

УДК 622.7

И.В. Алушкин, Т.И. Юшина, В.А. Рассулов, А.В. Воронкин
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ
ОТВАЛОВ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ
РУДНИКА ХЕТОЛАМБИНА РАДИОМЕТРИЧЕСКИМИ
МЕТОДАМИ

Описан принцип работы радиометрических методов обогащения, приведены результаты ранее проведенных исследований по обогащению кварц-полевошпатowego сырья радиометрическими методами, не получившими применения на производстве. Найден и опробован на действующей фабрике эффективный метод и аппаратура разделения, приведены технологические и минералогические показатели.

Ключевые слова: Хетоламбина, радиометрическая сепарация, фотометрический, фотолуминесцентный, рентгенолуминесцентный, рентгенорадиометрический методы.

Тема:

Комплексное и максимально полное использование природных ресурсов, снижение себестоимости их переработки, а так же уменьшение антропогенного воздействия на окружающую среду – вот наиболее волнующие проблемы горнодобывающей отрасли. С развитием техники и технологий реализованы низкобюджетные радиометрические методы переработки техногенных отвалов в целом, либо заметного их сокращения. Объемы вынесенного на поверхность минерального сырья за последние годы, перерабатывать которое считалось не рентабельно, исчисляются десятками миллионами т.

На сегодняшний день процесс переработки техногенных отвалов имеет несколько позитивных составляющих:

Экологическая – сокращается площадь земли, занятая под складирование отвалов (рекультивация земель);

Экономическая – себестоимость переработки заметно ниже, чем при разработке нового месторождения: исключение весомых затрат на геологоразведочные, буровзрывные работы и работы по извлечению материала из недр. Низкие капитальные затраты;

Технологическая – схема переработки материала существенно упрощается - за счет исключения из цепочки дорогостоящих операций дробления и измельчения.

Процесс радиометрической сепарации (РМС) основан на различии минералов в поглощении или отражении излучения, в зависимости от применяемого метода сортировки. На сегодняшний день известно более 30 методов, но лишь единицы реализованы в серийно выпускаемом оборудовании:

Фотометрический метод сепарации (FSS, Оптический) основан на разделении материала по цвету, блеску, прозрачности и другим оптическим параметрам;

Рентгенорадиометрический (PPC, XRF, рентгенофлуоресцентный) метод основан на регистрации возбужденного рентгеновскими трубками характеристического излучения атомов определяемых элементов, входящих в состав горных пород. Данный метод применяется при переработке руд черных, цветных и благородных металлов;

Рентгено-абсорбционный метод (РАМ, ХРТ, ХСС, рентгеновская трансмиссия) сепарации основан на различии в ослаблении потока рентгеновского излучения кусками породы и руды;

Авторадиометрический метод применяемый для разделения руд с естественной радиоактивностью (уран);

Рентгенолюминесцентный метод сепарации основан на разделении материала по спектрам и кинетики затухания люминесцентного сигнала при возбуждении рентгеновским излучением. В настоящее время нашел широкое применение при обогащении алмазосодержащих материалов.

Индукционный радиорезонансный (ИРМ, ИСС) метод основан на поглощении и перераспределении поля радиочастотного излучения.

Область применения радиометрического сортировочного оборудования довольно широка:

- горнодобывающая сфера;
- переработка вторичного сырья;
- сельское хозяйство.

Диапазон крупности сортируемого классифицированного материала варьируется от 300 до 1 мм.

В горнодобывающей сфере методы РМС могут применяться с целью предконцентрации полезного компонента, и выведении из дальнейшей глубокой переработки части горной

массы с отвальным содержанием полезного компонента (месторождения коренного золота, Cu-Ni месторождения). Так же радиометрическая сепарация может быть единственным процессом обогащения и выдавать на выходе готовую по содержанию продукцию (месторождения аморфного магнезита, полевого шпата и др.)

Принцип работы установки РМС:

В целом, процесс радиометрической сепарации описывается следующим образом (рис. 1). Сепарируемый материал подготавливается к разделению, что, как правило, подразумевает его классификацию по крупности и промывку. Затем материал питающим устройством (вибропитателем, либо конвейерной лентой) подается в зону облучения-регистрации. Сигнал с детектора поступает на ЭВМ, где осуществляется анализ полученных данных и сравнение с заданными пороговыми (граничными) значениями. При превышении сигнала заданного граничного значения ЭВМ подает сигнал на исполнительный механизм, который отклоняет кусок от стабильной траектории вылета заданной питающим устройством.

Необходимо отметить, что, современные сортировочные машины легко перестраиваются, с целью экономии энергоресурсов, возможно выделение как концентрата, так и хвостов, в зависимости от того, чего в материале меньше.

За довольно продолжительную историю добычи и переработки кварцполевошпатового сырья накопились большие объемы отвалов крупностью менее 20 мм. Так как применяемая технология отделения вмещающих

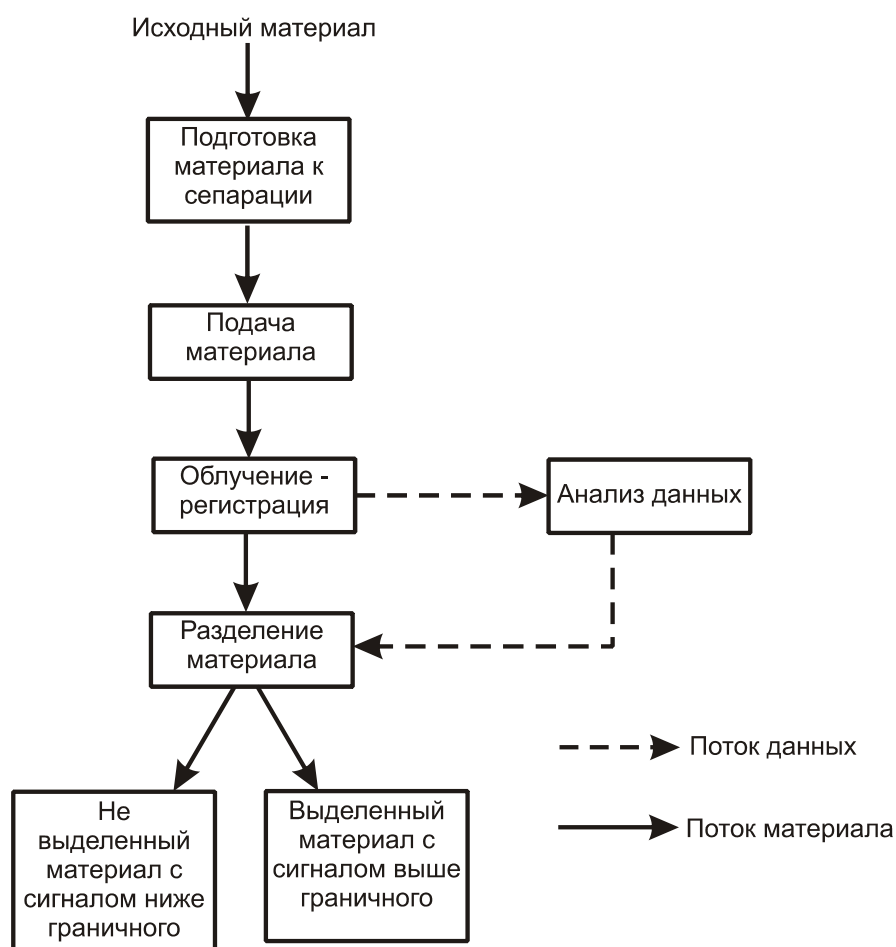


Рис. 1. Принципиальная схема работы радиометрических сепараторов

пород и примесей от кондиционного сырья была ручная рудоразборка, требующая тяжелого физического труда и внимания персонала. Поэтому минимальный порог крупности на многих предприятиях ограничивался 20 мм (ООО “Чупинское ГОП”, ООО “Ковдорслюда”), материал крупностью ниже, перерабатывать экономически не целесообразно.

В 90-х годах прошлого века была попытка внедрения сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского института минерального сырья (ВИМС) и НПО “Буревестник” ра-

диометрического обогащения на месторождении кварц-полевошпатового сырья Куру – Ваара. Так же получены положительные результаты лабораторных испытаний небольших проб кварц-полевошпатовых месторождений Линаваара, Луликко, Кюрьяла [1].

В работе Гулина Е.Н., Лилеева В.А. и Лагова Б.С. описываются результаты фотометрической сепарации сырья полевошпатового месторождения на классах крупности минус 100 +50 мм на макете фотосепаратора конструкции ЦНИИОлово и минус 18 +6 мм на фотосепараторе фирмы

Sortex – 621M с использованием светофильтров красного цвета для повышения селективности процесса. Результаты на обоих классах крупности показывают высокую эффективность применения фотометрического метода обогащения кварц-полевошпатового сырья [2]. Но, несмотря на полученные положительные результаты, представленные в вышеизложенных работах, процессы радиометрической сепарации не нашли массовое применение в технологических схемах обогащения кварц-полевошпатового сырья.

Объектом наших исследований стали техногенные отвалы кварц-полевошпатового сырья рудника “Хетоламина” крупностью минус 20 мм, с целью получения сырья для керамической продукции согласно ГОСТ-7030-75 [3].

Проведенные оценочные работы по исследованию обогатимости кварц-полевошпатового сырья рудника Хетоламина различными радиометрическими методами: фотометрический, фотолюминесцентный, рентгенолюминесцентный и рентгенорадиометрический показали, что:

По спектрам рентгенорадиометрии минералы кварц-полевошпатовой руды обладают значительным различием, но отсутствие высокопроизводительных сепараторов данного метода на мелкие классы руды не позволяют рекомендовать его для обогащения исследуемого сырья;

Фотолюминесцентные свойства исследованных образцов полевого шпата обладают индивидуальными свойствами, но не позволяют выделить кварц и слюды. В настоящее время отсутствуют серийные промышленные сепараторы на мелкие классы, что также не позволяет использовать данный метод обогащения;

Рентгенолюминесцентные характеристики полевых шпатов позволяют эффективно разделять микроклин и плагиоклаз. Низкая светимость кварца, слюды и вмещающих пород не позволяют выделить эти продукты. Эксплуатируемые в настоящее время на месторождениях алмазов рентгенолюминесцентные сепараторы отечественного производства НПО «Буревестник» не обладают достаточной производительностью на планируемых классах крупности, требуют серьезной доработки для обогащения кварц-полевошпатовых руд;

Наиболее перспективным для руд данного месторождения считаем применение фотометрического сепаратора, позволяющего не только выделить микроклин, но и при пересчете хвостов сепарации впоследствии выделять плагиоклаз, кварцевый, слюдяной продукты, а также гнейсы на шебель.

Разделение по цвету является наиболее простым, дешевым, безопасным и эффективным методом радиометрической сортировки, поскольку исследуемый материал представляет собой нерудную массу в большей части раскрытую от сростков и различающуюся по цветовым характеристикам. Основными полезными компонентами являются: микроклин, плагиоклаз, микроклиновый и плагиоклазовый пегматит. Загрязняющими примесями являются мусковит, биотит; вмещающие породы представлены гнейсами и амфиболами.

При взаимодействии световой волны с поверхностью вещества наблюдается преломление, поглощение и отражение света - параметры которых зависят от угла падения, показателей преломления и поглощения контактирующих сред. Соотношения

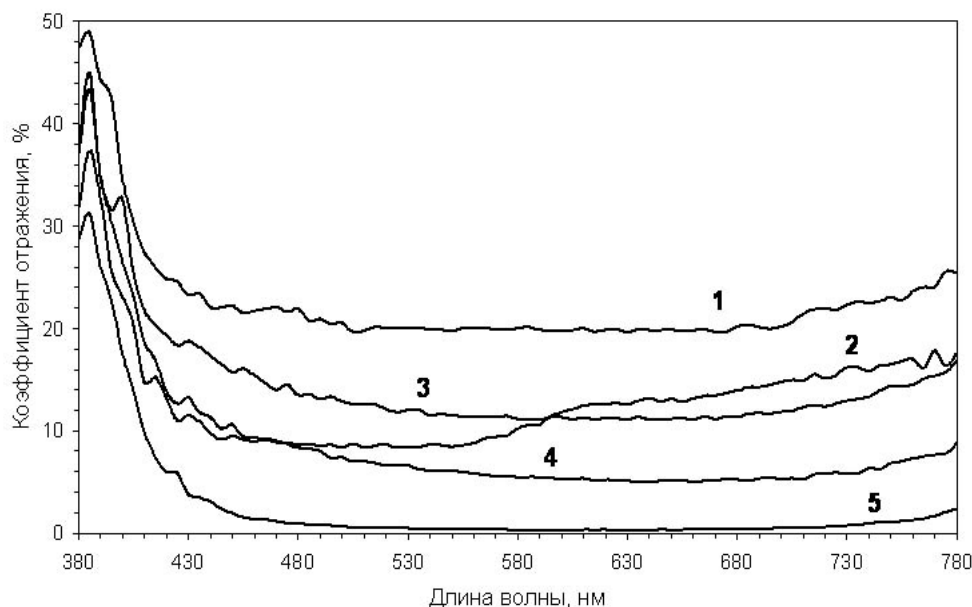


Рис. 2. Спектры диффузного отражения минералов кварц-полевошпатовых руд:
1 - плагиоклаз; 2 - микроклин; 3 - кварц; 4 - мелкочешуйчатый мусковит; 5 – биотит

оптических характеристик определяются законами геометрической оптики и выражаются формулами Френеля.

Коэффициент диффузного отражения минералов зависит от их физико-химических свойств. Наибольший вклад в спектральное отражение в видимой и ближней инфракрасной области вносят ионы переходных металлов. Электронные переходы в ионах переходных элементов, возникающие вследствие изменения энергетического уровня *d*-оболочки электронов внутри кристаллического поля минерала вызывают полосы поглощения. Полосы переноса заряда вызывают увеличение интенсивности отражения в длинноволновой области. Главным источником полос переноса заряда и полос поглощения за счет электронных переходов, в спектрах минералов и пород является железо, широко распространенный элемент в земной коре.

Измерения спектров диффузного отражения проводились на модернизированном микроскопе-спектрофотометре МСФУ-312 со специально разработанным программным обеспечением в соответствии с утвержденными методическими рекомендациями [4]. В качестве опорного образца использовался образец белой поверхности матового стекла МС-20, аттестованный ВНИИФТРИ.

В настоящее время в фотометрических сепараторах используются позиционно-чувствительные датчики двух типов – монохромные и использующие разделение принимаемого излучения на три основных цвета красный, зеленый и синий (RGB).

В сепараторах фирм Commodas, Steinert и Optosort используются фотоприемники этого типа. Однако, как показал опыт применения в НПП «ГеоТестСервис» сепараторов Commodas при обогащении кварцевых

Таблица 1

Технологические показатели фотометрической сепарации техногенных отвалов кварц-полевошпатового сырья рудника Хетоламбина

Наименование продукта	Сепарируемые классы крупности, мм			
	(-10 +5)		(-5 +3)	
	Кг	%	Кг	%
Концентрат	246,5	72,5	176,5	77
Хвосты	93,5	27,5	53,5	23
Исходный	340	100	230	100

Таблица 2

Минералогическая характеристика фотометрической сепарации техногенных отвалов кварц-полевошпатового сырья рудника Хетоламбина

Сепарируемые классы крупности, мм							
(-10 +5)				(-5 +3)			
Наименование минерала	К-т %	Хв %	Исх %	Наименование минерала	К-т %	Хв %	Исх %
Микроклин	61,44	20,68	45,35	Микроклин	73,28	18,90	51,98
Плагиоклаз	2,84	35,54	15,30	Плагиоклаз	2,50	40,50	18,22
Кварц	34,00	25,13	30,50	Кварц	24,00	26,35	24,97
Слюда	0,20	5,26	2,50	Слюда	0,12	3,35	0,26
Гнейс	1,52	13,39	6,35	Гнейс	0,10	10,90	4,57
Итого:	100,00	100,00	100,00	Итого:	100,00	100,00	100,00

руд и Steinert при обогащении аморфного магнетита приемлемые результаты получены при использовании только яркостного сигнала.

В фотосепараторах Pixel-3 производства фирмы SEA (Италия) используются монохромные матрицы, что позволяет со сменными излучателями более полно использовать их спектральный диапазон – от 200 до 1100 нм.

Полученные результаты спектроскопических исследований минералов показали значительное различие полезных – микроклин и кварц и мешающих – плагиоклаз, биотит, и гнейс по коэффициенту отражения во всей видимой области света. Поэтому можно рекомендовать как

систему с RGB-детектором, так и с монохромной камерой. При использовании сепаратора с монохромным детектором для возможности тонкой настройки и учета нестабильности излучателей и приемников необходимо использовать источник белого света, а диапазон регистрируемого излучения устанавливать светофильтрами на объективе фотоприемника.

Оборудование, использованное в исследовании – фотометрический монохромный сепаратор Pixel3 фирмы SEA. Для повышения селективности признака разделения минеральных включений, после различных комбинаций различных ламп и светофильтров остановились на выборе: свето-

фильтр красного цвета ($\lambda_{\max} = 635\text{нм}$) и лампы - Natur Super (NARVA). Крупность исходного сырья, из-за конструктивных особенностей аппарата, не превышает 10 мм, т.к. данный сепаратор разработан для применения исключительно в аграрной промышленности для сортировки сельскохозяйственных культур (семечки, крупы). Положительные результаты, полученные в ходе испытаний (табл №1), будут способствовать адаптации данного типа машин с целью внедрения их в горную промышленность.

Полученный концентрат, пройдя через магнитную сепарацию от привнесенного аппаратного железа, по всем критериям соответствует

ГОСТ – 7030-75. Требования к готовой продукции по ГОСТ 7030-75 обуславливают не только качественную очистку продукции, но также и количественную, определяемую суммой окислов щелочных металлов ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), а так же их соотношением ($\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$) и ограничением содержания кварца и железа, в зависимости от марки продукции [3].

В результате проведенных исследований установлена возможность применения высокопроизводительного фотометрического метода обогащения кварц-полевошпатового сырья рудника Хетоламина с получением готового продукта стандартного качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинцев Э.Г., Мокроусов В.А., Кудря В.В. Новая ресурсосберегающая технология обогащения полевошпатового сырья // Горный журнал – 1992 – С. 54-58/

2. Гулин Е.Н., Лилеев В.А., Лагов Б.С. Опыт фотометрической сепарации полевошпатовых и редкометальных руд // Минеральное сырье (сборник научных тру-

дов), выпуск 26 – ВИМС Москва, 1975 – С. 48 – 52

3. ГОСТ 7030 – 75 Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для тонкой керамики.

4. Определение спектров диффузного отражения на МСФУ-П-312. /Методические рекомендации №17. ВИМС. 1988. 24 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Алушкин Игорь Валерьевич – Инженер-обогадатель, ЗАО “НПП ГеоТестСервис”, AlushkinIV@yandex.ru

Юшина Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент, профессор, зав. кафедрой, yuti62@mail.ru, Московский государственный горный университет,

Рассулов Виктор Асафович – кандидат геолого-минералогических наук, ФГУП «ВИМС», отдел минералогии, научный сотрудник, rassulov@mail.ru

Воронкин Алексей Викторович – начальник сервисной службы ООО “СиСорт”, TECH3@CSORT.RU

