
© Н.К. Алгебраистова, С.А. Маркова, Н.В. Филенкова,
Л.И. Свиридов, А.А. Лабутина, Е.А. Гроо,
А.В. Смолькова, 2009

УДК 622.349.21:622.7

**Н.К. Алгебраистова, С.А. Маркова, Н.В. Филенкова,
Л.И. Свиридов, А.А. Лабутина, Е.А. Гроо, А.В. Смолькова**
**ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА
И ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ БОКСИТОВ
ТИМАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Рассмотрены вопросы оценки надежности результатов расчета осадков горнотранспортного оборудования при его работе на отвалах. Предлагаемый подход основан на использовании теории надежности на вероятно-статистической основе. Приводится алгоритм оценки «погрешностей» расчетных величин деформаций техногенных массивов. Ключевые слова: бокситы, минералогический состав, биовыщелачивание, флотация.

Семинар № 26

**N.K. Algebraistova, S.A. Markova,
N.V. Filenkova, L.I. Sviridov, A.A.
Labutina, E.A. Groo, A.V. Smolkova**
**THE MAIN FEATURES OF THE
MATERIAL COMPOSITION AND THE
TECHNOLOGY OF BAUXITE
REFINEMENT OF THE TIMANSKOE
DEPOSIT**

The problems of reliability prediction of outcomes of calculation a deposit(residue) of a mining-and-transport equipment are considered by his(fits) activity on blades. The offered approach is based on usage of a reliability theory on the probable - statistical basis (fundamentals). The algorithm of an estimation of «errors» of estimated values of deformations of technogenic massifs is resulted.

Key words: auxite, mineral composition, bioleaching, flotation.

Актуальность данной работы связана с необходимостью вовлечения в сферу промышленного использования низкосортных и некондиционных бокситов, а также других видов алюминиевого сырья.

Рядом учёных проведены исследования по изучению возможности получения высококачественных бокситовых концентратов путем обогащения. Предложены схемы обогащения и кондиционирования руд, а также различные ва-

рианты включения операций обогащения в схемы получения глинозема [1-9]. Для руд некоторых месторождений показана технико-экономическая целесообразность обогащения низкосортных бокситов.

Объект наших исследований - технологическая проба Средне-Тиманского боксита Вежаю-Ворыквинского месторождения. По химическому составу изучаемая проба относится к высококремнистой разновидности, в ней содержится 46,3% Al_2O_3 , 10,5% SiO_2 , 24,3% Fe_2O_3 .

Боксит поступил в виде рыхлого и обломочного материала.

Для изучения вещественного состава использовали макро и микро-минералогический, рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализы.

Рыхлый материал (до 40% массы пробы) имеет пелито-алевритовую размерность (0,001-0,1 мм).

Обломочный материал (до 60%) встречается светло-желтого, желтовато-серого, розовато-сиреневого до темного вишнево-красного, иногда почти до черного, цветов как слабо цементированный, так и достаточно прочный с высокой твердостью. Обломки имеют различный состав и структуру.

По структурно-текстурным особенностям выделено три типа бокситов:

1. Боксит с массивной сливной текстурой красновато-коричневого цвета с редкими обломками и оолитами более темного цвета размером от 0,015 до 12 мм. Цемент повсеместно более светлый.

2. Бобово-обломочный пестроцветный боксит с буровато-коричневой, зеленовато-коричневой окраской. Порода твердая плотная с редкими порами размером до 2 мм и рудными (гематит, гидроокислы железа) обломками до 3 мм. Оолиты и обломки, более светлые с хорошо видимым зональным строением. Цемент более темный с повышенным содержанием окислов и гидроокислов железа. Размер обломков и оолитов колеблется от 0,02 до 15 мм.

3. Пестроцветный оолитовый боксит представляющий собой плотную твердую породу светлых желтовато-коричневых, красновато-коричневых оттенков. Оолиты и обломки размером от 0,025 до 20 мм имеют преимущественно светлые тона и погружены в цементирующую массу с более темной красновато-коричневой окраской. Они имеют ясно выраженное концентрически-зональное строение. В цементе преобладают окислы и гидроокислы железа. В породе рассеяны редкие поры размером до 1,5 мм, а также остроугольные обломки окислов и гидроокислов железа до 3 мм.

Бемит является основным глиноземсодержащим минералом, содержание которого колеблется в широких пределах от 20 до 85%, при среднем 30-50%. Он выполняет как материал обломков, бобовин, оолитов, так и агрегат цементирующей массы. Большая часть бемита представлена тонкодисперсным скрытокристаллическим, тонкокристаллическим агрегатом с размером зерен менее 0,003 мм. Зерна с размером 0,003-0,01 мм встречаются редко и образуются они часто в пустотах и порах. Бемит интенсивно развивается по обломкам, бобовинам и оолитам, образуя либо пелитоморфный мо-

номинеральный, либо бемит-гиббситовый, бемит-диаспоровый агрегат с каолинитом и шамозитом. В этом агрегате всегда присутствует рассеянная вкрапленность гематита или он пропитан гелем гидроокислов железа. Цементирующая бобово-обломочный материал матрица имеет преимущественно сложный состав с преобладанием одного из основных компонентов с обязательным присутствием гематита и гидроокислов железа в значительных количествах.

Каолинит в изучаемом материале находится в значительных количествах и содержание его изменяется от 0 до 50%, среднее - 20%. Обычно это агрегативные срастания с глиноземсодержащими минералами, окислами и гидроокислами железа. Значительно реже встречаются мономинеральные чешуйки размером 0,05 мм и агрегаты до 0,5 мм. Мономинеральные агрегаты и чешуйки каолинита часто полностью замещают обломки и бобовины. В цементе он образует полиминеральный агрегат сложного состава. Иногда наблюдается замещение гиббсита каолинитом.

Диаспор встречается довольно редко (в пределах 3%) и не образует крупных зерен и агрегативных скоплений. Чаще всего он встречается в виде агрегативных срастаний с бемитом, гиббситом, каолинитом и замещает как бобово-обломочный материал, так и цемент. Диаспор преимущественно пелитоморфный и тонкозернистый агрегат с изометричными ксеноморфными краями. Размер выделений диаспора не превышает более 0,005 мм.

Гиббсит находится преимущественно в бобово-обломочном материале в тех же количествах, что и диаспор и образует гиббсит-бемитовый пелитоморфный агрегат с примесью аморфного алюмогеля. В некоторых бобовинах гиббсит представлен таблитчато-призматическими кристалликами размером до 0,005 мм.

Из алюминийсодержащих минералов встречается алюмогель сложного состава с криптокристаллической структурой

в ассоциации с бемитом, диаспором и гиббситом, а также гематитом и гидроксидами железа как в бобово-обломочном материале, так и цементе.

В бокситах преобладают обломочные, оолитовые, пятнистые, очковые, брекчиевидные структуры от скрытокристаллических до пелито-алевритовых. Текстуры преимущественно бобовые, очковые, оолитовые, брекчиевидные, землистые, колломорфные.

Основными рудными минералами в изучаемой пробе являются гематит и гетит, содержание которых варьирует в широких пределах от 1-3 до 50%, реже шамозит с разбросом содержаний от 0 до 30%. Встречаются единичные выделения пирита, анатаза.

Гематит является преобладающим рудным минералом и его содержание в отдельных обломках колеблется в широких пределах (от 5-7 до 90 % от всего количества рудной составляющей), а в абсолютных величинах в бокситах его содержание достигает 40%. Гематит встречается в нескольких формах:

Равномерной и неравномерной расseyанной вкрапленности как в цементе, так и в обломочной нерудной массе. Форма гематита во вкрапленниках преимущественно изометричная с неровными ксеноморфными краями, реже это обычно таблитчатые, пластинчатые и игольчатые выделения. Размер выделений гематита составляет 0,001-0,035 мм, реже 0,20 мм (рис. 1, а).

Колломорфного псевдоморфного агрегата по нерудным обломкам. В этом случае форма выделений гематита зависит от замещаемого субстрата. Размеры таких агрегатов зависят от величины обломков и составляют до 3 мм (рис. 1, б). Концентрически зональных кайм по нерудным обломкам, размеры которых изменяются от 0,001 до 0,15 мм (рис. 1, в). Тонких прожилков по трещинам и плоскостям спайности в нерудных (слюдистых и глинистых) минералах. Размеры этих прожилков составляют 0,001-0,005 мм. Собствен-

ных обломков, вокруг которых идет формирование новообразованных нерудных минералов с образованием структуры оолитов (рис. 1, г).

Сплошных агрегативных образований размером до нескольких сантиметров с массивной текстурой со скрыто-, тонко- и мелкозернистой структурой и равномерной или неравномерной (в разных обломках) вкрапленностью нерудных минералов (рис. 1, д).

Гетит в бокситах присутствует в подчиненных количествах и содержание его в отдельных обломках изменяется от 1 до 12%. Он встречается в виде раскристаллизованных агрегативных скоплений в тесном сростании с гематитом. Размеры сростаний до 0,45 мм.

В единичных случаях встречаются стяжения раскристаллизованного геля.

Достаточно часто гетит развивается по обломкам и оолитам с образованием кайм, прожилков размером до 0,015 мм. Пирит обнаружен в одном случае в колломорфном агрегате гидрогеля гетита. Пирит изометричной ксеноморфной формы размером от 0,005 до 0,03 мм.

Анатаз диагностирован в одном случае в агрегате из изометричных и слабо вытянутых пластинок гипидиоморфной формы в цементирующей массе гетита. Размеры изменяются от 0,001x0,004 до 0,01x0,05 мм.

Шамозит в бокситах распределен крайне неравномерно и его содержание изменяется от 0 до 15%, а среднее – 4-6%. Это преимущественно скрытокристаллический и пелитоморфный агрегат, который интенсивно развивается по обломочно-бобовому материалу, и, возможно, полностью замещает минералы глинозема. Аналогичная ситуация происходит и в цементе. В нем отсутствуют включения минералов железа. При значительных скоплениях шамозита боксит приобретает зеленовато-бурую окраску.

Изучение минералогического состава показало тонкую вкрапленность (<0,005 мм) минералов, а ситовой анализ (табл. 1) - отсутствие отдельных классов крупности, выделение которых может быть целесообразным для предконцен-

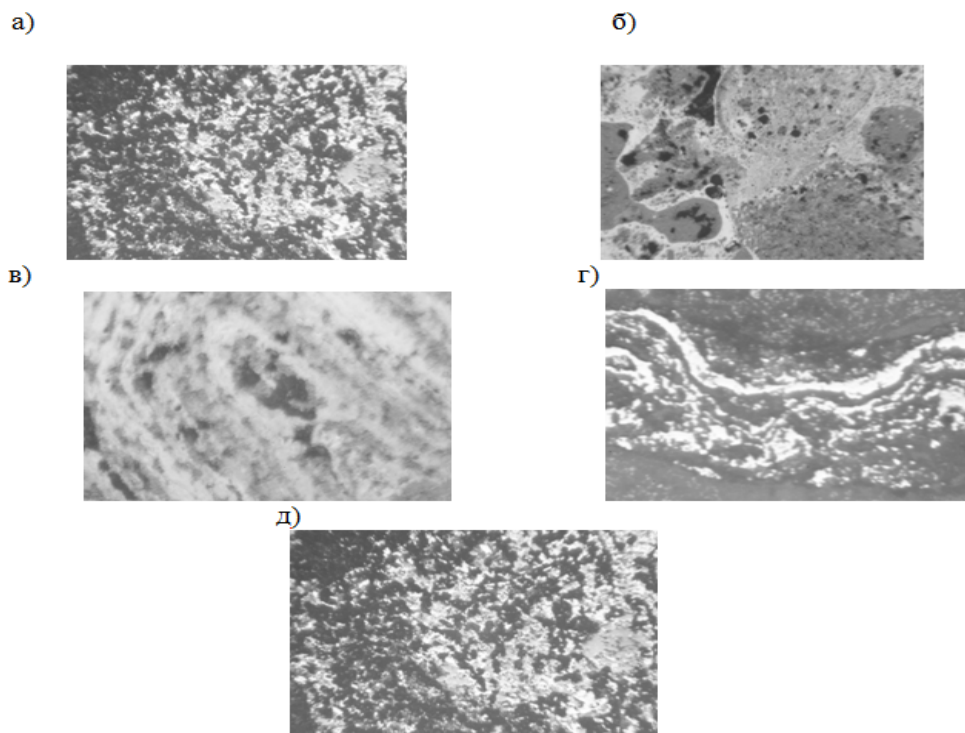


Рис. 1 *Формы гематита в бокситах:* а) Рассеянная вкрапленность гематита (светлое) в тонкодисперсном бемит-каолининовом агрегате; б) Рассеянная вкрапленность гематита (светлое) в оолитах и обломках, а также в цементе боксита; в) концентрически зональное замещение гематита по нерудным обломкам; г) формирование структуры оолитов; д) агрегативные срастания гематита (светлое) и гетита (чуть темнее) в тонкодисперсном агрегате бемита и каолинита

трации. Количество шламов в пробе (-0,04+0 мм) составляет ~ 32%.

Исследования, проведенные нами на руде крупностью -40+20 мм и -60+20 мм в ООО «РАДОС» показали, что бокситы Средне-Тиманского месторождения относятся к малоконтрастным и труднообогатимым рудам, поэтому, возможность удаления разубоживающих пород для повышения качества продукта с использованием рентгенорадиометрической сепарации является нецелесообразным. Однако, если задачей является не выделение отвальных хвостов, а разделение боксита на сорта, то результаты, полученные на данной стадии исследования дают основание для проведения дальнейших работ по выбору

метода обогащения на стадии рудоподготовки.

Исследования гравитационным методом обогащения реализовывали на центробежном сепараторе «Итомак КН-0,1», концентрационном столе СКО-0,5 и винтовом шлюзе ШВ-350. Выявлено, что оксид железа несколько больше концентрируется в тяжелых фракциях. Выход тяжелой фракции значительно возрастает при уменьшении крупности питания, кремниевый модуль при этом не меняется. Перераспределения оксидов алюминия и кремния в легкую или тяжелую фракции нет.

Магнитная сепарация с предварительной температурной обработкой позволила получить бокситовый продукт с содержанием 53,1% Al_2O_3 , 11,7% SiO_2 ,

26,4% Fe₂O₃ при извлечении в него
96,4% Al₂O₃, 92,7% SiO₂, 90,0% Fe₂O₃.

Таблица 1
**Распределение основных компонентов по классам крупности
 в пробе руды месторождения Среднего Тимана**

Класс крупности, мм	γ, %	Массовая доля, %					Извлечение, %					
		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		TiO ₂	Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃		TiO ₂	Cr ₂ O ₃
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	μ _{си}	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	
+10	0,6	43,3	10,9	24,6	2,36	0,05	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	
-10+5	20,5	45,0	10,4	24,2	2,45	0,04	20,5	20,6	20,4	18,1	14,1	
-5+2,5	14,5	44,9	10,2	24,0	2,44	0,05	14,5	14,3	14,3	12,8	12,5	
-2,5+1,25	3,3	45,6	10,3	24,7	2,46	0,05	3,3	3,3	3,5	2,9	2,9	
-1,25+0,074	23,9	46,5	10,0	25,1	2,53	0,05	24,6	23,1	24,7	21,8	20,6	
-0,074+0,04	4,6	45,2	9,2	27,0	2,99	0,09	4,6	4,1	5,1	5	7,1	
-0,04+0,02	25,0	42,6	10,6	24,1	3,45	0,08	23,7	25,6	24,8	31,1	34,5	
-0,02+0,01	3,6	48,3	11,4	21,6	3	0,06	3,9	3,9	3,2	3,9	3,7	
-0,01+0	4,0	48,3	11,6	21,1	2,72	0,06	4,3	4,5	3,4	3,9	4,1	
Итого	100	44,99	10,35	24,29	2,77	0,06	100	100	100	100	100	

Две операции технологической схемы (восстановительного обжига и последующей магнитной сепарации), повышают содержание двуокси алюминия в продукте обогащения на 7,98%, но кремниевый модуль практически не повышается.

Исследовано влияние на процесс выщелачивания кремния и алюминия из бокситов аборигенных микроорганизмов (бактерий и грибов), селективно выделенных бактерий и грибов (*Aspergillus niger*) из других местообитаний, а также растворами коммерческих органических кислот (продуктов их биосинтеза - лимонной и шавелевой).

Определено, что из бокситов возможно извлечь 8,77% алюминия, но кремний при этом почти не выщелачивается в раствор. Оптимизация технологического процесса: температура, рН состав выщелачивающего раствора, интенсивность перемешивания, продолжительность цикла и кратность обмена жидкой фазы, возможно, позволят улучшить показатели биовыщелачивания, но на данный момент этот процесс нельзя рассматривать как перспективный для повышения качества бокситов.

Одним из наиболее целесообразных методов обогащения тонкодисперсных руд является флотация. Универсальность этого метода общеизвестна.

Основными факторами, определяющими возможность и эффективность флотации бокситов, являются: гранулометрический состав измельченного боксита, степень обособления основных минералов при подготовке к флотации, физико-химическая подготовка пульпы, интенсификация процесса взаимодействия собирателя и других реагентов с развитой поверхностью зерен и поверхностью воздушных пузырьков. Флотация исследовалась с использованием оксигидрильных собирателей (прямая) и катионно-активных (обратная).

В последние годы появилось много интересных сообщений о результатах обратной флотации и механизмах взаимодействия аминов с поверхностью минералов, слагающих бокситовое сырьё [4-6].

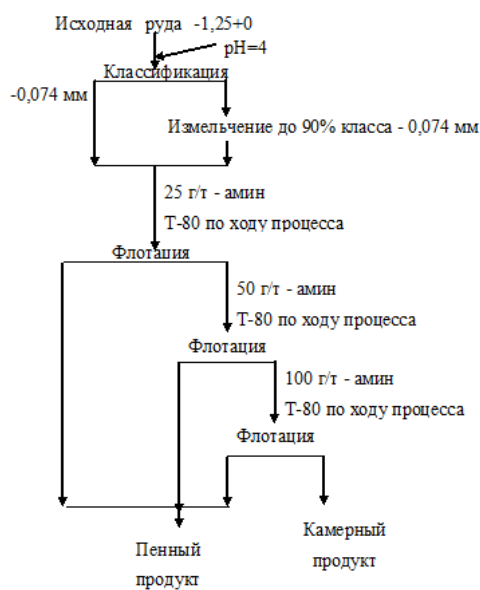


Рис. 2. Схема флотационного обогащения бокситов

В связи с этим, нами были исследованы реагенты фирмы ОАО «Бератон»: Берамин, Берамин-1, Берамин-2 и китайские реагенты: 12-первичный амин, 18-первичный амин, амин кокосового масла, GH-YY, GH-YZ, GH-YO. Харак-

теристики используемых реагентов представлены в табл. 2-4.

Характеристика используемых реагентов представлена в табл. 2, 3, 4.

Схема проведения опытов обратного флотационного обогащения изображена на рис. 2. При классификации pH среды поддерживалась серной кислотой и была равна 4. Флотацию вели до истощения пены, что составило для первой операции флотации 3 мин, для второй и третьей 5 и 7 минут соответственно. Результаты проведения представлены в табл. 5.

Как видно, наибольшее извлечение кремнезема (40,76%) достигается при применении реагента Берамин 2 и реагента Берамин (27,39%). Наибольшее содержание в пенном продукте оксида кремния (12,9%) и наибольший кремниевый модуль в камерном продукте (4, 8) получен при использовании реагента GH-YY.

Прямую флотацию проводили в лабораторной флотационной машине механического типа в три операции: основная, контрольная и перечистная. Процесс вели в щелочной среде при pH~11, создаваемой едким натром, до истощения пены. Для основной, перечистной и контрольной операций время флотации со-

Таблица 2

Качественные показатели реагентов ОАО «Бератон»

Показатель	Берамин 1	Берамин 2	Берамин
Аминное число, мг HCl/г, не менее	34,1	56,3	94,5
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,807	0,906	0,905

Таблица 3

Качественные показатели реагентов 18-первичный амин, 12-первичный амин, амин кокосового масла

Реагент	Число общего амина, мг/г	Число йода, г/100г	Начало затвердевания, °С	C ₈	C ₁₀	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈
18-первичный амин	185-219	<4	40-46	-	-	-	3	30	67
12-первичный амин	255-306	<1	20-28	-	1	98	1	-	-
Амин кокосового масла	240-290	<12	13-23	4	6	48	20	10	12

Таблица 4

Качественные показатели реагентов GH-YZ, GH-YY, GH-YO

Реагент	Содержание активной массы	Начало за-твердева-ния	Число амина	Число фосфора	Вспомога-тельное вещество
GH-YZ	≥90%	20-28	275-306	<1	5-7%
GH-YY	≥90%	20-28	275-306	<1	5-7%
GH-YO	≥92%	<0	255-285	<1	4-6%

Таблица 5

Результаты флотационного обогащения бокситов Среднего Тимана

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		μ _{Si}	Применя-емый реагент
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂		
Пенный	26,32	46,10	12,00	26,24	27,39	3,84	Берамин
Камерный	73,68	46,30	10,20	73,76	72,61	4,54	
Исходный	100,00	46,24	10,34	100,00	100,00	4,47	
Пенный	12,37	46,00	12,60	12,59	14,75	3,65	Берамин 1
Камерный	86,63	45,60	10,40	87,41	85,25	4,38	
Исходный	100,00	45,19	10,56	100,00	100,00	4,23	
Пенный	35,42	46,40	12,30	35,52	40,76	3,77	Берамин 2
Камерный	64,58	46,20	9,80	64,48	59,24	4,71	
Исходный	100,00	46,27	10,68	100,00	100,00	4,33	
Пенный	14,14	46,30	12,80	14,06	17,13	3,62	Амин коко-сового масла
Камерный	85,86	46,60	10,20	85,94	82,83	4,57	
Исходный	100,00	46,55	10,56	100,00	100,00	4,41	
Пенный	14,14	46,90	11,90	14,24	15,96	3,94	GH-YO
Камерный	85,86	46,50	10,30	85,76	84,01	4,51	
Исходный	100,00	46,55	10,52	100,00	100,00	4,42	
Пенный	18,37	46,30	12,90	18,27	23,03	3,59	GH-YY
Камерный	81,63	46,60	9,70	81,73	76,97	4,8	
Исходный	100,00	46,54	10,28	100,00	100,00	4,53	
Пенный	14,43	46,70	11,80	14,48	16,46	3,96	12-первичный амин
Камерный	85,57	46,50	10,10	85,52	83,54	4,6	
Исходный	100,00	46,52	10,34	100,00	100,00	4,49	
Пенный	16,33	47,90	10,70	16,80	16,72	4,48	18-первичный амин
Камерный	83,67	46,30	10,40	83,20	83,28	4,45	
Исходный	100,00	46,56	10,44	100,00	100,00	4,46	
Пенный	11,34	46,50	12,30	11,34	13,48	3,78	GH-YZ
Камерный	88,66	46,50	10,10	88,66	86,52	4,60	
Исходный	100,00	46,5	10,34	100,00	100,00	4,49	

ставило 5, 3 и 7 мин. соответственно. Реагенты дозировали в виде водных растворов концентрацией 1%. В качестве депрессора на силикатную составляющую использовали ГМФ; в качестве

реагентов-собирателей испытывали олеиновую кислоту, ТЖК, СЖК, ОЖК.

Расход реагентов варьировал от 200 до 1000 г/т с шагом 200 г/т., время агитации - от 5 до 60 минут. Агитацию

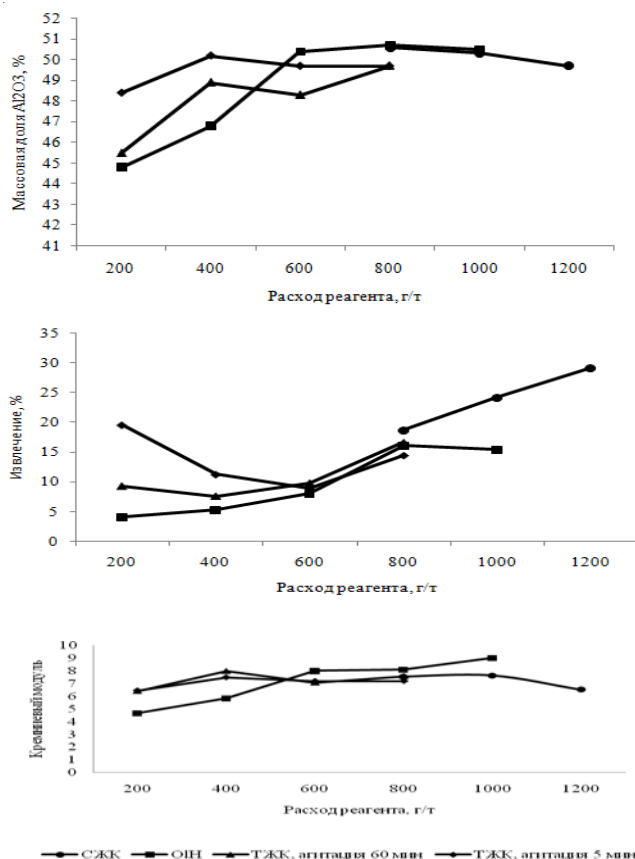


Рис. 3. Влияние расходов различных собирателей на показатели прямой флотации бокситов

жанием Al_2O_3 49,7%, при извлечении - 16,7%. Кремниевый модуль при изменении расхода ТЖК мало зависит от времени агитации и варьирует в пределах от 6,41 до 8 (рис. 3).

Использование реагента СЖК приводит к значительному увеличению выхода пенного продукта (до 27,27%) в сравнении с олеиновой кислотой. Но при увеличении расхода этого реагента с 800 до 1200 г/т, кремниевый модуль снижается на единицу и его значение ниже, в сравнении с кремниевым модулем, полученным при использовании олеиновой кислоты.

Таким образом, применение олеиновой кислоты обеспечивает технологические показатели выше в сравнении с другими реагентами.

Использование олеиновой кислоты позволяет получить бокситовый концентрат с кремниевым модулем 9,02 и содержанием Al_2O_3 в концентрате 50,5%, при извлечении - 15,38%.

Дальнейшая работа выполнялась в направлении повышения извлечения Al_2O_3 в бокситовый концентрат.

С этой целью поставлены опыты по принципу непрерывного процесса (в замкнутом цикле), проведены флотационные опыты по оптимизации реагентного режима.

Флотация бокситов в замкнутом цикле осуществлялась с четырехкратным возвратом промпродуктов в основную операцию (рис. 4). За счет реализации замкнутого цикла происходит увеличение извлечения Al_2O_3 в концентрат более чем на 20 %.

проводили как в камере флотационной машины так и под мешалкой.

Исследования показали, что применение реагента-собирателя ОЖК не даёт приемлемых результатов (выход концентрата составил всего 5%).

Результаты исследований представлены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что кремниевый модуль возрастает с 4,67 до 9,02 при изменении расхода олеиновой кислоты от 200 до 1000 г/т. Лучшие результаты достигнуты при расходе олеиновой кислоты 1000 г/т, при этом содержание Al_2O_3 в концентрате составило 50,5%, SiO_2 - 5,6%; извлечение Al_2O_3 - 15,38, SiO_2 - 7,4%.

Реагент ТЖК обеспечивает лучшие технологические показатели при расходе 800 г/т и времени агитации 1 час. В этих условиях получен концентрат с содер-

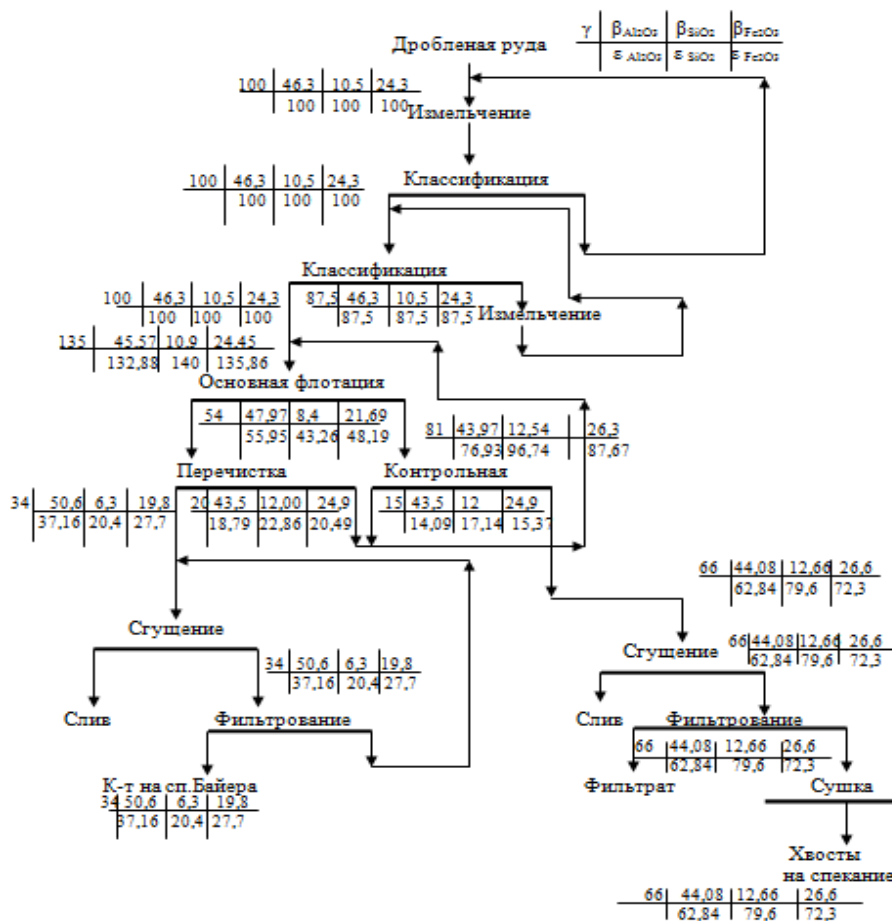


Рис. 4. Рекомендуемая схема обогащения бокситов Средне-Тиманского месторождения

С целью совершенствования режима флотации проведены опыты по целесообразности подачи собирателя в контрольную флотацию. Определено, что оптимальная загрузка олеиновой кислоты в количестве 1000 г/т в контрольную флотацию обеспечивает прирост извлечения ценного компонента в концентрат на 18,5%, при снижении значения кремниевого модуля на 0,5 единицы.

Известно, что на воздухе олеиновая кислота быстро окисляется и полимеризуется, приобретая желтую окраску.

Весьма чувствительна к понижению температуры пульпы. Ввиду малой растворимости в воде, ее рационально вво-

дуть в пульпу в смеси с апоялярными собирателями, а диспергирование может привести к существенному снижению её расхода [2]. Ранее отмечено [9], что электровзрыв активирует растворы реагентов, обеспечивая при их использовании во флотации более качественные показатели.

Учитывая это, были проведены исследования по агитации пульпы с олеиновой кислотой волотомашине, под мешалкой, перемешиванием под мешалкой с добавкой керосина, подвергали собиратель электровзрывной активации (ЭВА).

Определено, что условия перемешивания существенно влияют на технологические показатели обогащения. При перемешивании во флотомашине происходит

обильное пенообразование. Образованную пену гасили механическим способом. После агитации флотировали, при этом получили качественный пенный продукт с кремниевым модулем 11,62, но извлечение не достигало и 7%. Если пену не гасить, а всю переводить в концентрат, то эти технологические показатели будут 9,02 и 7,4 соответственно.

В случае перемешивания под механической мешалкой и когда олеиновую кислоту смешивали с керосином, объем пены и технологические показатели близки. Агитация в этих условиях позволяет увеличить выход пенного продукта до 22,4-23,7 % и получить концентрат с кремниевым модулем -8,3-8,86. Исследования показали, что электровзрывная активация 1% раствора олеиновой кислоты дву-

кратным импульсом энергией 15 кДж/дм³ не оказывает существенного влияния на результаты обогащения.

Таким образом, установлено, что наиболее эффективным для бокситов Средне-Тиманского месторождения является флотационный метод обогащения (прямая флотация).

Изучены особенности и закономерности флотационного процесса исследуемой руды, которые положены в основу разработанной технологической схемы. Рекомендуемая схема позволяет получить концентрат с массовой долей Al₂O₃ 50,6%, извлечением Al₂O₃ 37,16% и кремниевым модулем 8,03, пригодного для переработки по методу Байера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шемякин, В.С., Мельцов В.П., Фомин Э.С., Макаров Н.М./ Обогащение бокситов радиометрическими методами/ VI Конгресс обогатителей стран СНГ. Материалы Конгресса, том I.-М.:Альтекс, 2007.- 294 с.
2. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1981. 304 с.
3. Башлыкова Т.В., Воропаева Н.П. «О флотиремости бемитовых бокситов Среднего Тимана». В сб. «Исследования по развитию схем и процессов обогащения руд олова, вольфрама, алюминия» М., ВИМС, 1978.
4. Глиноземно-силикатная флотация с четвертичными аммониевыми солями. Aluminum-silicates flotation with quaternary ammonium salts / Wang Y., Hu Y., Chen X. // Trans. Nonferrous Metals Soc. China. - 2003. - 13, № 3. - С. 715-719. - Англ.
5. Влияние полимеров гидроксамовой кислоты на обратную флотацию боксита. Effect of hydroxamic acid polymers on reverse flotation of bauxite / Li Hai-pu, Hu Yue-hua, Wang Dian-zuo, Xu Jing // J. Cent. S. Univ. Technol. : Sci. and Technol. Mining and Met. Science and Technology of Mining and Metallurgy. - 2004. - 11, № 3. - С. 291-294. - Англ.
6. Прогресс в обескремнивании флотацией диаспоро-бокситовых рудных материалов. Progress in flotation de-silica / Hu Y. // Trans. Nonferrous Metals Soc. China. - 2003. - 13, № 3. - С. 656-662. - Англ.
7. Обогащение бокситов / В.П.Кузнецов, М.Л. Волова и др. М.: Недра, 1978.-277 с.
8. Федяев Ф. Ф., Шемякин В. С., Останин А. В. Флотационное обогащение бокситов ЮУБР // Изв. вузов. Цветная металлургия, - 1980, -№9, с. 97-99
9. Шепелев И.И. Электровзрывная активация водных гетерогенных систем в процессах переработки руд и сточных вод / Дисс... докт.техн. наук.-Красноярск: СибГТУ, 2001. - 455 с. **ИДБ**

Коротко об авторах

Алгебраистова Н.К. – зав. кафедрой ОПИ, доцент, кандидат технических наук,
Маркова С.А., Филенкова Н.В. – ст. преподаватели,
Свиридов Л.И. – доцент, кандидат технических наук,
Лабутина А.А. – ассистент,
Гроо Е.А., Смолькова А.В. –

ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» («СФУ») Институт цветных металлов и материаловедения, OPI@color.krasline.ru