

Оценка возможности применения сухой технологии обогащения для окисленных пегматитов и гранитов полевошпатового месторождения Кедровое

Бузунова Т. А.^{1*}, Шигаева В. Н.¹

¹ Научно-исследовательский и проектный институт «Уралмеханобр», г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: buzunova_ta@umbr.ru

Реферат

Введение. Полевошпатовое сырье – природный источник кремнезема, глинозема и окислов щелочных металлов. Каждая разновидность полевых шпатов отличается особым кругом применения и методами, используемыми при обогащении. Основным, достаточно эффективным методом обогащения полевошпатового сырья, является флотация, при помощи которой происходит отделение основной массы вредных примесей. Однако данный метод характеризуется значительными затратами, связанными с приобретением флотационных реагентов, организацией и обслуживанием хвостохранилищ и пр.

Актуальность. В связи с этим сухие технологии переработки полевого шпата с точки зрения ресурсосбережения являются перспективными, но в настоящее время мало где применяются. Таким образом, разработка сухой технологии обогащения полевошпатового сырья весьма актуальна.

Цель работы. Изучение возможности использования сухой технологии обогащения для переработки полевошпатового сырья нового месторождения Кедровое.

Методология. В процессе исследований использовано лабораторное оборудование АО «Уралмеханобр»: центробежная дробилка ДЦ-0,5; центробежно-отражательная мельница; лабораторный каскадный классификатор; сухой электромагнитный сепаратор СМС-20М «ИТОМАК» и трибоэлектростатический сепаратор.

Результаты. По результатам испытаний подтверждены возможность обогащения полевошпатового сырья месторождения Кедровое сухими методами, а также эффективное использование центробежного дробления и измельчения в качестве подготовки сырья к обогащению. Получен полевошпатовый концентрат с массовой долей $Fe_2O_3 - 0,30\%$; $SiO_2 - 69,42\%$; $Al_2O_3 - 17,36\%$; $K_2O + Na_2O - 11,84\%$, что характеризует его как соответствующий ТУ.

Выводы. В результате проведенных технологических исследований подтверждена принципиальная возможность сухого обогащения полевошпатового сырья для окисленных пегматитов и гранитов месторождения Кедровое на обогатительной фабрике АО «Малышевское рудоуправление». Получен кондиционный полевошпатовый концентрат.

Ключевые слова: полевошпатовое сырье; сухие методы обогащения; магнитная сепарация; воздушная классификация; кондиционный полевошпатовый концентрат.

Введение. В марте 2018 г. в цех обогащения АО «Малышевское рудоуправление» (МРУ) впервые организована экспериментальная подача полевошпатового сырья из опытного карьера нового месторождения Кедровое. До этого времени в цехе обогащения перерабатывалось полевошпатовое сырье техногенного месторождения Квартальное. По результатам изучения вещественного состава полевошпатовое сырье месторождения Кедровое во многом схоже с сырьем месторождения Квартальное. Тем не менее различия в содержании отдельных компонентов, а также факт подачи в цех обогащения на начальном этапе разработки месторождения Кедровое сырья с верхних горизонтов, подвергшихся выветриванию, оказывают существенное влияние на технологию обогащения и качество полевошпатового и слюдяного концентратов.

Данные факты обуславливают необходимость корректировки существующей технологической схемы обогащения полевошпатового сырья для нового месторождения, а также возможность переработки данного вида сырья новыми методами обогащения.

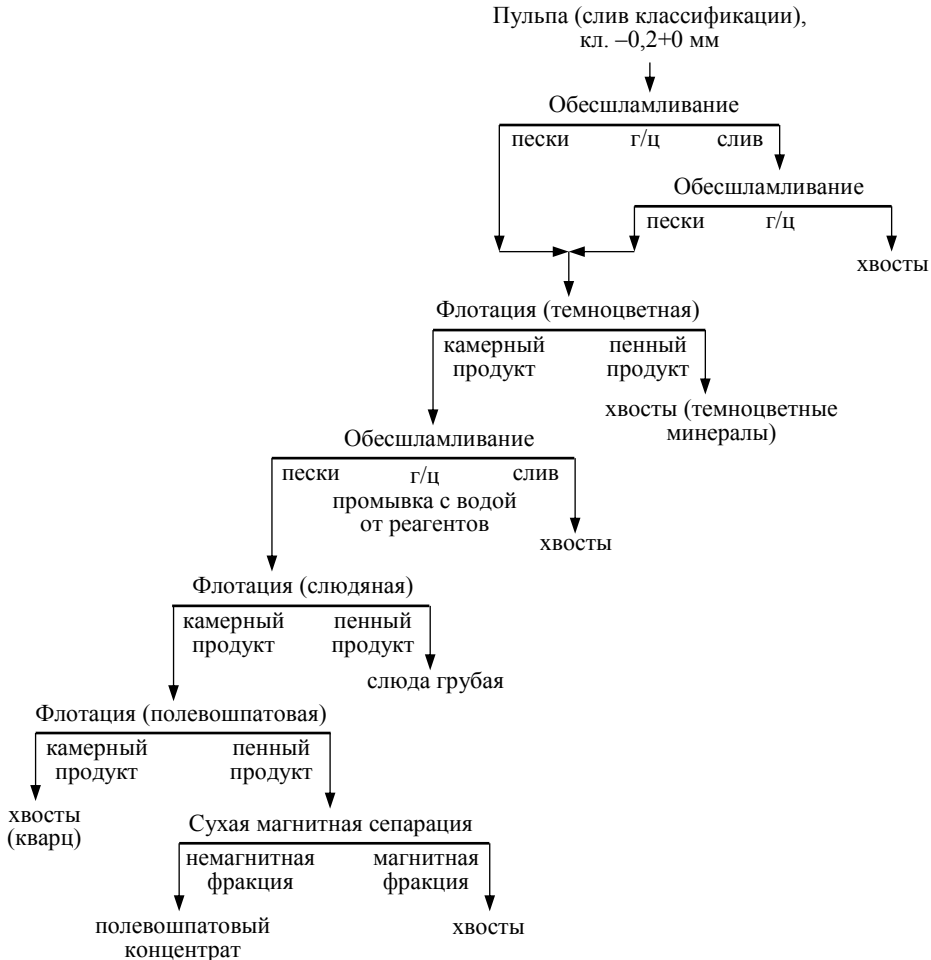


Рисунок 1. Принципиальная схема обогащения полевошпатовой руды АО «МРУ»

Figure 1. Circuit diagram of feldspar ore concentration at JSC MRU

Требования, предъявляемые промышленностью к качеству полевошпатового и кварцевого сырья, определяют специфический характер его обогащения по сравнению с рудами цветных, черных и редких металлов [1, 2]. Общее направление процесса прямо противоположно традиционному для руд цветных и других металлов, так как основные породообразующие минералы (полевошпат и кварц) выделяются в концентрат, в то время как при обогащении руд других металлов они направляются в хвосты. В этом случае под обогащением понимается совокупность операций механической обработки твердого полезного ископаемого с целью получения из него одного или нескольких продуктов с увеличенным содержанием полезных компонентов или с уменьшенным содержанием вредных примесей.

В общем случае в процессе обогащения кварц-полевошпатового сырья следует решать такие основные задачи:

– дробление и измельчение породы с целью раскрытия сростков минералов, а также доведения исходного материала до верхнего оптимально нормированного предела крупности;

– классификация по крупности для получения заданного гранулометрического состава материала;

– удаление вредных минеральных примесей.

Основными вредными примесями для полевошпатового концентрата являются оксид железа – Fe_2O_3 , а также слюда и кварц. Повсеместно отработана технология снижения данных примесей мокрыми методами обогащения, в основном флотацией. Сухие технологии переработки полевого шпата очень актуальны с точки зрения ресурсосбережения, но мало где используются.

Таким образом, разработка сухой технологии обогащения полевошпатового сырья является весьма актуальной.

Таблица 1. Результаты испытаний кварц-полевошпатового сырья месторождения Адуйского по сухой технологии

Table 1. Test results for quartz-feldspar raw material from the Aduyskoe deposit according to the dry technology

Продукт	Выход от исходного, %	Массовая доля Fe_2O_3 , %	Распределение Fe_2O_3 от исходного продукта, %
Кварц-полевошпатовый концентрат	42,24	0,14	6,61
Промпродукт железистый 1 (в хвосты)	18,32	1,62	34,18
Слюдяной концентрат (мусковитовый и флогопитовый)	0,78	5,17	4,64
Промпродукт железистый 2 (в хвосты)	3,72	0,82	3,53
Каолиновый продукт (шламы)	34,94	1,26	51,04
<i>Итого</i>	100,00	0,87	100,00

Материалы и методы. Исследования проводились на полевошпатовой руде верхних горизонтов месторождения Кедровое, состоящих из окисленных пегматитов и гранитов. Проба для исследований отобрана после второй стадии дробления на обогатительной фабрике, крупность кусков – менее 70 мм. Масса пробы – 500 кг.

Исследования проводились с использованием лабораторного оборудования АО «Уралмеханобр»: центробежной дробилки ДЦ-0,5; центробежно-отражательной мельницы (ЦОМ); лабораторного каскадного классификатора, сухого электромагнитного сепаратора СМС-20М «ИТОМАК» и трибоэлектростатического сепаратора. Изучение продуктов обогащения выполнялось в аналитической лаборатории АО «Уралмеханобр» методами химического и минералогического анализа.

Результаты и их обсуждение. Технология обогащения полевошпатовой руды на обогатительной фабрике АО «МРУ» адаптирована к переработке рядовой руды с содержанием Fe_2O_3 не выше 1,0 % и содержанием полевого шпата не ниже 57 %. Схема включает в себя подготовку материала к обогащению в операции шарового измельчения до крупности раскрытия минералов и три операции флотации – темноцветную с выделением железосодержащих минералов, слюдяную и полевошпатовую. Процесс обесшламливания в гидроциклонах (г/ц) перед темноцветной и слюдяной флотацией производится по классу 0,042 мм. Доводка полевошпатового концентрата и кварцевого песка осуществляется методами сухой магнитной сепарации.

Для выделения темноцветных минералов используется талловое масло при рН среды 8–9. Слюдяная флотация осуществляется в кислой среде при рН 2,4–2,7 с добавлением серной кислоты и катионного собирателя «Флон-2». Полевошпатовая флотация ведется в кислой среде при рН 2,4–2,5 с катионным собирателем «Флон-2» и добавлением плавиковой кислоты. Пенный продукт полевошпатовой флотации является готовым полевошпатовым концентратом, камерный продукт – кварцевым концентратом. В качестве вспенивателя добавляется дизельное топливо.

В результате реализации мокрой флотационной схемы обогащения (рис. 1) предприятие получает высококачественный слюдяной концентрат, полевошпатовый концентрат для стекольной промышленности с содержанием Fe_2O_3 0,1–0,3 % и для керамической промышленности – с содержанием Fe_2O_3 0,2–0,5 %, а также кварцевый концентрат.



Рисунок 2. Схема испытаний полевого шпата по сухой технологии
Figure 2. Dry technology tests circuit for feldspar

Затраты на технологию обогащения полевошпатового сырья методом флотации значительные. Основные из них связаны с высокой стоимостью флотационных реагентов, организацией и обслуживанием хвостохранилища, подогревом воды перед флотацией и др. В связи с этим на обогатительной фабрике (ОФ) АО «Малышевское рудоуправление» постоянно ведутся работы по разработке и опробованию различных технологических схем, а также реагентных режимов флотации, исследуется возможность использования высокоградиентной магнитной сепарации взамен флотации, рассматриваются сухие методы обогащения [3–5].

В работах [6, 7] при изучении кварц-полевошпатового месторождения, участок 5 Адуйского гранитного массива, установлена возможность получения кварц-полевошпатовых и слюдяных концентратов при обогащении сухим способом.

Особенностью технологии является:

– предварительная подготовка сырья к обогащению с помощью сушки;

- дробление (дезинтеграция) материала в комбинации центробежно-ударной дробилки и высокочастотного грохота «Kroosh»;
- обогащение методом воздушной классификации по узким фракциям с последующей магнитной сепарацией.

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

В результате сухого обогащения кварц-полевошпатового сырья [6, 7] получен кондиционный полевошпатовый концентрат с выходом от исходной руды 42,24 %, массовой долей Fe_2O_3 – 0,14 %.

Изучение вещественного состава и обогатимости окисленного полевошпатового сырья месторождения Кедровое показало [3–5], что существующая технология обогатительной фабрики АО «МРУ» не позволяет получить заданные технологические показатели. В процессе проведенных испытаний по существующей флотационной схеме кондиционных полевошпатовых и кварцевых концентратов, соответствующих ГОСТ и ТУ, не получено.

В 2020 г. в АО «Уралмеханобр» проведены испытания сухих методов обогащения для полевошпатового сырья верхних горизонтов месторождения Кедровое [3–5]. В результате исследований определена принципиальная возможность обогащения данного вида сырья сухими методами. Для разработки полной технологической схемы необходимы полномасштабные испытания предложенных методов обогащения с отработкой режимов работы аппаратов, проверкой операций обогащения и схемы с использованием замкнутых циклов, перечистных и контрольных операций [8–17].

Схема испытаний приведена на рис. 2. Схема включает операцию классификации на сите с целью отделения крупной слюды от кварц-полевошпатового продукта; операцию воздушной сепарации для получения мусковитового концентрата; сухую магнитную сепарацию для снижения содержания железосодержащих минералов в кварц-полевошпатовом продукте и трибоэлектростатическую сепарацию для получения обогащенных полевошпатового и кварцевого концентратов.

Исходный продукт в схему обогащения поступал после измельчения в ЦОМ при скорости вращения ротора 10 000 об/мин, выбранной как наиболее эффективной для полного раскрытия минералов. Массовая доля Fe_2O_3 составляла 0,87 %.

В процессе проведения испытаний на ЦОМ определено, что измельченный продукт неоднороден по своему составу: в крупной части материала преобладают частички слюды, а в мелкой части – частички полевого шпата, кварца, гранатов и прочих минералов. В связи с чем принято решение измельченный продукт не доводить до более тонкого, а выделить слюду на сите 0,2 мм в надрешетный продукт с последующим обогащением методом воздушной сепарации и классификации на сите 0,4 мм. В результате этого получен крупный мусковитовый продукт и кварц-полевошпатовый продукт крупностью $-0,4+0,2$ мм. Кварц-полевошпатовый продукт направлен в оборот в качестве циркуляционной нагрузки ЦОМ.

Продукт крупностью менее 0,2 мм прошел испытания методами сухой электромагнитной сепарации в лабораторном сепараторе СМС-20М «ИТОМАК» с напряженностью магнитного поля 960 000 А/м и трибоэлектростатическом сепараторе камерного типа ПЭС-1.

Трибоэлектростатическая сепарация (ТЭС) проведена с целью доводки обогащенного кварц-полевошпатового продукта после магнитной сепарации. Цель сепарации – разделить минералы кварца и полевого шпата, получить обогащенный полевошпатовый и кварцевый концентраты. Подача исходного материала осуществлялась при разных расположениях питателя. Трибоэлектрический заряд частицам придавался в вибробункере питателя в стесненных условиях за счет кипящего слоя материала. В результате сепарации получено три продукта:

Таблица 2. Пооперационный качественно-количественный расчет схемы обогащения
Table 2. Operational qualitative and quantitative calculation of the concentration flow sheet

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля, %					Извлечение, %					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	
Поступает:												
измельченный ЦОМ	100,00	74,27	15,80	4,29	3,89	0,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Выходит:												
полевошпатовый концентрат ТЭС	12,40	69,42	17,36	6,08	5,76	0,30	11,50	13,60	17,60	18,40	4,30	
пропродукт ТЭС	11,54	72,59	15,73	3,55	5,37	0,56	11,30	11,50	9,60	15,90	7,40	
хвосты ТЭС	18,81	82,02	10,43	2,13	3,93	0,46	20,80	12,40	9,30	19,00	9,90	
магнитная фракция (хвосты)	19,03	66,29	23,39	5,48	4,63	0,77	17,00	28,20	24,30	22,60	16,90	
слюдяной продукт	10,68	60,44	25,97	7,79	1,53	3,09	8,70	17,60	19,40	4,20	37,90	

Таблица 3. Результаты минералогического исследования продуктов по схеме
Table 3. Results of mineralogical study of products according to the flow sheet

Наименование продукта	Массовая доля, %					Извлечение, %						
	кварц	полевоый шпат	мусковит	биотит	окислы железа	прочие	кварц	полевоый шпат	мусковит	биотит	окислы железа	прочие
Кварц-полевошпатовый продукт (исходный в ТЭС)	24	71	2	1	1	1	31	56	12	21	24	23
Слюдяной продукт	21	28	45	4	1	1	7	6	66	20	6	6
Магнитная фракция (хвосты)	33	53	6	2	5	1	19	19	15	46	54	10
Циркуляционный продукт *	54	38	2	1	1	4	43	19	7	13	16	61
Итого	33	54	7	2	2	2	100	100	100	100	100	100

* Циркуляционный продукт по схеме рис. 2.

полевошпатовый концентрат, промежуточный продукт и хвосты (кварц). В процессе сепарации частицы кварца в электростатическом поле отклоняются к положительному электроду, частицы полевого шпата – к отрицательному.

Результаты химических анализов продуктов обогащения по схеме представлены в табл. 2.

В процессе обогащения полевошпатового сырья месторождения Кедровое сухими методами получен полевошпатовый концентрат (табл. 2), массовая доля Fe_2O_3 – 0,30 %; SiO_2 – до 70 %; Al_2O_3 – не менее 17 %; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – не менее 11 %, что характеризует его как соответствующий ТУ. С целью повышения извлечения полевошпатового концентрата потребуются перемывка хвостов ТЭС и промежуточного продукта ТЭС в операции трибоэлектростатической сепарации. Также по схеме получен практически чистый слюдяной продукт с выходом 10,68 %.

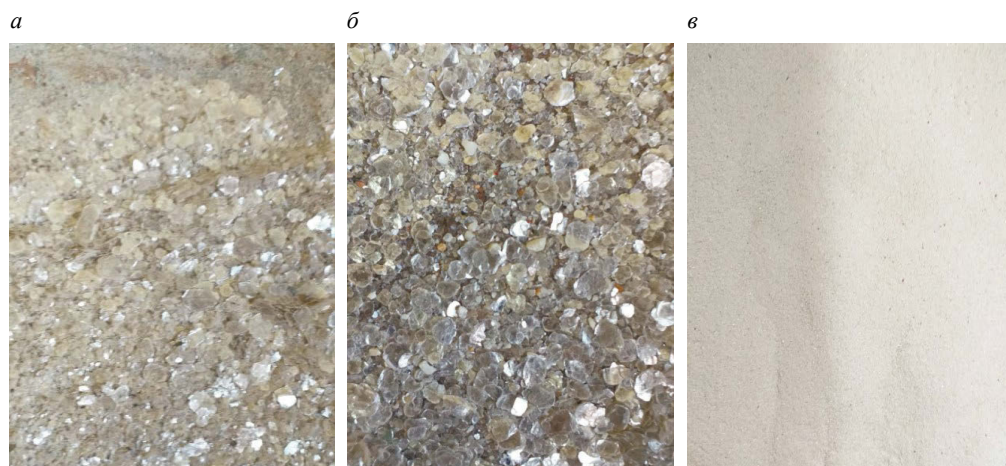


Рисунок 3. Внешний вид конечных продуктов по схеме:
а – мелкий слюдяной продукт; *б* – крупный слюдяной продукт; *в* – полевошпатовый концентрат
Figure 3. The exterior view of final products according to the flow sheet:
a – small mica product; *b* – large mica product; *c* – feldspar concentrate

Результатами минералогических исследований (табл. 3) подтверждается возможность получения кондиционного полевошпатового концентрата сухими методами обогащения. Для получения кондиционных кварцевого и мусковитового концентратов необходимы дополнительные операции.

На рис. 3 представлен внешний вид конечных продуктов по схеме. Закономерное распределение минералов в продуктах обогащения, как и во флотационной схеме ОФ АО «МРУ», указывает на эффективность процесса центробежного дробления и измельчения в центробежных аппаратах.

Выводы. В результате проведенных исследований подтверждена принципиальная возможность сухого обогащения полевошпатового сырья верхних горизонтов месторождения Кедровое АО «МРУ» и эффективное использование центробежного дробления и измельчения в качестве подготовки сырья к обогащению.

Подтверждена эффективность измельчения материала крупностью –3 мм в ЦОМ при окружной скорости вращения ротора 10 000 об/мин. За один проход через мельницу получен измельченный материал с содержанием частиц крупностью менее 0,16 мм – 54,74 %. Средний диаметр частиц исходного продукта составил 0,57 мм, измельченного – 0,24 мм.

Получен полевошпатовый концентрат с массовой долей Fe_2O_3 0,30 %; SiO_2 – 69,42 %; Al_2O_3 – 17,36 %; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 11,84 %, соответствующий ТУ.

Установлены особенности сухой технологии обогащения:

– измельчение материала в центробежной мельнице до крупности $-0,2$ мм не более 60 %;

– использование операции классификации для выделения крупной фракции слюды; операций электромагнитной и трибоэлектростатической сепарации для получения полевошпатового концентрата и кварц-полевошпатового продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эйгельс М. А. Обогащение неметаллических полезных ископаемых. М: Промстройиздат, 1952. 563 с.
2. Ревнивцев В. И. Обогащение полевых шпатов и кварца. М: Недра, 1970. 128 с.
3. Газалеева Г. И., Бузунова Т. А., Шигаева В. Н. Разработка технологии подготовки полевошпатового сырья месторождения Кедровое к флотации // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 8. С. 52–61.
4. Газалеева Г. И., Бузунова Т. А., Шигаева В. Н. Особенности обогащения полевошпатового сырья сухими методами // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: сб. матер. XXVI Нац. науч.-техн. конф. (26–27 мая 2021 г.). Екатеринбург: УГГУ, 2021. С. 25–28.
5. Газалеева Г. И., Бузунова Т. А., Шигаева В. Н., Назаренко Л. Н. Современные тенденции в обогащении полевошпатового сырья // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: сб. матер. XXV Междунар. науч.-техн. конф. в рамках XVIII Уральской горнопромышленной декады (2–11 апреля 2020 г.). Екатеринбург: ОАО «Уралмеханобр», 2020. С. 15–20.
6. Валиев Н. Г., Кутенев А. А. Технология сухого обогащения кварц-полевошпатовой руды // Известия вузов. Горный журнал. 2011. № 2. С. 103–105.
7. Кутенев А. А., Валиев Н. Г. Технология сухого обогащения пегматитовых руд для получения кварц-полевошпатовой смеси // Уральская горнопромышленная декада: матер. Междунар. конф. (4–13 апреля 2011 г.). Екатеринбург: УГГУ, 2011. С. 244–245.
8. Газалеева Г. И. Теория, технология и техника измельчения минерального сырья. Екатеринбург: АМБ, 2017. 351 с.
9. Шемякин В. С., Скопов С. В., Маньковский Р. В., Красильников П. А., Мамонов Р. С. Предварительное обогащение кварцевого сырья // Известия вузов. Горный журнал. 2016. № 8. С. 74–79.
10. Курков А. В., Егоров А. М., Пастухова И. В. Создание комплекса эффективных процессов получения полевошпатовых концентратов // ГИАБ. 2003. № 5. С. 147–150.
11. Наумов М. Е., Щербакова С. Н., Егоров А. М. Пути повышения комплексности использования пегматитовых руд // Специальные вопросы атомной науки и техники. Сер. «Химические проблемы ядерной энергетики». 1991. № 5. С. 7–9.
12. Авдохин В. М., Ле Ван Тхань. Перспективы обогащения полевошпатового сырья Вьетнама // Неделя горняка–2002. 2002. Семинар № 21. С. 175–179.
13. Carrasco C., Keeney L., Napier-Munn T. J., Bode P. Unlocking additional value by optimizing comminution strategies to process Grade Engineering® streams // Minerals Engineering. 2017. No. 103–104. P. 2–10.
14. Hitch M., Geo P., Dunbar W. S. Paths of innovation in the mining industry. Norman B Keevil School of Mining Engineering, 2015. 61 p.
15. King D., Adair B. Innovation in action. A step change in the energy, production and water signatures at the MSC site in Bolivia // IMARC 2017, International Mining and Resources Conference. 2017.
16. Jung L. High purity natural quartz. New Jersey, Liberty Corner: Quartz Technology, Inc. 1992. 550 p.
17. Dobbins M., Heam S. Slon magnetic separator. A new approach for recovering and concentrating iron ore fines // Metallurgy and Petroleum Conference and Exhibition (April 29–May 2). Montreal: Canadian Institute of Mining, 2007.

Поступила в редакцию 31 августа 2021 года

Сведения об авторах:

Бузунова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории обогащения руд редких металлов и неметаллического сырья Научно-исследовательского и проектного института «Уралмеханобр». E-mail: buzunova_ta@umbr.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8222-9404>

Шигаева Варвара Николаевна – научный сотрудник лаборатории обогащения руд редких металлов и неметаллического сырья Научно-исследовательского и проектного института «Уралмеханобр». E-mail: shigaeva_vn@umbr.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2662-2030>

Assessing the possibility of using dry concentration for oxidized pegmatite and granites at the Kedrovoye feldspar deposit

Tatiana A. Buzunova¹, Varvara N. Shigaeva¹

¹ JSC Uralmekhanobr (scientific-research and design institute), Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. Feldspar raw material is a natural source of silica, alumina, and alkali metal oxides. Each type of feldspar is distinguished by its applications and concentration methods. The main effective method of feldspar raw material concentration is flotation in the course of which the majority of harmful impurities are separated. However, this method is rather costly due to flotation reagents purchase, tailings ponds organization and maintenance, etc.

Research relevance. Feldspar dry concentration technologies are promising in terms of resource-saving but uncommon. So, the development of a dry concentration technology for feldspar raw materials seems highly relevant.

Research objective is to study the possibility of employing dry concentration technology to process feldspar raw materials at the new Kedrovoye deposit

Methods of research. Laboratory equipment of JSC Uralmekhanobr was used for the research, namely centrifugal crusher DC-0.5; centrifugal deflection mill; laboratory-scale cascade classifier; dry electromagnetic separator SMS-20M ITOMAK, and tribo electrostatic separator.

Results. The trials confirmed that it is possible to process Kedrovoye feldspar raw materials by dry methods and effectively use centrifugal crushing and grinding as preparation of raw materials for concentration. Feldspar concentrate with a mass fraction of Fe_2O_3 – 0.30%; SiO_2 – 69.42%; Al_2O_3 – 17.36%; $K_2O + Na_2O$ – 11.84% has been obtained, which meets the specifications.

Conclusions. The technological studies confirmed the possibility in principle of using feldspar raw material dry concentration for oxidized pegmatite and granites of the Kedrovoye deposit at the processing plant of Malyshevskoye Ore Management JSC. Saleable feldspar concentrate has been obtained.

Keywords: feldspar raw material; dry concentration methods; magnetic separation; air classification; saleable feldspar concentrate.

REFERENCES

1. Eigels M. A. *Processing nonmetallic minerals*. Moscow: Promstroizdat Publishing; 1952. (In Russ.)
2. Revnitshev V. I. *Beneficiation of feldspars and quartz*. Moscow: Nedra Publishing; 1970. (In Russ.)
3. Gazaleeva G. I., Buzunova T. A., Shigaeva V. N. Developing the technology of feldspar raw materials pre-flotation conditioning at the Kedrovoye deposit. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 8: 52–61. (In Russ.)
4. Gazaleeva G. I., Buzunova T. A., Shigaeva V. N. The features of feldspar raw materials dry beneficiation. In: *Scientific fundamentals and practice of ore and technogenic raw materials processing: Proceedings of XXVI National Science and Technology Conference (26–27 May 2021)*. Ekaterinburg: UrSMU Publishing; 2021. (In Russ.)
5. Gazaleeva G. I., Buzunova T. A., Shigaeva V. N., Nazarenko L. N. Recent trends in feldspar raw material beneficiation. In: *Scientific fundamentals and practice of ore and technogenic raw materials processing: Proceedings of XXVI National Science and Technology Conference within the framework of the XVIII Ural Metallurgical Decade (02–11 April 2020)*. Ekaterinburg: JSC Uralmekhanobr; 2020. (In Russ.)
6. Valiev N. G., Kutenev A. A. Technology of dry dressing of quartz-feldspar ore. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2011; 2: 103–105. (In Russ.)
7. Kutenev A. A., Valiev N. G. The technology of dry beneficiation of pegmatite ore to obtain the quartz-feldspar mixture. In: *Ural Metallurgical Decade: Proceedings of International Conference (4–13 April 2011)*. Ekaterinburg: UrSMU Publishing; 2011. (In Russ.)
8. Gazaleeva G. I. *Theory, technology, and technique of mineral raw material grinding*. Ekaterinburg: AMB Publishing; 2017. (In Russ.)
9. Shemiakin V. S., Skopov S. V., Mankovskii R. V., Krasilnikov P. A., Mamonov R. S. Preliminary beneficiation of quartz raw materials. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2016; 8: 74–79. (In Russ.)
10. Kurkov A. B., Egorov A. M., Pastukhova I. V. Creating the complex of effective feldspar concentrates extraction. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2003; 5: 147–150. (In Russ.)
11. Naumov M. E., Shcherbakova S. N., Egorov A. M. Ways of reaching a more integrates use of pegmatite ore. In: *Special points of nuclear science and technology. Series. "Chemical Problems of Nuclear Power Engineering"*. 1991; 5: 7–9. (In Russ.)
12. Avdokhin V. M., Le Van Tkhan. The prospects of feldspar raw material processing. *Nedelia gorniaka–2002 = Miner's Week–2002*. 2002; Seminar 21: 175–179. (In Russ.)

13. Carrasco C., Keeney L., Napier-Munn T. J., Bode P. Unlocking additional value by optimizing comminution strategies to process Grade Engineering® streams. *Minerals Engineering*. 2017; 103–104: 2–10.
14. Hitch M., Geo P., Dunbar W. S. *Paths of innovation in the mining industry*. Norman B Keevil School of Mining Engineering, 2015. 61 p.
15. King D., Adair B. Innovation in action. A step change in the energy, production and water signatures at the MSC site in Bolivia. In: *IMARC 2017, International Mining and Resources Conference*. 2017.
16. Jung L. *High purity natural quartz*. New Jersey, Liberty Corner: Quartz Technology, Inc. 1992. 550 p.
17. Dobbins M., Heam S. Slon magnetic separator. A new approach for recovering and concentrating iron ore fins. *Metallurgy and Petroleum Conference and Exhibition (April 29–May 2)*. Montreal: Canadian institute of Mining, 2007.

Received 31 August 2021

Information about authors:

Tatiana A. Buzunova – PhD (Engineering), senior researcher, Laboratory of Ore Processing for Rare Metals and Non-Metallic Raw Materials, JSC Uralkhimbiznes (scientific-research and design institute). E-mail: buzunova_ta@umbr.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8222-9404>

Varvara N. Shigaeva – researcher, Laboratory of Ore Processing for Rare Metals and Non-Metallic Raw Materials, JSC Uralkhimbiznes (scientific-research and design institute). E-mail: shigaeva_vn@umbr.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2662-2030>

Для цитирования: Бузунова Т. А., Шигаева В. Н. Оценка возможности применения сухой технологии обогащения для окисленных пегматитов и гранитов полевошпатового месторождения Кедровое // Известия вузов. Горный журнал. 2021. № 7. С. 45–54. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-45-54

For citation: Buzunova T. A., Shigaeva V. N. Assessing the possibility of using dry concentration for oxidized pegmatite and granites at the Kedrovoe feldspar deposit. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2021; 7: 45–54 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2021-7-45-54