

ского каменноугольных месторождений Западно-Таймыра (По материалам Западно-Таймырской угольной экспедиции 1939–1940 гг.). Ленинград, 1947. Росгеолфонд, Центральное фондохранилище, № 142298.

4. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. М., «Недра», 1991, с. 365. S-44-XXI-XXIV, XXVII-XXX, S-45-XIX, XXI, XXV, XXVI за 1985–1989 гг. ПГО «Красноярскгеология». Красноярск, 1990. Фиалил по Красноярскому краю ФГУ «ТФГИ по СФО», № 25685.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкадоров, В.С. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 8. / В.С. Быкадоров, П.А. Пекарец, Г.П. Радченко и др. — М.: Недра, 1964. — 388 с.
2. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли горючие сланцы. Утв. МПР России. — М., 2007.
3. Миронов, К.В. Справочник геолога-угольщика / К.В. Миронов. — М.: Недра, 1991. — 363 с.

© Солдатов К.В., 2020

Солдатов Кирилл Владимирович // Kirgeol@mail.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 537.622/622.75

**Броницкая Е.С., Ануфриева С.И., Кызды М.В.,
Фокин М.А., Гришаев Г.С., Любимова Е.И.,
Рассулов В.А. (ФГБУ «ВИМС»)**

ОБОГАЩЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ КАОЛИНОВ УРАЛО-МУГОДЖАРСКОЙ ПРОВИНЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КАОЛИНОВ

*Изучены методы обогащения природных разновидностей каолинов с целью повышения эффективности освоения отечественной минерально-сырьевой базы каолинов, которые в дальнейшем позволят улучшить качество товарных изделий и производить на основе отечественного сырья дефицитные марки каолина, которые в настоящее время в основном импортируются из Украины и стран ЕС. **Ключевые слова:** обогащение, каолины, гравитационный метод, сырье.*

Bronitskaya E.S., Anufrieva S.I., Kyzdzy M.V., Fokin M.A., Grishaev G.S., Lyubimova E.I., Rassulov V.A. (VIMS)

ENRICHMENT OF PRIMARY KAOLINS OF THE URAL-MUGODZHAR PROVINCE IN ORDER TO INCREASE THE EFFICIENCY OF DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC MINERAL RESOURCE BASE OF KAOLINS

*In order to increase the efficiency of developing the domestic mineral resource base of kaolins, methods of mineral processing of natural varieties of kaolins has been studied. It will subsequently improve the quality of final products and produce scarce kaolin grades based on domestic raw materials, today are mostly imported from Ukraine and the EU. **Keywords:** mineral processing, kaolins, gravity method, raw materials.*

После распада СССР значительная часть сырьевой базы высококачественного каолина осталась за границей. Обогащение низкокачественных российских

каолинов практически не производится, в связи с чем объем производства высококачественного каолина в России не удовлетворяет существующие потребности промышленности, которые восполняются за счет конкурентной импортной продукции (60–70 % от всего рынка), большая часть объемов которой приходится на Украину и страны ЕС. Высокая степень дисперсности, белый цвет в сыром и обожженном состоянии, огнеупорность, высокое содержание алюминия, пластичность и другие физико-химические и технологические свойства каолинов делают их ценным сырьем для многих областей народного хозяйства. В России структура потребления обогащенного каолина практически не отличается от мировой: более 40 % используется в бумажной промышленности; 10 % в производстве пластмасс, резины, тканей; 25 % в производстве керамики и огнеупоров.

Каолиновое сырье в природе представлено тремя типами: каолином первичным, каолином вторичным и кварц-каолинитсодержащим песком.

Первичные каолины (остаточные) сформировались за счет разложения кристаллических пород.

Вторичные каолины образовались за счет размыва и последующего отложения в водной среде каолинового вещества или продуктов каолиновой коры выветривания, то есть первичных каолинов.

В РФ к наиболее качественным природным разновидностям относится сырье первичных каолинов Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции, которая является одной из крупнейших в России как по запасам и ресурсам сырья, так и по количеству разведанных и эксплуатируемых месторождений (Свердловская, Челябинская и Оренбургская области).

Всего в пределах Урало-Мугоджарской провинции числится запасов кат. А+В+С₁ — 46 832 тыс. т, С₂ — 91 220 тыс. т. Доля распределенного фонда составляет 53,1 %. Прогнозные ресурсы первичных каолинов составляют 920 207 тыс. т кат. Р₁+Р₂ [1].

При добыче первичного каолина в России только малая доля сырья (менее 30 %) подвергается обогаще-

нию, а подавляющая часть товарной продукции (более 70 %) имеет невысокое качество и предназначается для производства низкокачественных огнеупоров.

В ФГБУ «ВИМС» в рамках выполнения раздела 6.5 Государственного задания 2018–2019 гг. проведено изучение обогатимости первичных каолинов Урало-Мугоджарской провинции с целью повышения эффективности освоения отечественной МСБ каолинов. Изучение эффективных методов обогащения природных разновидностей каолинов Урало-Мугоджарской провинции позволит улучшить качество конечных изделий и производить на основе отечественного сырья дефицитные марки каолина.

Технологические исследования проводились на трех пробах (№ 1, 2, 3) каолиновой руды, состоящей из глинистой основной массы и обломочного материала. Руда пробы № 1 представляет собой породу, переходную между глиной и песком и содержит около 50 % обломочного материала. В рудах проб № 2 и № 3 преобладает глинистая масса, содержание обломочного материала составляет 25 %. (табл. 1).

Изучение минерального состава показало, что пробы состоят из одних и тех же минералов, но с различным соотношением. Основными минералами являются каолинит, содержание которого по пробам № 1, 2 и 3 составляет: 45, 74, 73 % и кварц — 40, 24, 23 % соответственно.

Лимитируемыми примесями, ухудшающими качество каолинов, являются соединения железа и титана, снижающие огнеупорность, белизну и электросопротивление получаемых материалов. Химический состав проб приведен в табл. 2.

Руда пробы № 1 характеризуется относительно высоким содержанием $Fe_2O_{3\text{общ}}$ — 2,75 %, содержание TiO_2 составляет 0,40 %. В руде проб № 2 и № 3 количество $Fe_2O_{3\text{общ}}$ составляет 0,72 и 0,62 %, TiO_2 — 0,44 и 0,40 %. Следует отметить, что часть кремнезема и глинозема в руде проб связана с минералами-примесями. Так, совместно с оксидом калия они входят в калиевый полевой шпат и слюды, с оксидом натрия — в плагиоклаз, с оксидами железа и магния — в биотит, хлорит и вермикулит. Часть оксида железа связана с гидроксидами железа. Минеральной фазой титана является рутил. При этом часть титана и железа изоморфно входит в структуру каолинита. Значительная часть кремнезема образует собственную минеральную фазу — кварц.

Особенностью вещественного состава изучаемого каолинового сырья является избирательное распределение каолина по классам крупности, максимальная концентрация каолина отмечается в мелких и тонких фракциях крупностью менее 0,09 мм, выход которых составляет 55 %. Фракции крупностью более 0,09 мм (песчаная часть) можно оценить, как кварц-полевошпатовый материал.

В связи с этой особенностью основным методом обогащения каолинового сырья может являться дезинтеграция и последовательная классификация с выделением обогащенных фракций.

Каолин в природе встречается в виде полиминеральной смеси, состоящей из каолинита, кварца, полевых шпатов, слюды, железо- и титаносодержащих соединений, причем размер частиц кварца, полевого шпата и слюды в 10–100 раз превышает размер частиц каолинита. На разнице в размерах частиц и, следовательно, массы частиц, основан гравитационный способ обогащения каолинового сырья, который осуществляется как мокрым, так и сухим способами [2].

Сухой способ обогащения по аппаратурному оснащению проще мокрого. Технологическая схема сухого обогащения включает следующие основные операции: дробление, сушку, измельчение, сухую сепарацию и осаждение.

К преимуществам сухого метода обогащения относятся: меньшая трудоемкость, возможность организации обогащения в безводных местах, компактность используемого технологического оборудования. Недостатком метода является сравнительно невысокое качество продукции, значительные потери наиболее ценной тонкой фракции, которую не удается уловить

Таблица 1
Минеральный состав исходной руды технологических проб (по данным рентгенофазового анализа)

Минерал	Содержание, %		
	Проба №1	Проба № 2	Проба № 3
Каолинит	45	74	73
Кварц	40	24	23
Калиевый полевой шпат	4,5	—	—
Биотит, мусковит	4	1	1,5
Плагиоклаз	2	—	—
Вермикулит	1,5	—	—
Хлорит	1,5	—	—
Рутил	0,5	0,5	0,5
Сумма:	99,0	99,5	98,0

Таблица 2
Химический состав исходной руды технологических проб

Компонент, элемент	Содержание, %		
	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
SiO_2	66,62	65,15	65,7
Al_2O_3	20,14	25,5	22,5
$Fe_2O_{3\text{общ}}$	2,75	0,72	0,62
K_2O	1,57	0,21	0,26
MgO	0,85	0,10	0,11
TiO_2	0,40	0,44	0,40
Na_2O	0,35	0,075	0,068
$S_{\text{общ}}$	<0,10	<0,10	<0,10
ппп	6,83	7,64	8,81

Таблица 3
Сводная характеристика гранулометрического состава проб

Класс крупности, мм	Выход, %	Fe ₂ O ₃		TiO ₂		Al ₂ O ₃		SiO ₂	
		Содержание, %	Распределение, %	Содержание, %	Распределение, %	Содержание, %	Распределение, %	Содержание, %	Распределение, %
Проба № 1									
+0,09	45,40	2,72	44,52	0,24	28,14	11,63	25,87	79,98	55,86
-0,09	54,60	2,82	55,48	0,51	71,86	27,71	74,13	52,55	44,14
Итого	100,00	2,77	100,00	0,385	100,00	20,41	100,00	65,0	100,00
Проба № 2									
+0,09	45,43	0,48	30,44	0,27	27,61	16,3	28,84	78,18	56,11
-0,09	54,57	0,92	69,56	0,58	72,39	33,51	71,16	50,91	43,89
Итого	100,00	0,72	100,00	0,44	100,00	25,7	100,00	63,3	100,00
Проба № 3									
+0,09	44,92	0,27	19,6	0,19	23,57	9,36	18,72	87,16	58,7
-0,09	55,08	0,91	80,4	0,51	76,43	33,16	81,28	50,0	41,3
Итого	100,00	0,62	100,00	0,40	100,00	22,47	100,00	66,7	100,00

Таблица 4
Полиградиентная магнитная сепарация продуктов гидроциклонов (крупность -0,044-0 мм)

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Проба № 1									
Магнитная фракция	1,08	3,23	1,22	28,54	54,33	1,28	2,55	1,05	1,12
Немагнитная фракция	98,92	2,71	0,51	29,50	52,30	98,72	97,45	98,95	98,88
Итого:	100,00	2,72	0,52	29,40	52,35	100,00	100,00	100,00	100,00
Проба № 2									
Магнитная фракция	0,75	3,06	1,17	30,03	40,13	2,40	1,43	0,66	0,78
Немагнитная фракция	99,25	0,94	0,61	33,91	38,70	97,60	98,57	99,34	99,22
Итого:	100,00	0,96	0,61	33,88	38,72	100,00	100,00	100,00	100,00
Проба № 3									
Магнитная фракция	0,50	2,94	1,04	29,87	39,29	1,50	1,00	0,45	0,70
Немагнитная фракция	99,50	0,96	0,52	33,12	28,70	98,50	99,00	99,55	99,30
Итого:	100,00	0,97	0,53	33,10	48,20	100,00	100,00	100,00	100,00

Экспериментальные исследования по электромагнитной сепарации были проведены на высокоградиентном сепараторе ЭКЛ-2 при напряженности магнитного поля 1,6 Тл. При очистке каолина с применением высокоградиентной магнитной сепарации в магнитном поле происходит отделение минеральных форм оксидов железа и титана, чешуек слюды от частиц каолинита, покрытых оксидно-железистой пленкой, что способствует улучшению цвета и белизны конечных продуктов, уменьшению их абразивности. Однако из результатов, полученных при сепарации, следует, что значительно повысить качество каолиновых продуктов не удалось. Содержание Fe₂O₃ в немагнитных фракциях проб № 1, 2 и 3 составило 2,71, 0,94 и 0,96 % соответственно, что обусловлено наличием аморфных

включений в каолинит, а также вхождением железа в его кристаллическую решетку.

Анализ индекса белизны немагнитных фракций, рассеянных по классам крупности (табл. 5), показал, что с уменьшением крупности индекс белизны увеличивается и достигает максимальных значений в классах крупности менее 10 мкм. Наибольшее значение индекса белизны отмечено в пробе 3 ($W_{iso}=70,56$) и пробе 2 ($W_{iso}=64,55$).

На руде пробы № 3 была апробирована новая технология мокрого обогащения с применением центробежного концентратора Falcon L40 (рис. 3). Немагнитная фракция полиградиентной сепарации подвергалась вторичной дезинтеграции. Устойчивость суспензии достигалась введением дефлоку-

Таблица 5

Результаты анализа индексов белизны немагнитных фракций проб № 1, 2 и 3 по классам крупности

Класс крупности, мм	Проба № 1			Проба № 2			Проба № 3		
	Выход, %	R (457 н.м.)	R (612 н.м.)	Выход, %	R (457 н.м.)	R (612 н.м.)	Выход, %	R (457 н.м.)	R (612 н.м.)
-0,09+0,063	10,80	40,55	63,15	11,50	52,95	73,32	6,77	55,48	74,84
-0,063+0,045	14,27	44,85	69,30	9,91	57,61	78,49	13,18	60,76	80,71
0,045+0,02	16,01	46,47	72,53	12,89	57,82	77,95	11,45	63,23	81,60
0,02+0,01	15,19	50,43	77,12	19,30	63,47	82,85	20,0	66,35	83,57
0,01+0,005	11,04	53,95	81,98	10,31	64,31	82,23	10,41	71,33	88,06
0,005+0	32,69	54,67	83,52	36,09	64,64	82,24	38,19	70,30	85,51
Итого:	100,00			100,00			100,00		

лятора — раствора силиката натрия в соотношении 1:10. Жидкое стекло подавляет адгезионные свойства каолинита, что дает возможность повысить селективность процесса. При исследовании была использована методика Ultra Fine, позволяющая работать с классами крупности до 5 мкм. Согласно методике, работы проводились по трехстадиальной схеме, предусматривающей последовательные перечистки хвостов с повышением центробежного ускорения после каждой стадии до 200, 250, 300 G (рис. 3). Результаты испытаний приведены в табл. 6.

Исходя из результатов, представленных в таблице, следует, что почти полностью отсутствует положительная динамика по извлечению Fe_2O_3 и TiO_2 из легкой фракции. Количество перечистных операций не оказывает влияния на технологические показатели обогащения, что обусловлено особенностями вещественного состава пробы руды.

Таким образом, в результате мокрого обогащения по схеме (рис. 3) содержание каолинита в пробах № 1, 2 и 3 повысилось до 74, 85 и 90 % соответственно, при этом показатели индекса белизны (W_{iso}) по данным оптико-спектрофотометрического метода составили 48,44, 59,54 и 59,38 соответственно. Получить более качественный каолин не удалось из-за изоморфного вхождения в его структуру Fe_2O_3 и TiO_2 .

Немагнитные фракции полиградиентной сепарации проб № 2 и 3 по содержанию вредных примесей удовлетворяют требованиям отраслевых стандартов и техническим условиям (ГОСТ 12500-77; 19608-84; 21288-75). Однако для производства бумаги и картона (как для покрытия, так и наполнения) непригодны.

Дальнейшее повышение качества каолиновых продуктов возможно за счет применения химического отбеливания, однако это требует дополнительных расходов, что экономически оправдано лишь для получения продуктов, имеющих повышенный спрос, несмотря на их относительно высокую стоимость.

Общие недостатки методов химического обогащения каолинов состоят в значительной сложности: необходимости применения специального оборудования, в многократных промывках с последующим обезвоживанием, некотором снижении качества за счет взаимодействия каолина с реагентами при повышенных температурах. Это ограничивает применение методов химического обогащения в промышленности, но вместе с тем они обеспечивают наиболее полное удаление окрашивающих оксидов, особенно оксида железа [5].

Химическое отбеливание широко распространено в зарубежных странах:

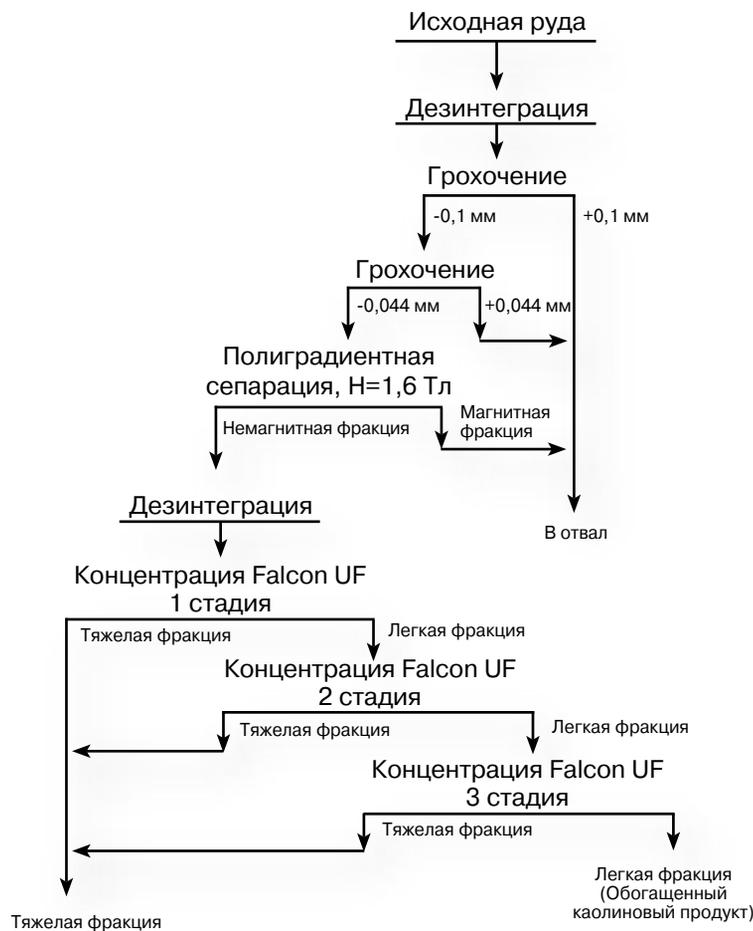


Рис. 3. Принципиальная схема испытаний с использованием центробежного концентратора Falcon L40

Таблица 6

Результаты испытаний на Falcon-L40 UF немагнитной фракции крупностью -0,044 мм

Фракция, мм	Выход от операции, %	Выход от руды, %	Содержание, %				Извлечение от операции, %				Извлечение от руды, %			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
<i>I стадия</i>														
Тяжелая фракция	2,53	1,11	0,58	1,68	24,74	29,00	1,52	8,20	1,89	5,25	1,03	5,13	1,22	0,99
Легкая фракция	97,47	42,77	0,97	0,49	33,34	27,90	98,48	91,80	98,11	94,75	66,92	57,41	63,44	17,88
Итого:	100,00	43,88	0,96	0,52	33,12	28,70	100,0	100,0	100,0	100,0	67,95	62,54	64,66	18,88
<i>II стадия</i>														
Тяжелая фракция	2,47	1,06	1,37	1,28	17,55	27,60	3,48	6,45	1,30	2,47	2,33	3,70	0,82	0,44
Легкая фракция	97,53	41,71	0,96	0,47	33,74	27,90	96,52	93,55	98,70	97,53	64,59	53,71	62,62	17,44
Итого:	100,00	42,77	0,97	0,49	33,34	27,90	100,0	100,0	100,0	100,0	66,92	57,41	63,44	17,88
<i>III стадия</i>														
Тяжелая фракция	2,09	0,87	0,97	0,96	33,25	27,24	2,09	4,17	2,06	2,36	1,35	2,24	1,29	0,41
Легкая фракция	97,91	40,84	0,96	0,46	33,75	27,70	97,91	95,83	97,94	97,64	63,24	51,47	61,33	17,03
Итого:	100,00	41,71	0,96	0,47	33,74	27,90	100,0	100,0	100,0	100,0	64,59	53,71	62,62	17,44

— в Чехии получил распространение метод гидросульфитного отбеливания каолиновой суспензии после гидроциклонного обогащения, которое осуществляется в реакторах с бескислородной средой;

— в США используют метод отбеливания каолина гидросульфатом в сернокислой среде, причем узел отбеливания включен в схему гидроциклонного обогащения;

— в Германии предложен метод отбеливания каолина для бумажной промышленности, при котором каолиновый шликер, содержащий Fe³⁺, обрабатывают фосфорной кислотой с получением белого фосфата железа;

— в Японии проведены значительные работы по отбеливанию каолина с использованием физико-химических методов. Химическое отбеливание каолинов производится также сублимацией активными газами железа при высокой температуре, переводом оксидов железа в магнитную форму с последующей магнитной сепарацией, активацией каолина кислотами и их солями при различных температурах и давлении;

— в России (ВНИИ Фитопатологии) предложен метод удаления окси-

дов железа разбавленной серной кислотой. Очистка от оксидов железа происходит восстановлением Fe³⁺ → Fe²⁺ гидросульфитом натрия в сернокислой среде с использованием катионита и включает приготовление каолиновой суспензии с содержанием твердого компонента в количестве 15 % с последующим введением серной кислоты, гидросульфита натрия, катионита. Однако этот метод малоэффективен для глин, в которых железо находится в изоморфном замещении в решетке глинистых или других силикатных минералов;

— в Украине (УНИИСП) разработан метод активации каолиновой суспензии крепкой соляной кислотой. Очистка от оксидов железа восстановлением Fe⁻⁵ⁿ → Fe²⁺ гидросульфитом натрия в солянокислой

Таблица 7
Результаты химического отбеливания продуктов обогащения каолина в солянокислой среде

Исходный материал	Условия выщелачивания, концентрация HCl, %	Содержание, %				Индексы	
		Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Белизна R (457)	Желтизна R (612)
Каолин после полиградиентной сепарации и центробежного концентратора Falcon	12	0,971	0,685	34,044	50,907	83,9	91,3
	18	0,924	0,559	33,960	51,532	85,3	92,5
	Исходное содержание	1,061	0,592	34,371	48,177		
Класс крупности -0,02+0 мм	12	0,866	0,593	34,971	49,933	84,5	91,8
	18	0,917	0,673	34,439	50,499	85,1	92,5
	Исходное содержание	0,981	0,608	35,066	49,633		

среде производится введением в приготовленную каолиновую суспензию переменного количества соляной кислоты с последующим тщательным перемешиванием и введением в суспензию гидросульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). После дальнейших технологических операций (промывки, фильтрации, сушки) степень обогащенного каолина значительно повышается, а содержание Fe_2O_3 заметно снижается.

По этому методу были проведены эксперименты по химическому отбеливанию с использованием кислотного выщелачивания — HCl. Отбеливанию подвергался как конечный гравитационный продукт мокрого обогащения, так и немагнитная фракция полиградиентной сепарации крупностью $-0,02$ мм.

Эксперименты проводились с применением 12 и 18 процентного раствора HCl при $t = 90$ °C в течение 2-х часов при Ж:Т = 5:1 с последующей многократной промывкой и фильтрацией. Результаты приведены в табл. 7.

Из представленных данных следует, что снизить содержание вредных примесей Fe_2O_3 и TiO_2 , влияющих на белизну каолина, химическим отбеливанием не удалось, что подтверждается данными характеристик индекса белизны проб.

Наличие примесей сужает диапазон применения сырья и отрицательно влияет на белизну обогащенного каолина, что является препятствием для использования его в виде высококачественного сырья в различных отраслях промышленности [8].

Для изучения возможности удаления красящих примесей и улучшения показателей белизны для данной пробы каолинов необходимы всесторонние исследования по применению различных способов доводки. Одним из наиболее перспективных является биообработка отмученного каолина препаратами специальных бактерий, благодаря жизнедеятельности которых происходит извлечение частиц железа из кристаллической решетки силикатов и удаление их в виде растворимых соединений.

В настоящее время в мире ведутся исследования по разработке принципиально новых отличных методов отбеливания с помощью различных культур микроорганизмов, в качестве которых используют естественную микрофлору сырья, которую активируют добавлением питательной среды с последующим выдерживанием при комнатной температуре в течение нескольких суток, отделением железа магнитной сепарацией и промыванием остатка 0,1 м раствором шавелевокислотного аммония. В результате этого белизна возрастает на 11–15 %, а содержание общего железа снижается на 14–48 % [3].

Таким образом, проведенный комплекс исследований по изучению вещественного состава и оценке обогатимости первичных каолинов Урало-Мугоджарской каолиноносной провинции позволил выявить природные обогатимые типы сырья, что может служить основанием для постановки ГРП на поиски и оконтуривание наиболее перспективных типов первичных каолинов и их дальнейшей технологической переработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. — М., 2019.
2. Горбачев, Б.Ф. Минеральное сырье. Каолин // Б.Ф. Горбачев, Н.С. Чуприна. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. — С. 40.
3. Каравайко, Г.И. Микроорганизмы и их роль в биотехнологии металлов // Г.И. Каравайко / Биоготехнология металлов. — М., 1985. — С. 11–28.
4. Нормативно-методическая документация по аналитическим, минералогическим и технологическим исследованиям // Справочник в 3-х частях. — М: ВИМС, 1997.
5. Очистка каолинов Кампановского месторождения от красящих окислов железа химическим способом // НИИ Стройкерамика. — 1969. — С. 73–80.
6. Способ отбеливания каолина // В.А. Платонова, Ю.Т. Платов / Патент №0002582164 от 20.04.2016.
7. Технологическая оценка минерального сырья. Нерудное сырье // Справочник под ред. П.Е. Остапенко. — М: ВИМС, 1990–1998.
8. Требования промышленности к качеству минерального сырья // Справочник для геологов. — Вып. 54. — Глины и каолин / А.А. Вейхер, С.Б. Потапенко. — М.: Госгеология техиздат, 1962.

© Коллектив авторов, 2020

Броницкая Елена Сергеевна // vims@df.ru
Ануфриева Светлана Ивановна // anufrieva.05@mail.ru
Кыдзы Маргарита Валерьевна // margo_898989@mail.ru
Фокин Матвей Алексеевич // fokin@vims-geo.ru
Гришаев Георгий Сергеевич // grishaevgeorgiy@gmail.com
Любимова Елена Ивановна // technology@vims-geo.ru
Рассулов Виктор Асафович

УДК 621.643.622

**Иванов Д.А.¹, Арсентьев Ю.А.², Соловьёв Н.В.²,
Иванов А.Г.³, Назаров А.П.², Барашков В.А.²
(1 — Компания «Weaterford» 4, 2 — МГРИ-РГГРУ,
3 — АО «Атомредметзолото»)**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕДР ТЕХНО- ЛОГИЧЕСКИМИ РАСТВОРАМИ ПРИ СООРУЖЕНИИ, РЕМОНТЕ И ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН ПОДЗЕМ- НОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (СПВ) УРАНА

*Приведен анализ факторов, влияющих на качество цементирования скважин. Показана невозможность применения технологических приемов при цементировании заколонного пространства технологических скважин одноколонной конструкции со спуском фильтра на эксплуатационной колонне. Показана возможность применения золы-уноса с электрофильтров ТЭЦ для сооружения, ремонта и ликвидации скважин подземного выщелачивания урана. Исследованы сорбционные свойства золы-уноса и показана возможность ее использования для очистки различных растворов, содержащих как растворы кислот, так и анионы различного состава. **Ключевые слова:** добыча урана, скважины, цементирование, зола-унос, сооружение, ремонт и ликвидация скважин, сорбционные свойства золы-уноса.*