Каолинитті саз балшық құрамынан алынған саз балшық фракциясын ерітінділеу нәтижесі кремний оксиді және алюминий оксидінің ерітіндіге салыстырмалы түрде аз өтетіндігі анықталды. Осы тұрғыдан саз балшық фракциясы 1050°С температура жағдайында 90 минут ұзақтықта күйдіріліп, нәтижеде 75,3 % шынытас, 23,7 % муллит және 0,9 % кристобалитке ыдырады. Рентгенфазалық талдау (анализ) нәтижесіне негізделгенде, онда саз балшықты негізгі құраушы фаза - каолинит ($Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$) кремний оксидінің сілтіде ерігіш актив күйіне өзгерсе, ал, алюминий оксиді реакцияға нашар кірісетін муллит ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) күйінде тұрақтанады. Күйдірілген саз балшықты ерітінділеуден алынған ерітінді және қоқырды сараптау нәтижесі кремний оксидінің таңдамалы түрде ерітіндіге өту жағдайы Na_2O -ның концентрациясы 110 г/дм³ болған кезде байқалатындығын көрсетеді. Сонымен, саз балшық фракциясын алдын ала күйдіруден өткізбей ерітінділеу, кремнеземді таңдамалы түрде ерітіндіге өткізу үшін тиімсіз болып табылады.

Түйін сөздер: каолинді саз балшық, кремний оксиді, алюминий оксиді, натрий гидроксидінің ерітіндісі, бөліп алу, ерітінділеу, күйдіру.

Summary

Results of the physicochemical studies of kaolinite clay from Alekseev deposit indicates that this clay belongs to the group of sandy, and is useful for preparing silicate products and alumina concentrate. Separation of kaolinite clay to obtain sand and clay fractions carried out by elutriation. The sand fraction comprises a monophase of quartz. At the study of enriched clay fraction was found that it includes the following phases, %: kaolinite - 63.2; quartz - 21.6; muscovite - 15.3. The effect of the concentration of sodium hydroxide ($[Na_2O]$ 30 - 190 g/dm³) to leaching the clay fraction were studied. The process was carried out at a temperature of 90 °C, duration 60 minutes and a ratio L : S = 10: 1. As a result of leaching of the clay fraction of kaolin clay it was found that the extraction of silica and alumina into the solution is relatively small. In this connection, calcining of the clay fraction was carried out at a temperature 1050 °C and duration 90 min. As a result of calcining the clay fraction decomposed into quartz - 75.3 %, mullite - 23.7 % and cristobalite - 0.9 %. At that, according to the results of X-ray diffraction, the main phase of clay - kaolinite ($Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$) transforms to the active form of silicon oxide, soluble in an alkaline solution and the aluminum oxide stabilizes into reaction passive mullite ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). Analysis of the solutions and cakes after leaching of calcined clay fraction showed that selective extraction of silicon oxide SiO_2 into the solution of sodium hydroxide and concentration of aluminum oxide Al_2O_3 in cake occurs at the Na_2O concentrations 110 g/dm³. Thus, leaching of the clay fraction without preliminary calcining is inexpedient for selective extraction of silica.

Key words: kaolinite clay, silicon oxide, alumina, silica, sodium hydroxide solution, concentration, extraction, leaching, calcining.

Поступила 06.11.2015.