

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БАЙЕРИТА ИЗ КАОЛИНОВЫХ ГЛИН МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЧАШМА-САНГ» РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Н.А. Наимов¹

У.М. Мирсаидов²

Х.А. Мирпочаев¹

А.А. Аслонов¹

С.М. Шокаримов¹

nosser2016@outlook.com

ulmas2005@mail.ru

mir4646@mail.ru

aslonov04061997@mail.ru

sirojshokarimov@mail.ru

¹ ГУ «НИИМ» ОАО «ТалКо», Душанбе, Республика Таджикистан

² Агентство по ХБРЯ-безопасности НАНТ, Душанбе, Республика Таджикистан

Аннотация

Приведены результаты исследований щелочной обработки сульфатсодержащего раствора, состоящего в основном из сульфатов алюминия и железа, с использованием сульфатизации каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» с целью получить гидроксид алюминия. В лаборатории изучен процесс щелочной обработки сульфатсодержащего раствора в зависимости от температуры, продолжительности процесса, концентрации гидроксида натрия и каустического модуля. Определено, что при температуре 85 °С, времени процесса 30 мин, концентрации гидроксида натрия 10 % и каустического модуля 3,0 степень извлечения тетрагидроксоалюмината натрия в раствор составляет более 99 %, осаждение гидроксида железа — более 98 %, а оставшееся количество примесного гидроксида алюминия в составе гидроксида железа — 0,9 %. Карбонизацией раствора тетрагидроксоалюмината натрия получен гидроксид алюминия, в котором содержание Al(OH)₃ составляет более 99 %. Рентгенофазовым анализом установлено, что полученный гидроксид алюминия соответствует минералу байерит (номер по картотеке PDF 74-1119). Согласно результатам физико-химического анализа, полученный гидроксид алюминия соответствует требованиям ГОСТ 11841-76 для гидроксида алюминия технического и ТУ 1711-001-00658716-99. На основе лабораторных исследований разработана принципиальная технологическая схема переработки

Ключевые слова

Сульфат алюминия, каолиновая глина, месторождение «Чашма-Санг», сульфатизация, гидроксид алюминия, байерит, гидроксид железа, буркеит

каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» в целях получения гидроксида алюминия. В соответствии с результатами проведенных исследований и разработанной технологической схемой в цехе газоочистки ОАО «ТалКо» опробована технология сульфатизации каолиновых глин и щелочной обработки сульфатсодержащего раствора с получением опытного количества гидроксида алюминия

Поступила 22.04.2024

Принята 12.09.2024

© Автор(ы), 2025

Работа выполнена при финансовой поддержке ОАО «ТалКо»

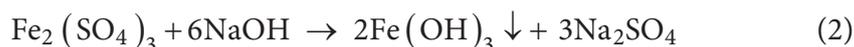
Введение. В промышленности гидроксид алюминия в основном используется для производства глинозема, коагулянтов, криолита, фторида алюминия и др. [1–4]. Гидроксид алюминия в промышленных масштабах получают способом Байера из высококачественных бокситов [5], запасы которых со временем истощаются. Нехватка высококачественных бокситов мотивирует ученых исследовать альтернативные варианты и методы производства гидроксида алюминия, используя высококремнистые, низкокачественные глиноземсодержащие руды¹ [6–10]. В Республике Таджикистан есть несколько месторождений низкокачественных глиноземсодержащих руд, таких как каолиновая глина «Зидди» и «Чашма-Санг», мусковит-ставролитовые сланцы «Курговад», нефелиновые сиениты «Турпи» и др., запасы которых имеют промышленное значение [11, 12].

Цель работы — исследование возможности использования высококремнистых, низкокачественных местных глиноземсодержащих руд для получения гидроксида алюминия — байерита в лабораторных и опытно-промышленных условиях. Таким образом, на основе проведенных лабораторных и опытно-промышленных исследований по получению сульфата алюминия (неочищенных и очищенных коагулянтов) из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» сульфатизацией проведены лабораторные и полупромышленные исследования по технологии получения гидроксида алюминия [13–15].

Материалы и методы решения задач. Исследуемая проба каолиновой глины месторождения «Чашма-Санг» имеет химический состав (% (масс.)): SiO₂ 62,1; Al₂O₃ 20,5; Fe₂O₃ 6,9; K₂O 0,5; CaO 1,8; MgO 0,8; Na₂O 0,6; П.П.П 6,1. Наличие минералов каолинита, кварца и магнетита подтверждено рентгенофазовым анализом (РФА). Исходя из химического и минералогического

¹ Логинова И.В., Шопперт А.А., Рогожников Д.А., и др. Производство глинозема и экономические расчеты в цветной металлургии, Екатеринбург, Изд-во УМЦ УПИ, 2016.

составов, при сульфатизации каолиновых глин образуется несколько различных сульфатов, в основном сульфат алюминия и сульфат железа [15]. Таким образом, при щелочной обработке сульфатсодержащего раствора протекают следующие химические реакции:



Согласно реакциям, при щелочной обработке сульфатсодержащего раствора образуется раствор тетрагидроксоалюмината натрия (1) и осадок гидроксида железа (2).

Результаты и их обсуждение. Для подтверждения протекания процесса щелочной обработки сульфатсодержащего раствора, химических реакций, а также установления технологических параметров в лабораторных условиях проведены исследования влияния температуры, времени процесса, концентрации гидроксида натрия и каустического модуля на степень извлечения алюмината натрия и гидроксида железа, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Степень извлечения алюмината натрия (в пересчете на Al_2O_3)
и гидроксида железа при щелочной обработке**

Параметры щелочной обработки				Степень извлечения $\text{NaAl}(\text{OH})_4$, %	Степень извлечения гидроксида железа в осадок, %		
t , °C	τ , мин	C_{NaOH} , %	Каустический модуль		$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3$ в виде примеси	
25	15	50	1,0	24,6	98,01	74,5	
45				38,5	97,52	60,6	
65				47,8	98,51	51,3	
85				52,7	98,53	46,4	
85	10			50,6	98,71	48,5	
	20			57,8	98,85	41,3	
	25			68,4	98,73	30,7	
	30			71,7	98,79	27,4	
	30			10	72,6	98,54	26,5
				20	71,8	98,61	27,3
				30	68,5	98,98	30,6
				40	63,1	98,21	35,8
	10	1,5	81,3	98,81	17,8		
		2,0	85,7	98,54	13,4		
2,5		92,3	98,74	6,8			
85	30	10	3,0	99,1	98,81	0,9	

По данным табл. 1, при изменении температуры 25...85 °С степень извлечения алюмината натрия в раствор увеличивается с 24,6 до 52,7 %. При этом степень извлечения гидроксида железа остается неизменной (98 %), а растворимость находящегося в виде примеси гидроксида алюминия в составе гидроксида железа возрастает, тем самым его содержание в осадке уменьшается с 74,5 до 46,4 %. При увеличении времени процесса с 10 до 30 мин наблюдалось увеличение степени извлечения раствора алюмината натрия с 50,6 до 71,7 %, содержание гидроксида алюминия в составе гидроксида железа снижалось с 48,5 до 27,4 %. Установлено, что увеличение концентрации гидроксида натрия приводит к образованию насыщенного раствора алюмината натрия, который разлагается с образованием гидроксидов алюминия и натрия. В то же время при образовании насыщенного раствора сульфата натрия процесс фильтрации гидроксида железа становится затруднительным. Поэтому целесообразно использовать 10%-ный раствор гидроксида натрия.

В технологии производства гидроксида алюминия важную роль играет каустический модуль (молярное соотношение оксида натрия к оксиду алюминия), значение которого изменяли от 1,0 до 3,0. Установлено, что при увеличении каустического модуля содержание примесного гидроксида алюминия в составе гидроксида железа уменьшается с 17,8 до 0,9 %, при этом степень извлечения алюмината натрия в раствор увеличивается с 81,3 до 99,1 %. Оптимальные параметры процесса щелочной обработки растворов сульфата алюминия и сульфата железа следующие: температура 85 °С, время процесса 30 мин, концентрация гидроксида натрия 10 %, каустический модуль 3,0. В таких условиях степень извлечения алюмината натрия в раствор составляет более 99 %, осаждение гидроксида железа — более 98 %, а оставшееся количество примесного гидроксида алюминия в составе гидроксида железа — 0,9 %.

После определения оптимальных параметров процесса щелочной обработки сульфатсодержащего раствора проведен РФА твердой части гидроксида железа. На рентгенограмме не появляются линии, что указывает на образование аморфного гидроксида железа. Гидроксид железа после проковки можно использовать при выплавке чугуна, в качестве катализатора при производстве аммиака, компонента керамики, цветных цементов и минеральных красок, катализатора в нефтехимической промышленности, полирующего средства (красный крокус) для стали и стекла, при термитной сварке стальных конструкций, для получения катализированного карамельного топлива, как основной компонент железного сурика и пр. [16–18].

После фильтрации гидроксида железа жидкую часть, состоящую из раствора алюмината натрия и сульфата натрия, подвергли карбонизации. При карбонизации раствора алюмината натрия возможно протекание следующих реакций:



Процесс карбонизации проведен при комнатной температуре в течение 30 мин и расходе углекислого газа 1 л/мин. После карбонизации раствора алюмината натрия и получения гидроксида алюминия в виде осадка его твердая часть подвергнута химическому анализу, результат которого приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Сравнение химического состава образца
и стандартного гидроксида алюминия**

Массовая доля, %	Норма для марок				Испытуемый образец гидроксида алюминия
	Гидроксид алюминия ТУ 1711-001-00658716-99				
	ГД 15	ГД 12	ГД 6	ГД 1	
Al(OH) ₃ , не менее	84	87	93	98	99,2
SiO ₂ , не более	0,08	0,08	0,1	0,1	0,06
Fe ₂ O ₃ , не более	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Влаги, не более	15,0	12,0	6,0	1,0	0,4

Для подтверждения результатов химического анализа и установления минералогического состава проведен РФА (рис. 1).

На рентгенограммах (см. рис. 1) линии полученного продукта соответствуют линиям минерала байерит Al(OH)₃ (номер по картотеке PDF 74-1119), тем самым подтверждаются результаты химического анализа. По результатам физико-химических исследований можно сделать вывод, что характеристики полученного гидроксида алюминия — байерита соответствуют требованиям ГОСТ 11841-76 для гидроксида алюминия технического и ТУ 1711-001-00658716-99. Кроме того, после фильтрации гидроксида алюминия в жидкой фазе остается смесь растворов сульфата (1), (2) и карбоната натрия (3), (4). Для подтверждения протекания указанных реакций выполнен РФА. Рентгенограмма сухой соли, полученной при упаривании образующихся растворов после карбонизации алюмината натрия, показана на рис. 2.

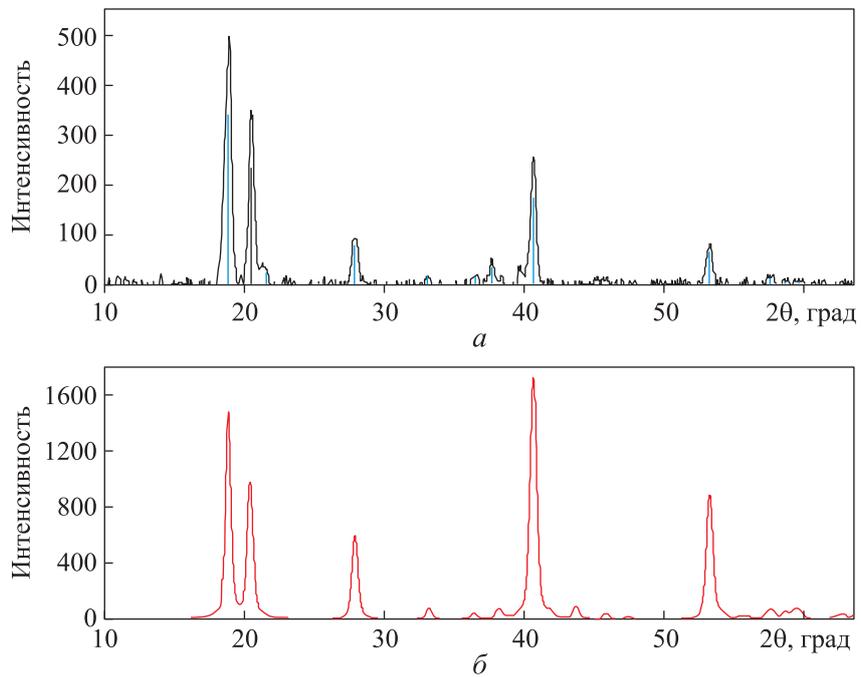


Рис. 1. Рентгенограммы анализируемой пробы (а) гидроксида алюминия, полученного из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг», и эталона байерита (б)

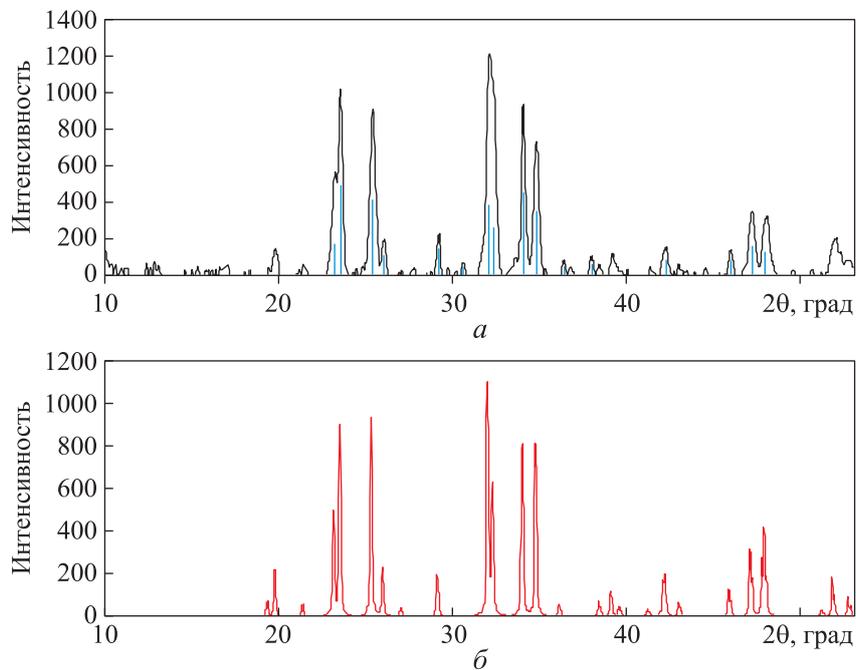


Рис. 2. Рентгенограммы выпаренной соли анализируемой пробы (а) и эталона буркеита (б)

Согласно рентгенограммам (см. рис. 2), основные линии принадлежат минералу буркеит $\text{Na}_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4)_2$ (номер по картотеке PDF 24-1134), что подтверждает протекание процесса щелочной обработки сульфатсодержащего раствора и карбонизации раствора тетрагидроксоалюмината натрия.

На основе проведенных лабораторных исследований разработана принципиальная схема технологии получения гидроксида алюминия из каолиновых глин (рис. 3). Каолиновая глина измельчается до размера частиц 0,1 мм и смешивается с концентрированной серной кислотой. Смесь подвергается сульфатизации, сульфатизированный спек измельчается для дальнейшей водной обработки. Пульпа фильтруется, промывается с получением в твердой части кремнезема, а в жидкой — сульфатсо-

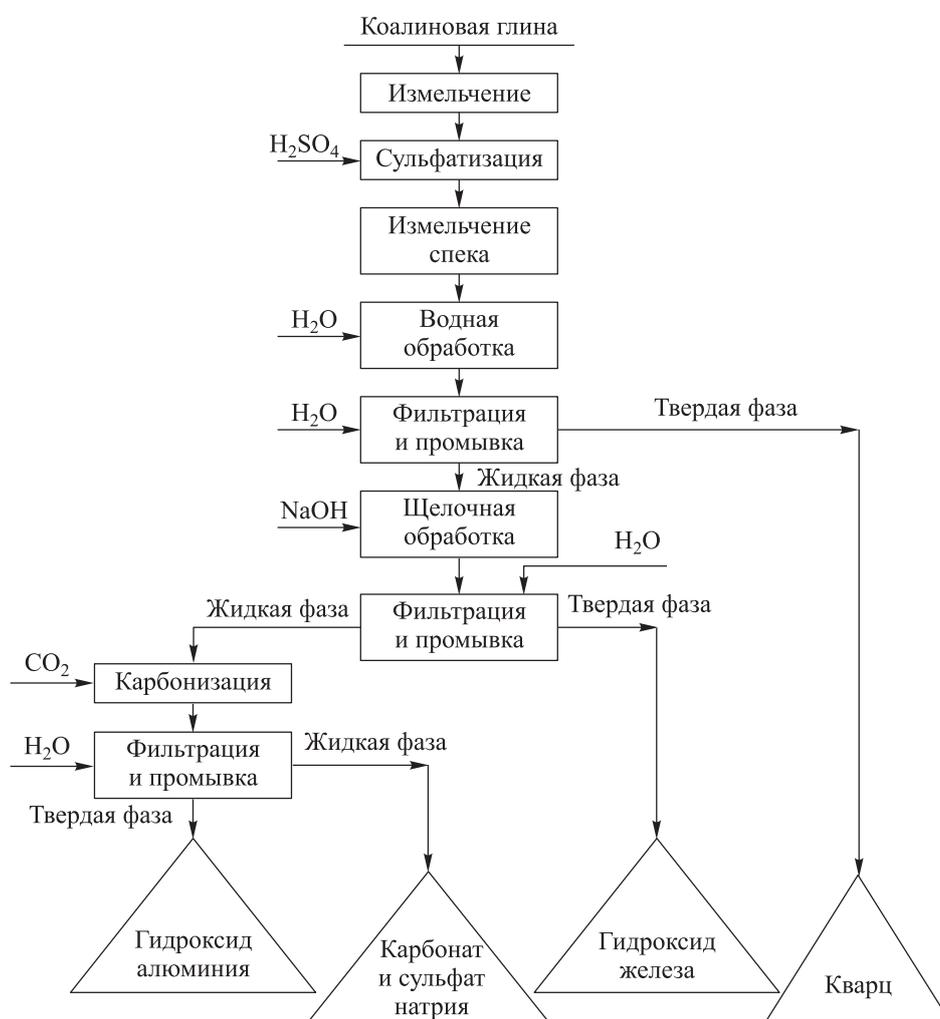


Рис. 3. Схема технологии получения гидроксида алюминия из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг»

державшего раствора. Далее сульфатсодержащий раствор обрабатывается щелочью с последующей фильтрацией и промывкой гидроксида железа. Жидкая часть, состоящая из растворов алюмината и сульфата натрия, подвергается карбонизации с последующей фильтрацией твердой части, гидроксида алюминия — байерита.

В соответствии с результатами лабораторных исследований и предложенной схемой технологии проведено полупромышленное испытание по получению гидроксида алюминия из каолиновых глин сульфатизацией. Согласно проведенным испытаниям, после сульфатизации 100 кг каолиновой глины получены 170 кг сульфатизированного спека (неочищенного сульфата алюминия) [19], который разделен на три части.

В период 14.06.2022–22.06.2022 в цехе газоочистки ОАО «ТалКо» из 50 кг сульфатизированного спека каолиновой глины месторождения «Чашма-Санг» получено 240 л раствора сульфата алюминия ($Al_2(SO_4)_3$) концентрацией 67,3 г/л. Согласно стехиометрическому расчету и реакциям (1), (2), для щелочной обработки в сульфатсодержащий раствор введено 50 л 30%-ного раствора каустической соды. Образовавшийся в процессе щелочной обработки гидроксид железа (2) отфильтрован от получившегося раствора тетрагидроксоалюмината натрия (1). Твердый остаток высушен в малой сушилке литейного участка опытно-экспериментального цеха ОАО «ТалКо», получено опытное количество гидроксида железа, который можно использовать в качестве железооксидного пигмента.

Образовавшийся после щелочной обработки сульфатсодержащего раствора тетрагидроксоалюминат натрия (1) переработан карбонизацией (3), (4), при этом общий расход углекислого газа равен 12 кг. На основе реакций (3), (4) получено опытное количество гидроксида алюминия, выход которого составил более 90 %. Химический анализ гидроксида алюминия проведен в центральной заводской лаборатории ОАО «ТалКо». Результаты приведены в табл. 3.

Качество байерита, полученного в полупромышленных условиях, по сравнению с качеством байерита, изготовленного в лабораторных условиях (см. табл. 2), незначительно отличается. Однако не нарушаются требования ГОСТ 11841–76 для гидроксида алюминия технического и ТУ 1711-001-00658716–99.

Для подтверждения результатов химического анализа и установления минералогического состава проведен РФА. Результаты аналогичны результатам по гидроксиду алюминия, полученному в лабораторных исследованиях, поскольку он соответствует минералу байерит (номер по картотеке PDF 74-1119).

**Сравнение гидроксида алюминия (байерита) из каолиновых глин
месторождения «Чашма-Санг» и стандартного гидроксида алюминия**

Массовая доля, %	Норма для марок				
	Гидроксид алюминия ТУ 1711-001-00658716-99				Гидроксид алюминия, полученный из сульфата алюминия
	ГД 15	ГД 12	ГД 6	ГД 1	
Al(OH) ₃ , не менее	84	87	93	98	98,5
SiO ₂ , не более	0,08	0,08	0,1	0,1	0,07
Fe ₂ O ₃ , не более	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Влаги, не более	15,0	12,0	6,0	1,0	1,2

Полученный гидроксид алюминия можно использовать в производстве фторсодержащих солей, коагулянта, глинозема, а также в качестве наполнителя, антипирена и носителей катализаторов [20, 21]. Кроме того, после фильтрации гидроксида алюминия в жидкой фазе остается примерно 280 л раствора смеси сульфата с карбонатом натрия, который по результатам РФА соответствует минералу буркеиту (номер в картотеке PDF 24-1134). Согласно [22], минерал буркеит используется в качестве сырья для производства моющих средств и при получении криолита мокрым способом, переработки кремнефтористоводородной кислоты с получением кремнефторида натрия, в технологии производства глинозема спекательным способом и др.

Заключение. Гидроксид алюминия, полученный по технологии сульфатизации каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг», соответствует стандартным нормативам и может быть использован в промышленности. Предложенная технология дает возможность комплексно перерабатывать низкокачественные глиноземсодержащие руды с получением ценных и востребованных продуктов. Однако для более тщательного изучения этой технологии и соответственно получения опытных партий продуктов из байерита рекомендуется в дальнейшем выполнить технико-экономическое обоснование и на его основе провести более масштабные опытно-промышленные исследования.

Благодарности

Авторами использованы материалы академика НАНТ, д-ра хим. наук, профессора Х.С. Сафиева (1950–2023).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ч. 2. Л., Химия, 1974.
- [2] Гузь С.Ю., Барановская Р.Г. Производство криолита, фтористого алюминия и фтористого натрия. М., Metallurgia, 1964.
- [3] Wan B., Li W., Sun W., et al. Synthesis of cryolite (Na_3AlF_6) from secondary aluminum dross generated in the aluminum recycling process. *Materials*, 2020, vol. 13, iss. 17, art. 3871. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13173871>
- [4] Сафиев Х., Наимов Н.А., Рузиев Д.Р. и др. Физико-химические аспекты технологии получения криолита, используемого для производства алюминия, гидрохимическим способом с использованием поваренной соли. *iPolytech Journal*, 2022, т. 26, № 2, с. 348–356. DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2022-2-348-356>
- [5] Сушков А.И., Троицкий И.А. Metallurgia алюминия. М., Metallurgia, 1965.
- [6] Мирсаидов У.М. Переработка алюмосиликатных руд Таджикистана спекательными методами. Душанбе, Дониш, 2021.
- [7] Лайнер Ю.А. Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами. М., Наука, 1982.
- [8] Запольский А.К. Сернокислотная переработка высококремнистого алюминиевого сырья. Киев, Наукова думка, 1981.
- [9] Мирсаидов У.М., Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана. Душанбе, Дониш, 2016.
- [10] Наимов Н.А., Аминджони Г., Рузиев Дж.Р. и др. Физико-химические аспекты переработки ставролит-мусковитовых сланцев способом сульфатизации. *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*, 2018, т. 61, № 2, с. 194–199. EDN: YLSRVB
- [11] Ёров З.Ё., Кабиров Ш.О., Муродиён А. и др. Минерально-сырьевая база химико-металлургической промышленности Таджикистана. Стамбул, Мега Басым, 2012.
- [12] Наимов Н.А., Рузиев Дж.Р., Бобоев Х.Э. и др. Физико-химические аспекты сульфатизации каолиновых глин Таджикистана. *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*, 2017, т. 60, № 7-8, с. 356–361. EDN: ZHJOLD
- [13] Наимов Н.А., Рузиев Дж.Р., Иброхимзода Ф.Д. и др. Технология переработки каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» способом сульфатизации. *Матер. Междунар. науч.-метод. конф. «Прогресс наука химия, технология и экология»*. Душанбе, 2023, с. 37–39.
- [14] Наимов Н.А., Аминджони Г., Рузиев Дж.Р. и др. Технология получения оптимального количества гидроксида алюминия-байерита из каолиновой глины месторождения «Чашма-Санг». *Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Развитие новых направлений в химии и химической технологии»*. Душанбе, 2023, с. 34–41.
- [15] Наимов Н.А., Сафиев Х., Мирсаидов У. и др. Физико-химические и технологические аспекты переработки каолиновых глин месторождения «Чашма-санг» способом сульфатизации. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, 2024, т. 67, № 2, с. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246702.6873>

- [16] Килимник А.Б., Никифорова Е.Ю. Синтез смесей нанодисперсных порошков оксидов никеля и железа на переменном синусоидальном токе. *Вестник ТГТУ*, 2012, т. 18, № 3, с. 703–709. EDN: PERXGT
- [17] Ильин А.П., Ильин А.А., Смирнов Н.Н. Разработка катализаторов для процесса среднетемпературной конверсии монооксида углерода в производстве амиака. *Рос. хим. журн.*, 2006, т. 50, № 3, с. 84–93. EDN: HTUVDJ
- [18] Ильин А.А., Курочкин В.Ю., Ильин А.П. и др. Механохимическое окисление порошка металлического железа. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, 2008, т. 51, № 3, с. 33–36. EDN: IQWNR
- [19] Наимов Н.А., Сатторов С.А., Аминджони Г. и др. Опытнo-промышленный выпуск очищенного коагулянта из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» и его лабораторное испытание. *Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Развитие новых направлений в химии и химической технологии»*. Душанбе, 2023, с. 10–15.
- [20] Тагандурдыева Н., Нараев В.Н., Постнов А.Ю. и др. Получение гидроксида алюминия — байерита методом осаждения. *Известия СПбГТИ(ТУ)*, 2020, № 53, с. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-53-79-17-22>
- [21] Наимов Н.А., Аминджони Г., Ахмадшоев И.Ш. и др. Выпуск опытного количества глинозема, фторида алюминия и криолита из байерита, полученного из каолиновой глины месторождения «Чашма-Санг». *Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Развитие новых направлений в химии и химической технологии»*. Душанбе, 2023, с. 46–51.
- [22] Эркаев А.У., Кучаров Б.Х., Кошанова Б.Т. и др. Получение буркеита из сульфатных солей Узбекистана. *Universum: Технические науки*, 2018, № 12. URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6742>

Наимов Носир Абдурахмонович — канд. техн. наук, директор ГУ «НИИМ» ОАО «ТалКО» (Республика Таджикистан, 734003, Душанбе, ул. Х. Хакимзаде, д. 17).

Мирсаидов Улмас Мирсаидович — академик НАНТ, д-р хим. наук, профессор, главный научный сотрудник Агентства по ХБРЯ-безопасности НАНТ (Республика Таджикистан, 734025, Душанбе, пр-т Рудаки, д. 33).

Мирпочаев Хуршед Абдумунинович — канд. техн. наук, заместитель директора по внедрению — главный инженер ГУ «НИИМ» ОАО «ТалКО» (Республика Таджикистан, 734003, Душанбе, ул. Х. Хакимзаде, д. 17).

Аслонов Азим Абдулхусайнович — инженер-технолог лаборатории переработки местного глинозем-, фтор-, углеродсодержащего сырья ГУ «НИИМ» ОАО «ТалКО» (Республика Таджикистан, 734003, Душанбе, ул. Х. Хакимзаде, д. 17).

Шокаримов Сироджиддин Мирзоевич — инженер-технолог лаборатории экологических исследований и переработки промышленных отходов ГУ «НИИМ» ОАО «ТалКО» (Республика Таджикистан, 734003, Душанбе, ул. Х. Хакимзаде, д. 17).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Наимов Н.А., Мирсаидов У.М., Мирпочаев Х.А. и др. Разработка технологии получения байерита из каолиновых глин месторождения «Чашма-Санг» Республики Таджикистан. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки*, 2025, № 1 (118), с. 137–151. EDN: GHXQYF

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING BAYERITE FROM KAOLIN CLAYS FROM THE CHASHMA-SANG DEPOSIT IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

N.A. Naimov¹

nosser2016@outlook.com

U.M. Mirsaidov²

ulmas2005@mail.ru

Kh.A. Mirpochaev¹

mir4646@mail.ru

A.A. Aslonov¹

aslonov04061997@mail.ru

S.M. Shokarimov¹

sirojshokarimov@mail.ru

¹ State Institution “Scientific Research Institute of Metallurgy”

JSC “Tajik Aluminium Company”, Dushanbe, Republic of Tajikistan

² Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Safety and Security Agency of NAST, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Abstract

The article presents the results of research on the technology of alkaline treatment of a sulfate-containing solution consisting mainly of aluminum and iron sulfates using sulfatization of kaolin clays from the Chashma-Sang deposit in order to obtain aluminum hydroxide. The laboratory is studying the process of alkaline treatment of a sulfate-containing solution depending on temperature, process time, sodium hydroxide concentration and caustic modulus. It is established that at a temperature of 85 °C, a process time of 30 minutes, a concentration of sodium hydroxide of 10 % and a caustic modulus of 3.0, the degree of extraction of sodium tetrahydroaluminate into the solution is more than 99 %, precipitation of iron hydroxide is more than 98 %, and the remaining amount of impurity aluminum hydroxide in the iron hydroxide composition is 0.9 %. Carbonation of a solution of sodium tetrahydroaluminate produces aluminum hydroxide, in which the content of Al(OH)₃ is more than 99 %. X-ray phase analysis revealed that the resulting aluminum hydroxide corresponds to the

Keywords

Aluminium sulphate, kaolin clay, Chashma-Sang deposit, sulphatisation, aluminium hydroxide, bayerite, iron hydroxide, burkeite

mineral bayerite (file number PDF 74-1119). According to the results of the physico-chemical analysis, the obtained aluminum hydroxide meets the requirements of GOST 11841-76 for technical aluminum hydroxide and TU 1711-001-00658716-99. Based on laboratory studies, a basic technological scheme for processing kaolin clays from the Chashma-Sang deposit in order to obtain aluminum hydroxide is being developed. In accordance with the results of the conducted research and the developed technological scheme, the technology of sulfatization of kaolin clays and alkaline treatment of a sulfate-containing solution to obtain a pilot amount of aluminum hydroxide is being tested in the JSC "Tajik Aluminium Company" gas treatment shop

Received 22.04.2024

Accepted 12.09.2024

© Author(s), 2025

The work was carried out with the financial support of JSC "Tajik Aluminium Company"

REFERENCES

- [1] Pozin M.E. Tekhnologiya mineralnykh soley. Ch. 2. [Technology of mineral salts. P. 2]. Leningrad, Khimiya Publ., 1974.
- [2] Guz S.Yu., Baranovskaya R.G. Proizvodstvo kriolita, fluoridov alyuminiya i natriya [Production of cryolite, aluminum fluoride and sodium fluoride]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1964.
- [3] Wan B., Li W., Sun W., et al. Synthesis of cryolite (Na_3AlF_6) from secondary aluminum dross generated in the aluminum recycling process. *Materials*, 2020, vol. 13, iss. 17, art. 3871. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma13173871>
- [4] Safiev Kh., Naimov N.A., Ruziev D.R., et al. Physicochemical parameters of a hydrochemical technology employing sodium chloride to obtain cryolite used in aluminium production. *iPolytech Journal*, 2022, vol. 26, no. 2, pp. 348–356 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2022-2-348-356>
- [5] Sushkov A.I., Troitskiy I.A. Metallurgiya alyuminiya [Metallurgy of aluminium]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1965.
- [6] Mirsaidov U.M. Pererabotka alyumosilikatnykh rud Tadzhikistana spektelnymi metodami [Processing of aluminosilicate ores in Tajikistan by sintering methods]. Dushanbe, Donish Publ., 2021.
- [7] Layner Yu.A. Kompleksnaya pererabotka alyuminiysoderzhashchego syr'ya kislotnymi sposobami [Complex processing of aluminum-containing raw materials by acid methods]. Moscow, Nauka Publ., 1982.
- [8] Zapolskiy A.K. Sernokislottaya pererabotka vysokokremnistogo alyuminievogo syr'ya [Sulfuric acid processing of high-silicon aluminum raw materials]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1981.

- [9] Mirsaidov U.M., Mirzoev D.Kh., Boboev Kh.E. Kompleksnaya pererabotka argillitov i kaolinovykh glin Tadjikistana [Complex processing of mudstones and kaolin clays of Tajikistan]. Dushanbe, Donish Publ., 2016.
- [10] Naimov N.A., Amindzhoni G., Ruziev Dzh.R., et al. Physical and chemical aspects of processing stavrolite-muscovite schists by sulfathization method. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan*, 2018, vol. 61, no. 2, pp. 194–199 (in Russ.).
EDN: YLSRVB
- [11] Erov Z.E., Kabirov Sh.O., Murodien A., et al. Mineralno-syryevaya baza khimiko-metallurgicheskoy promyshlennosti Tadjikistana [Mineral and raw materials base of the chemical and metallurgical industry of Tajikistan]. Stambul, Mega Basym Publ., 2012.
- [12] Naimov N.A., Ruziev Dzh.R., Boboev Kh.E., et al. Physico-chemical and technological aspects of the sulfuric acid method for processing kaolin clay Tajikistan. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan*, 2017, vol. 60, no. 7-8, pp. 356–361 (in Russ.).
EDN: ZHJOLD
- [13] Naimov N.A., Ruziev Dzh.R., Ibrokchimzoda F.D., et al. [Technology of processing kaolin clays of the deposit “Chashma-Sang” by sulfatisation]. *Mater. Mezhdunar. nauch.-metod. konf. “Progress nauka khimiya, tekhnologiya i ekologiya”* [Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. Progress in Science Chemistry, Technology and Ecology]. Dushanbe, 2023, pp. 37–39 (in Russ.).
- [14] Naimov N.A., Amindzhoni G., Ruziev Dzh.R., et al. [Technology of production of experimental amount of aluminium-bayerite hydroxide from kaolin clay of “Chashma-Sang” deposit]. *Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. “Razvitie novykh napravleniy v khimii i khimicheskoy tekhnologii”* [Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. Development of New Directions in Chemistry and Chemical Technology]. Dushanbe, 2023, pp. 34–41 (in Russ.).
- [15] Naimov N.A., Safiev Kh., Mirsaidov U., et al. Physico-chemical and technological aspects of processing kaolin clays of Chashmasang deposit by sulfatization method. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* [ChemChemTech.], 2024, vol. 67, no. 2, pp. 67–73 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246702.6873>
- [16] Kilimnik A.B., Nikiforova E.Yu. Synthesis of mixtures of nanodispersed powders of nickel oxide and iron oxide on the alternating current. *Vestnik TGTU* [Transactions TSTU], 2012, vol. 18, no. 3, pp. 703–709 (in Russ.). EDN: PERXGT
- [17] Ilin A.P., Ilin A.A., Smirnov N.N. The development of catalysts for the process of medium temperature conversion of CO in ammonia manufacturing. *Ros. khim. zhurn.*, 2006, vol. 50, no. 3, pp. 84–93 (in Russ.). EDN: HTUVDJ
- [18] Ilin A.A., Kurochkin V.Yu., Ilin A.P., et al. Mechanochemical oxidation of metal iron powder. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* [ChemChemTech.], 2008, vol. 51, no. 3, pp. 33–36 (in Russ.). EDN: IIQWNR
- [19] Naimov N.A., Sattorov S.A., Amindzhoni G., et al. [Pilot production of purified coagulant from kaolin clays of the deposit “Chashma-Sang” and its laboratory testing]. *Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. “Razvitie novykh napravleniy v khimii i khimi-*

cheskoy tekhnologii” [Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. Development of New Directions in Chemistry and Chemical Technology]. Dushanbe, 2023, pp. 10–15 (in Russ.).

[20] Tagandurdyeva N., Naraev V.N., Postnov A.Yu., et al. Preparation of aluminum hydroxide — bayerite by precipitation method. *Izvestiya SPbGTI(TU)* [Bulletin of St PbSIT(TU)], 2020, no. 53, pp. 17–22 (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-53-79-17-22>

[21] Naimov N.A., Amindzhoni G., Akhmadshoev I.Sh., et al. [Production of experimental quantities of alumina, aluminium fluoride and cryolite from byerite obtained from kaolin clay of “Chashma-Sang” deposit]. *Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. “Razvitie novykh napravleniy v khimii i khimicheskoy tekhnologii*” [Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. Development of New Directions in Chemistry and Chemical Technology]. Dushanbe, 2023, pp. 46–51 (in Russ.).

[22] Erkaev A.U., Kucharov B.Kh., Koshanova B.T., et al. Obtaining burkeite from sulphate salts of Uzbekistan. *Universum: Tekhnicheskie nauki*, 2018, no. 12 (in Russ.). Available at: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/6742>

Naimov N.A. — Cand. Sc. (Eng.), Director, State Institution “Scientific Research Institute of Metallurgy” JSC “Tajik Aluminium Company” (H. Hakimzade ul. 17, Dushanbe, 734003 Republic of Tajikistan).

Mirsaidov U.M. — Academician of NAST, Dr. Sc. (Chem.), Professor, Leading Researcher, Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Safety and Security Agency of NAST (Rudaki prospekt 33, Dushanbe, 734025 Republic of Tajikistan).

Mirpochaev Kh.A. — Cand. Sc. (Eng.), Deputy Director for Implementation – Chief Engineer, State Institution “Scientific Research Institute of Metallurgy” JSC “Tajik Aluminium Company” (H. Hakimzade ul. 17, Dushanbe, 734003 Republic of Tajikistan).

Aslonov A.A. — Engineering Technologist, Laboratory of Processing of Local Alumina, Fluorine, Carbon-Containing Raw Materials, State Institution “Scientific Research Institute of Metallurgy” JSC “Tajik Aluminium Company” (H. Hakimzade ul. 17, Dushanbe, 734003 Republic of Tajikistan).

Shokarimov S.M. — Engineering Technologist, Laboratory of Environmental Research and Industrial Waste Recycling, State Institution “Scientific Research Institute of Metallurgy” JSC “Tajik Aluminium Company” (H. Hakimzade ul. 17, Dushanbe, 734003 Republic of Tajikistan).

Please cite this article in English as:

Naimov N.A., Mirsaidov U.M., Mirpochaev Kh.A., et al. Development of technology for obtaining bayerite from kaolin clays from the Chashma-Sang deposit in the Republic of Tajikistan. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences*, 2025, no. 1 (118), pp. 137–151 (in Russ.). EDN: GHXQYF