

на стиск 50 – 70 МПа, водопоглинанням 3 – 5 %. Крім того, вироби вирізняються насиченим однорідним темним червоно-коричневим забарвленням та високими естетичними показниками.

**Ключові слова:** клінкерна цегла, глиниста сировина, силікатний модуль, гранитна пил, водопоглинання.

The article shows the possibility of expanding the assortment of ceramic products in the enterprise "Chaparevsky brickyard" (Zaporozhye.). When using the structuring and modifying additives based on local raw materials is possible to obtain ceramics with properties approaching those of clinker materials: compressive strength of 50 – 70 МПа, water absorption of 5 – 3 %. In addition, the products are of a uniform dark rich red-brown color and high aesthetic values.

**Keywords:** clinker bricks, clay raw materials, silicate unit, granite dust, water absorption.

УДК 621.926

**Ю.С. МОСТЫКА**, д-р техн. наук, проф., НГУ, Днепропетровск,  
**К.Л. ШПИЛЕВОЙ**, инж., ПАО «ММК им. Ильича», Мариуполь,  
**Л.В. ШПИЛЕВОЙ**, канд. техн. наук, ООО ИИ «НПФ Минералтехника»,  
Днепропетровск

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

Выполнено исследование относительно усовершенствования технологии обогащения нефелиновых сиенитов Мазуровского месторождения на базе селективного измельчения минералов перед гравитационным разделением в центробежном поле.

**Ключевые слова:** Рудоподготовка, обогащение, нефелиновые сиениты, пироксид, измельчение, концентрация, центробежное поле

**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 пирометаллургическими методами, обеспечивающими более вы-

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

сокое 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 пирохлора – основного ниобийсодержащего минерала. Сквозное извлечение пентоксида ниобия даже в некондиционный 8 %-й концентрат не превышало 28 % [3 – 5].

Низкие показатели извлечения пирохлора независимо от принятых методов обогащения обусловлены тонкой вкрапленностью руды и, как следствие, необходимостью её 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 пирохлора и меньшей твердости в сравнении с другими минералами комплексной руды происходит его переизмельчение и образование «примазок» на поверхности пороодообразующих минералов, втирание частичек пирохлора в поверхностный слой зерен альбита, микроклина, нефелина. Свойства поверхности этих минералов изменяются, снижается их контрастность и, как следствие, эффективность обогащения. Отмечая причины низкого извлечения пирохлора, авторы названных работ не дают рекомендаций, позволяющих решить указанную проблему.

**Выделение нерешенной части проблемы.** Отсутствуют работы, в которых изучались бы способы измельчения нефелиновых сиенитов 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 основного материала и результатов исследования.** 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 пироклора при выбранных способах измельчения, характер распределения зерен пироклора по крупности, и содержание пентоксида ниобия в разных классах крупности, а также влияние разупрочняющего действия центробежной мельницы на процесс последующего извлечения пироклора 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.

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, %	Масс. доля $(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_5$ , %	Распределение $(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_5$ %	Выход, %	Масс. 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

Анализ результатов исследований показывает, что применение селективного измельчения руды Мазуровского месторождения в центробежной мельнице метательного типа позволяет достичь более полного раскрытия пи-

рохлора в более грубых классах крупности. Как следствие, концентратор Нельсона позволяет повысить при таком измельчении массовую долю пентоксида ниобия в черновом концентрате до 2,03 % при извлечении 65,37 %.

Таблица 2 – Показатели обогащения отходов в концентраторе Нельсона

Продукты обогащ.	Измельчение в шаровой мельнице			Измельчение в центробежной мельнице		
	Выход, %	Масс. доля (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Извлечение (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Выход, %	Масс. доля (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	Извлечение (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %
Тяжёлая фракция	4,39	1,110	48,52	3,22	2,030	65,37
Лёгкая 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

### 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 / А.С. Черняк. – М.: Недра, 1965. – 203 с. 2. Зеликман А.Н. Металлургия тугоплавких редких металлов / А.Н. Зеликман. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с. 3. Кашин С.А. Некоторые вопросы геологического строения Октябрьского массива щелочных пород и особенности его минерализации / С.А. Кашин // Труды ЦНИГРИ. – 1961. – Вып. 44. – 131 с. 4. Разработка технологии обогащения комплексных руд Мазуровского месторождения: Отчет о НИР / Механообрчермет. – № ГР 0193 017475; инв. № 086311/17-93. – Кривой Рог, 1994. – 100 с. 5. Результати мінералогічних та технологічних досліджень руд Мазурівського родовища та рідкісноземельних руд України: Звіт про НДР (заключний) / Кримське відділення УкрДРГІ. – № ДР 0197009822. – Сімферополь, 2002. – 171 с. 6. Технико-экономическое обоснование целесообразности переработки лежалых отходов ХМФ с целью получения редкометальных и нефелин-полевошпатовых концентратов: Отчет о НИР / Институт минеральных ресурсов. – № 827/392. – Симферополь, 2000. – 95 с. 7. Шпилевой К.Л. Разработка технологии извлече-

ния редких металлов из отходов обогащения мариуполитов / К.Л. Шпилевой, В.С. Белецкий, Р.Л. Попов, Л.А. Маклакова // Благородные и редкие металлы. БРМ-2003: IV Междунар. конф., 22-26 сент. 2003 г.: тезисы докл. – Донецк, 2003. – С. 257 – 259.

*Поступила в редколлегию 13.06.13.*

УДК 621.926

**Совершенствование рудоподготовки при обогащении нефелиновых сиенитов для повышения извлечения пирохлора / Ю.С. МОСТЫКА, К.Л. ШПИЛЕВОЙ, Л.В. ШПИЛЕВОЙ // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 57 (1030). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 85 – 89. – Бібліогр.: 7 назв.**

Виконано дослідження щодо удосконалення технології збагачення нефелінових сієнітів Мазуровського родовища на основі селективного подрібнення мінералів перед гравітаційним розділенням у відцентровому полі

**Ключові слова:** Рудопідготовка, збагачення, нефелінові сієніти, пірохлор, подрібнення, концентрація, відцентрове поле

These researches have been done with the purpose of ore-dressing technology perfection for nefelin-syenite ores of the Mazurovsky deposit on the basis of selective crushing of minerals before their gravitational separation in centrifugal field

**Keywords:** Ore preparation, perfection, nefelin-syenite, pyrochlore, milling, concentration, centrifugal field

УДК 622.517.519

**В.П. НАДУТЫЙ**, д-р техн. наук, ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск,  
**А.И. ЕГУРНОВ**, канд. техн. наук, КНУ, Кривой Рог,  
**И.В. ЯГНЮКОВА**, асп., ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВИБРАЦИОННОГО ВАЛКОВОГО КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОУДАРНОГО РЕЖИМА**

Предложена модернизированная схема рабочего органа валкового виброклассификатора. Определены условия виброударного режима его работы и представлены основные расчетные зависимости.

**Ключевые слова:** валковый классификатор, виброударный режим, вибровозбудитель, дебалансная масса, математическая модель.

© В.П. Надутый, А.И. Егурнов, И.В. Ягнюкова, 2013