

**Ю.С. МОСТЫКА**, д-р техн. наук,

**В.Ю. ШУТОВ**

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет"),

**К.Л. ШПИЛЕВОЙ,**

**Л.В. ШПИЛЕВОЙ**, канд. техн. наук

(Украина, г. Мариуполь, ПАО "ММК им. Ильича")

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РУДОПОДГОТОВКИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПИРОХЛОРА**

*Актуальность проблемы.* Обогащение бедных тонковкрапленных руд редких металлов, в частности ниобиевых, сопряжено с преодолением ряда технологических трудностей и характеризуется низким извлечением основного ценного компонента в кондиционный концентрат. Для обеспечения приемлемого извлечения редких металлов и снижения их потерь на стадии механического обогащения иногда ограничиваются получением черновых концентратов или промпродуктов, содержащих 2-3% оксида ниобия. Далее такие продукты перерабатывают известными химическими или пиromеталлургическими методами, обеспечивающими более высокое извлечение [1, 2].

Изучение причин низкого извлечения ниобия на стадии механического обогащения и совершенствование рудоподготовки для повышения этого показателя при получении черновых концентратов является актуальной проблемой.

*Анализ последних исследований.* Многочисленные исследования обогатимости комплексных ниобийсодержащих руд – нефелиновых сиенитов Мазуровского месторождения (Приазовье), выполненные в разные годы институтами Гиредмет (г. Москва), Механобрчермет (г. Кривой Рог), Институтом минеральных ресурсов (г. Симферополь), не привели еще к достижению высоких показателей извлечения пироклора – основного ниобийсодержащего минерала. Сквозное извлечение пентоксида ниобия даже в некондиционный 8%-й концентрат не превышало 28% [3-5].

Низкие показатели извлечения пироклора независимо от принятых методов обогащения обусловлены тонкой вкрапленностью руды и, как следствие, необходимостью ее измельчения до крупности -0,1 мм. В работах [5, 6] показано, что для достижения достаточно полного раскрытия минералов (хотя бы 80-85%) необходимо измельчать руду до содержания класса -0,071 мм на уровне 90-95%. Вследствие высокой хрупкости пироклора и меньшей твердости в сравнении с другими минералами комплексной руды происходит его переизмельчение и образование "примазок" на поверхности порообразующих минералов, втирание частичек пироклора в поверхностный слой зерен альбита, микролина, нефелина. Свойства поверхности этих минералов изменяются, снижается их контрастность и, как следствие, эффективность обогащения.

Отмечая причины низкого извлечения пироклора, авторы названных работ не дают рекомендаций, позволяющих решить указанную проблему. *Отсутствуют также работы, в которых изучались бы способы измельчения нефелиновых сие-*

## **Загальні питання технології збагачення**

*нитов и их влияние на извлечение пирохлора при дальнейшем обогащении руды.*

*Постановка задачи.* Целью настоящих исследований явилось изучение влияния способа измельчения нефелиновых сиенитов Мазуровского месторождения (Приазовье) на результаты последующего разделения минералов в центробежном классификаторе Nelson.

*Изложение материала и результаты.* Исследовался процесс измельчения нефелиновых сиенитов, являющихся комплексной ниобий-тантал-цирконий-полевошпатовой рудой, в традиционно используемой шаровой мельнице, и центробежной мельнице метательного типа, как аппарате, обеспечивающем более селективное разрушение минералов. Работа являлась продолжением более ранних наших исследований [7].

Исходная проба руды, химический состав которой приведен в табл. 1, была разделена на две части, одна из которых измельчалась в шаровой мельнице, другая – в центробежной мельнице метательного типа, работающей в замкнутом цикле с центробежным сепаратором.

Исследовался характер раскрытия зерен пирохлора при выбранных способах измельчения, характер распределения зерен пирохлора по крупности, и содержание пентоксида ниобия в разных классах крупности, а также влияние разупрочняющего действия центробежной мельницы на процесс последующего извлечения пирохлора при гравитационном обогащении руды в концентраторе Нельсона.

Основным методом определения содержания химических элементов в продуктах измельчения и обогащения был рентгеноспектральный анализ. Минералогический состав проб контролировался оптическим методом при помощи микроскопа. Гранулометрический состав продуктов определялся ситовым и седиментационным анализом.

Результаты исследований приведены в табл. 1, табл. 2.

Анализ результатов исследований показывает, что применение селективного измельчения руды Мазуровского месторождения в центробежной мельнице метательного типа позволяет достичь более полного раскрытия пирохлора в более грубых классах крупности.

Таблица 1

Распределение  $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$  по классам крупности в отходах обогащения, измельченных до 0,1 мм

Классы крупности, мм	Измельчение в шаровой мельнице			Измельчение в центробежной мельнице		
	выход, %	массовая доля $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$ , %	распределение $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$ , %	выход, %	массовая доля $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$ , %	распределение $(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_5$ , %
+0,074	6,4	0,060	3,84	16,3	0,052	8,48
-0,071+0,063	19,3	0,070	13,51	27,2	0,066	17,95
-0,063+0,050	29,5	0,080	23,60	20,1	0,095	19,00
-0,050+0,040	15,0	0,090	13,50	17,7	0,150	26,55
-0,040+0,020	10,5	0,101	11,36	8,9	0,170	15,13
-0,020+0,010	6,2	0,150	9,30	4,1	0,126	5,20
-0,01	13,1	0,190	24,89	5,7	0,135	7,69
Исходный материал	100,0	0,100	100,00	100,0	0,100	100,00

Показатели обогащения отходов в концентрате Нельсона

Продукты обогащения	Измельчение в шаровой мельнице			Измельчение в центробежной мельнице		
	выход, %	массовая доля (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	извлечение (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	выход, %	массовая доля (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	извлечение (Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %
Тяжелая фракция	4,39	1,110	48,52	3,22	2,030	65,37
Легкая фракция	95,61	0,054	51,48	96,78	0,036	34,63
ВСЕГО	100,0	0,1000	100,00	100,0	0,100	100,0

Как следствие, концентрат Нельсона позволяет повысить при таком измельчении массовую долю пентоксида ниобия в черновом концентрате до 2,03% при извлечении 65,37%.

*Выводы.* В результате проведенных исследований установлено, что измельчение нефелиновых сиенитов в центробежной мельнице позволяет уменьшить переизмельчение пироклора, образование "примазок" пироклора на поверхности породообразующих минералов, втирание частичек пироклора в поверхностный слой зерен альбита, микроклина, нефелина.

Подготовленная таким способом руда обогащается в центробежном гравитационном классификаторе Нельсона с высоким извлечением – на 35% превышающем извлечение пироклора из руды, подготовленной в шаровой мельнице. При этом содержание пентоксида ниобия в черновом концентрате (2,03%) почти в два раза превышает его значение при измельчении руды в шаровой мельнице (1,11%).

### Список литературы

1. Черняк А.С. Химическое обогащение руд. – М.: Недра, 1965. – 203 с.
2. Зеликман А.Н. Металлургия тугоплавких редких металлов. – М.: Metallurgy, 1986. – 440 с.
3. Кашин С.А. Некоторые вопросы геологического строения Октябрьского массива щелочных пород и особенности его минерализации // Тр. ЦНИГРИ. – 1961. – Вып. 44. – 131 с.
4. Разработка технологии обогащения комплексных руд Мазуровского месторождения: Отчет о НИР. – Кривой Рог: Механообрчермет, 1994. – № ГР 0193 017475; инв. № 086311/17-93. – 100 с.
5. Результати мінералогічних та технологічних досліджень руд Мазурівського родовища та рідкісноземельних руд України: Звіт про НДР (заключний). – Сімферополь: Кримське відділення УкрДРГІ, 2002. – № ДР 0197009822. – 171 с.
6. Технично-економічне обґрунтування цілесобразності переробки лежалых отходов ХМФ с целью получения редкометальных и нефелин-полевошпатовых концентратов: Отчет о НИР. – Симферополь: Институт минеральных ресурсов, 2000. – № 827/392. – 95 с.
7. Разработка технологии извлечения редких металлов из отходов обогащения мариуполитов / К.Л. Шпилевой, В.С. Белецкий, Р.Л. Попов и др. // Благородные и редкие металлы: Тр. IV Международной конференции "Благородные и редкие металлы. БРМ-2003", Донецк, 22-26 сентября, 2003. – Донецк, 2003. – С. 257-259.

© Мостыка Ю.С., Шутов В.Ю., Шпилевой К.Л., Шпилевой Л.В., 2013

*Надійшла до редколегії 07.12.2013 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*