

УДК 622.766

Ю.В. Рябов, Р.Н. Моисеева, З.А. Комарова, В.Н. Лыгач
ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО
ОБОГАЩЕНИЯ РУД ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО
СЫРЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Изложены результаты многолетних поисковых исследований в области фотометрической сепарации руд горно-химического сырья. Показано, что на стадии предварительного обогащения из баритовых, фосфоритовых и борно-гипсовых руд может быть удалена значительная часть пустой породы и достигнуто существенное извлечение полезных минералов в качественные концентраты.

Ключевые слова: фотометрическая сепарация, баритовые руды, фосфоритовые руды, борно-гипсовые руды.

Среди сухих методов обогащения минерального сырья всё более широкое применение получает радиометрическая сепарация. В её основе лежат рентгеновский, фотометрический, люминисцентный и индукционный способы распознавания минералов. Интересным, с точки зрения разделения неметаллических минералов, представляется оптический или фотометрический способ сепарации. В качестве разделительного признака при фотометрической сепарации используется различная отражательная или пропускная способность минералов в отношении света, реакция на поляризованный свет, флюоресценция. Не будем останавливаться на принципе действия фотометрических сепараторов, он изложен в соответствующих публикациях [1, 2]. Современные оптические сепараторы, использующие в качестве сенсорных устройств цветные камеры, позволяют разделять минеральные частицы в широком диапазоне их окраски. Они обладают высокой раз-

решающей способностью при распознавании минералов, что обеспечивает эффективное разделение частиц крупностью от 250 до 2—3 мм. Производительность сепараторов в значительной мере зависит от крупности кусков разделяемого минерала. Так по данным фирмы Mogensen (ФРГ), для материала крупностью от 250 до 80 мм она достигает 150-250 т/час, а для частиц крупностью 35-3 мм она снижается до 30-5 т/час.

В последнее время диапазон применения фотометрической сепарации существенно расширился: вслед за успешным применением этого метода при обогащении руд, содержащих алмазы, изумруд, золото, платину и т. д., сообщается о технологически и экономически успешном применении этого способа обогащения для кварцевых, керамических, калийных руд, известняка, т. е. для сырья, которое первоначально казалось, с экономической точки зрения, неприемлемым для применения столь дорогостоящей техники. Фотометрические сепарато-

Таблица 1

Сводные результаты фотометрического обогащения пробы баритовой руды месторождения Сангилян (Афганистан)

Наименование продуктов	Выход, %	Масс. доля BaSO ₄ , %	Извлечение BaSO ₄ , %
Общий баритовый концентрат - 150+10 мм	63,76	90,65	67,15
в том числе концентратная фракция -75+10 мм	38,49	92,0	41,18
Пром. продукт -150+10 мм	22,49	73,18	18,24
Отсев -10 мм	13,75	91,46	14,61
Исх. руда (-150+10 мм)	100,0	86,06	100,0

ры успешно работают в Испании на фабрике, где осуществляется очистка кварца от примесей железа [3], в Италии, где на фабрике Маффай этим способом натрий-калиевые полевые шпаты, окрашенные в серый цвет, отделяются от «чистых» по цвету натриевых шпатов [4]. По сообщению фирмы Steinert (ФРГ) в Финляндии фотометрической сепарацией обогащают известняковые руды, концентрат от обогащения которых на порядки дешевле алмазов и платины.

ГИГХС начал исследования фотометрического обогащения горнохимических руд в 70-ых годах прошлого столетия. Ниже приведены результаты исследований, начиная с семидесятых годов прошлого века и кончая 10 годом нынешнего.

Баритовые руды месторождений Сангилян (Афганистан) и Чорди (Грузия)

Целью применения фотометрической сепарации баритовой руды месторождения Сангилян было выделение баритового концентрата на стадии среднего дробления и сокращение объемов материала, подвергаемого глубокому обогащению методами отсадки и флотации. На сепараторах типа Сортекс из класса -75 мм был получен концентрат с содержа-

нием более 92 % BaSO₄. Сводные результаты фотометрической сепарации баритовой руды месторождения Сангилян приведены в табл. 1. Эти результаты были заложены в основу предпроектных данных на строительство горнообогатительного предприятия, которое, к сожалению, не было осуществлено в связи с началом военных действий на территории Афганистана.

Задача испытаний фотометрической сепарации баритовых руд месторождения Чорди (Грузия) заключалась в выделении крупнокусковой пирит содержащей порфиритовой породы и в снижении содержания железа действующей обогатительной фабрики. Испытания проводились на сепараторах Сортекс совместно с ВИМСом. Из проб руды, содержащих 70 % BaSO₄ и 0,74-1,39 % Fe₂O₃, дроблёных до крупности 150-50 мм, были получены черновые концентраты с содержанием не менее 80 % барита и 0,97-0,45 % Fe₂O₃, которые предполагалось дообогащать по флотационной схеме на действующей фабрике (табл. 2).

Фосфоритовые руды месторождения Коксу (Казахстан)

Исследования фотометрической сепарации фосфоритов были начаты

Таблица 2

Сводные результаты фотометрической сепарации проб 1 и 4 баритовой руды месторождения Чорди (Грузия)

№№ пробы	Наименование продуктов	Выход, %	Масс. доля, %			Извлечение, %		
			BaSO ₄	Fe ₂ O ₃	CaO	BaSO ₄	Fe ₂ O ₃	CaO
1	Концентрат -50+5 мм	35,74	75,86	0,83	8,42	39,02	21,34	45,25
	Отсев -5 мм	45,02	83,78	1,08	3,38	54,28	34,98	22,88
	Материал для последующего обогащения	80,76	80,28	0,97	5,61	93,30	56,32	68,13
	Хвосты	19,24	24,20	3,15	11,02	6,70	43,68	31,87
	Исх. руда -50 мм	100,0	69,49	1,39	6,65	100,0	100,0	100,0
4	Концентрат -150+5 мм	41,88	75,57	0,33	11,5	44,91	18,65	52,35
	Отсев -5 мм	42,01	83,53	0,57	5,32	49,79	32,16	24,30
	Материал для последующего обогащения	83,89	80,0	0,45	8,4	94,7	50,81	76,65
	Хвосты -150+5 мм	16,11	23,25	2,27	13,34	5,3	49,19	23,35
	Исх. руда -150 мм	100,0	70,48	0,74	9,2	100,0	100,0	100,0

Таблица 3

Результаты поисковых опытов фотометрической сепарации (ФМС) фосфатной руды класса -20+10 мм пробы 2 месторождения Коксу

Продукты разделения	Выход от операции ФМС, %	Содержание P ₂ O ₅ , %	Извлечение P ₂ O ₅ от операции ФМС, %	Содержание н.о., %
Хвосты (светлое)	19,76	14,6	12,4	41,7
Промпродукт (сростки)	40,80	23,3	40,8	22,4
Концентрат ФМС (темное)	39,44	27,6	46,8	17,7
Итого:	100,0	23,27	100,0	

в 2008 г. в сепараторах нового поколения, в которых критерием распознавания минералов служит не коэффициент отражения света, а цветовая характеристика минералов. Целью опытов фотометрической сепарации было выделение глинисто-кремнистых сланцев на стадии дробления руды перед стадией глубокого обогащения флотационным методом. Опыты фотометрической сепарации фракции руды -20+10 мм проводилась на се-

параторе Optosort. Результаты опытов приведены в табл.3. Из руды, содержащей 23,27 % P₂O₅, способом фотометрической сепарации по схеме, приведённой на рис. 1, возможно получить концентрат (тёмная фракция), содержащий 27,6 % P₂O₅ и 17,7 н. о. (нерастворимый остаток). Особо важно отметить, что результаты фотометрической сепарации фосфоритов месторождения Коксу близки к результатам их разделения в тяжёлой жид-



Рис. 1. Схема фотометрической сепарации класса -20+10 мм исходной руды пробы 2 месторождения Коксу

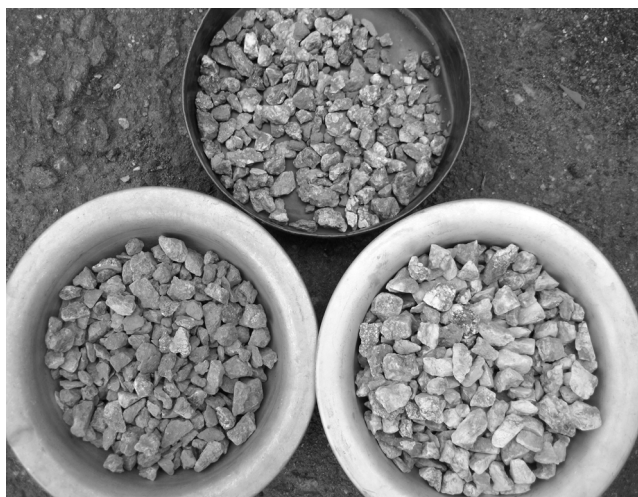


Рис. 2. Общий вид продуктов разделения ФМС, фракция -20+10мм пробы № 4

кости плотностью $2,9 \text{ г/см}^3$, что является моделью тяжёлосреднего обогащения. Таким образом, фотометрическая сепарация является альтернативой тяжёлосреднему способу, принятому для фосфоритов месторождения Коксу. Он позволит удалить свыше 20 % породы перед глубоким обогащением.

С целью повышения качества фосфатного концентрата фотометрической сепарации был выполнен поисковый опыт по доводке его биохимическим методом и термической прокалкой (высокотемпературной сушкой). Полученный концентрат содержал 30,5 % P_2O_5 и 19,6 % Н.О. Достиженные результаты следует рассматривать как сугубо предварительные данные по применению новых методов доводки продуктов ФМС.

Элювиальные бораты месторождения Сатимола (Казахстан)

Исследовалась обогатимость способом фотометрической сепарации (ФМС) классов -20+10 мм и -10+5 мм мытой пробы боратовой руды. Крупный класс -20+10 мм был испытан на сепараторе Optosort, а мелкий -10+5 мм – на сепараторе фирмы Steinert. На рис. 2 представлена фотография продуктов разделения ФМС. Результаты опыта приведены в табл. 4.

Повторная сепарация хвостового продукта основной операции (тёмного) обеспечило выделение продукта с содержанием 25,79 % B_2O_3 при выходе 12,2 % от операции. Общий продукт – концентрат основной операции + промпродукт содержит 39,63 % B_2O_3 при выходе 30,99 % от исходной руды и извлечении 53,51 % от исходной руды.

Таким образом, оптическое обогащение верхнего класса мытой руды

Таблица 4

Результаты фотометрической сепарации класса -20+10 мм на сепараторе «Optosort» мытой пробы 4, дробленой до -20 мм

Наименование продуктов	Выход, %		В ₂ O ₃ , %			Массовая доля, %	
	от операции	от исх. руды	Масс. доля	Извлеч. от операц.	Извлеч. от исх. руды	Н.О.	MgO
Концентрат	50,4	24,95	42,98	74,95	46,73	0,58	4,0
Промпродукт	12,2	6,04	25,79	10,88	6,78	4,74	6,6
Хвосты	37,4	18,51	10,88	14,17	8,83	14,62	5,8
Мытая руда	100,0	49,5	28,9	100,0	62,36		

Таблица 5

Результаты фотометрической сепарации на промышленном сепараторе Steinert класса -10+5 мм мытой пробы 4

Наименование продуктов	Выход, %		В ₂ O ₃ , %		
	от операции	от исх. руды	Масс. доля	Извлеч. от операц.	Извлеч. от исх. руды
Концентрат (светлое)	28,94	4,54	36,85	43,88	7,28
Хвосты (темное)	71,06	11,16	19,18	56,12	9,34
Итого (кл. -10+5 мм)	100,0	15,7	24,3	100,0	16,62

-20+10 мм протекает с высокой эффективностью.

Более мелкий материал -10+5 мм испытывался на промышленном сепараторе фирмы Steinert, установленном в цехе Втормет (г. Люберцы, Московская обл.) результаты опытов представлены в табл. 5.

Был выделен «светлый» концентратный продукт, содержащий 36,85 % В₂O₃ при извлечении 43,88 % от операции или 7,28 % от руды. Суммарные показатели фотометрической сепара-

ции классов -20+10 мм и -10+5 мм: выход концентрата 29,5 %, содержание В₂O₃ не менее 40 %, извлечение В₂O₃ в концентрат 54 %.

Таким образом, исследование фотометрической сепарации баритовых, фосфоритовых и боратовых руд, носившие поисковый характер, показали эффективность этого метода обогащения, который вполне может стать альтернативой мокрым способам, таким, например, как тяжёлосреднее обогащение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heinrich Schubert «Aufbereitung fester Stoffe», Band II, Seite 456-461, Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1996.

2. Hartmut Harbeck: «New Developments in Sensor-Based Sorting», AT Mineral Processing, Nr. 2, 1008, p. 22-27.

3. Markus Deler: «Optische Sortierung von Quarzkieseln zur Senkung des Eisengehaltes», Aufbereitungstechnik. — № 8/9, 2006. — P. 6—8.

4. Hartmut Harbeck: Optoelektronische Sortierung zur Aufbereitung von Feldspat bei Maffei Sarda», №. 9, 2001. — P. 438-444. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Рябов Ю.В. — кандидат технических наук, зав. лабораторией,

Лыгач В.Н. — кандидат технических наук, профессор, зам. ген. директора, V.Lygach@gighs.net,

Государственный научно-исследовательский институт горнохимического сырья,

Моисеева Р.Н. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

Комарова З.А. — аспирант, zak_17@mail.ru,

Московский государственный горный университет.