

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ КАМНЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЕВРОРЕГИОНЕ КАРЕЛИЯ
(РАЙОН КОСТОМУКШИ, РОССИЯ)

П.Керанен¹, М.Н.Юринов², В.В.Щипцов³

¹ Кайнуу Региональный Союз

² Администрация г.Костомукши

³ Институт геологии, Карельский научный центр РАН

В проекте Косстоун (контракт № 061-188/038 TACIS CBC Small Project Facility) партнерами в с финской стороны выступают Союз Кайнуу (координатор), город Кухмо и муниципалитет Суомуссалми, а также как эксперт Региональное отделение Куопио ГСФ. С российской стороны партнерами выступают город Костомукша и ИГ Кар.НЦ РАН. Дата запуска проекта в работу - 12 января 2004 года. По этому проекту состоялись три экспедиции и проведены два семинара - в г.Кухмо (Финляндия) и г.Костомукша (Республика Карелия). В результате объединения усилий и использования финской методики удалось в настоящее время установить пять перспективных участков на тальк-карбонатный камень.

EXPERIENCE OF SEPARATION OF NEPHELINE SYENITES IN SEPARATORS WITH PERMANENT
MAGNETS TO GET RAW MATERIAL FOR PRODUCTION OF CERAMIC-GRANITE TILES

V.A. Kiselev¹, V.I. Nozdrja², V.D. Samorukova², Y.V. Rjabov², V.V. Schiptsov³, L.S. Skamnitskaya³

¹ CSC "Transkom"

² Research institute "GIGHS"

³ Institute of Geology, KarRS RAS

The report contains the results of prospecting of "Severnnyi" deposit of syenites of Eletjzerski formation (republic of Karelia).

Composition of syenites and results of their technological tests are given in the report. It has been proved that high-quality feldspar concentrates with low content of ferro-oxides suitable for production of ceramic-granite tiles can be produced with the help of simple technology in separators with permanent magnets.

ОПЫТ ОБОГАЩЕНИЯ НЕФЕЛИНСОДЕРЖАЩИХ СИЕНИТОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМО-ГРАНИТНОЙ ПЛИТКИ НА СЕПАРАТОРАХ С ПОСТОЯННЫМИ
МАГНИТАМИ

В.А. Киселев¹, В.И. Ноздря², В.Д. Саморукова², Ю.В. Рябов², В.В. Щипцов³, Л.С. Скамницкая³

¹ ЗАО «Транском»

² ФГУП «ГИГХС»

³ Институт геологии, Карельский научный центр РАН

В период с 2002 по 2004 годы ЗАО «Транском» осуществил разведку и подготовку к промышленной эксплуатации Северного месторождения сиенитов Елетьозерского массива (Карелия) с привлечением по хоздоговорам ГУП РК «Северной ПРЭ», ФГУП «ГИГХС» и ИГ КарН РАН.

Запасы нефелинсодержащих сиенитов Северного месторождения для производства керамо-гранитной плитки утверждены протоколом № 14-04 ТКЗ при Управлении МПР России по Карелии в количестве 4282 тыс.т. по категории С₁+С₂. Качество нефелинсодержащих сиенитов определяется в первую очередь, содержанием общего железа в расчете на Fe₂O₃, которое в среднем по руде составило 6,8%. Массовая доля полезных компонентов в руде составила (%): SiO₂ – 55,7-56,6; Al₂O₃ – 17,3-17,5; Na₂O+K₂O – 12,0. Калиевый модуль K₂O/Na₂O – 1,0-1,1.

Техническими требованиями к основному сырью для производства керамо-гранитной плитки предусматривается:

- массовая доля Fe₂O₃ общ., не более 0,3-0,4%;
- массовая доля Al₂O₃ не менее – 17,0%
- массовая доля суммы K₂O+Na₂O, не менее – 12,0%
- калиевый модуль K₂O/Na₂O – 0,9-1,1.

Для получения такого сырья необходимо обогащение нефелинсодержащих сиенитов с удалением железо- и титансодержащих минералов.

С учетом ранее выполненных работ ИГ КарНЦ РАН (1982 г.), МНТК Механобр (1987 г.), ИМК (1992 г.), ИКИМСО ГеотехВИМС (2002 г.), и геолого-технологических работ ГИГХС в 2002-2004 гг., а также экономических и экологических условий района месторождения, предложена технологическая схема сухого магнитного обогащения с использованием постоянных магнитов.

Минеральный состав нефелинсодержащих сиенитов характеризуется широким разнообразием железосодержащих минералов, подлежащих выделению в различных по интенсивности магнитных полях (таблица).

Таблица

Технологические характеристики минералов нефелинсодержащих сиенитов

Минералы	Массовая доля, %	Удельная магнитная восприимчивость, см ³ /г	Магнитная сила, а ² /см ³
Полевые шпаты (микроклин, альбит, олигоклаз, нефелин)	72-75	Отсут.	-
Нефелин	3-4	Отсут.	-
Пироксены (эгирин-авгит, авгит)	7-9	(14-54)·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻⁶
Амфиболы (рибекит, арфведсонит)	6-8	(38-60)·10 ⁻⁶	2,5·10 ⁻⁷
Слюды (биотит, мусковит)	4-7	(30-76)·10 ⁻⁶	2,3·10 ⁻⁷
Титаномагнетит, магнетит	1-3	0,146-1,02	1,8·10 ⁻⁴
Сфен	0,5-1,0	(4,4-7)·10 ⁻⁶	2,0·10 ⁻⁸
Гранат	0,1-0,2	(60-150)·10 ⁻⁶	5,7·10 ⁻⁶
Карбонат	0,2-0,3	(0,4-21,8)·10 ⁻⁶	-
Апатит	0,4-0,5	(1-5)·10 ⁻⁶	-

Это обусловило необходимость проведения многостадийной схемы магнитного обогащения при различных напряжениях магнитного поля.

Исследования по раскрываемости зерен проводились при измельчении на различном оборудовании. Установлено, что основная часть зерен 85% раскрывается при измельчении до -0,315 мм на традиционном оборудовании: шаровая и молотковая мельницы. Исследованиями по раскрытию зерен при дроблении центробежно-ударной мельницы (КИ-0,36; «Титан») показано, что основная часть зерен раскрывается при измельчении до -0,5 мм. Опыты по магнитному обогащению проводились на рабочей фракции 40-315 мкм и 40-500 мкм. Тонкая часть менее 40 мкм на магнитном сепараторе практически не разделяется и рекомендуется ее удалять из измельченной руды перед обогащением.

Определение пылевидной фракции (-40 мкм) проводилось на воздушном сепараторе измельчительного комплекса КИ-0,36 и на виброгрохоте «Ultimate Seruner» компании «Tehnologies L.t.d.». Эффективность сепарации обоих способов примерно одинакова, массовая доля частиц размером менее 40 мкм в продуктивной фракции не превысило 3-5%. Выход пылевидной фракции (-40 мкм) при измельчении на шаровой мельнице составил 24-25%, а на центробежно-ударной мельнице – 17-18%.

Магнитное обогащение серии лабораторных проб нефелинсодержащих сиенитов с содержанием Fe₂O₃ общ. От 5,5 до 9,9% проводилось первоначально на отечественных индукционных магнитных сепараторах при различной силе магнитного поля от 0,6 до 1,8 Тл. В первую стадию в слабом поле напряженностью до 0,1 Тл выделялись сильно магнитные минералы магнетит и титаномагнетит, а также их сростки с другими минералами. После этого немагнитный продукт обогащался в сильном поле с напряженностью 1,7 Тл с трехкратной пересортировкой немагнитной фракции. В результате были получены обогащенные сиениты с массовой долей Fe₂O₃ общ. 0,18-0,21%.

Общий выход обогащенного сиенита с содержанием Fe₂O₃ общ. <0,2% из балансовой руды составил 51-52%. При измельчении на КИ-0,36 выход продукции составил 55-56%.

На втором этапе были подготовлены пробы нефелинсодержащих сиенитов из керна скважин путем измельчения и классификации на центробежно-ударных мельницах. Пробы ЕС-5Р, Fe₂O₃ общ. – 6,5% и ЕС-6Р, Fe₂O₃ общ. 5,8%.

Рабочие фракции (40-500 мкм) двух проб весом 80 и 100 кг были использованы для обогащения на сепараторах с постоянными магнитами фирм Steinert Elektromagnetbau GmbH (Германия) и Raoul LENOIR (Франция). Испытания обеих проб на фирме «Steinert» включали в себя выделение

сильномагнитных минералов на барабанном сепараторе (МТР 24Q30) с постоянными магнитами (ферро-бариевыми) с индукцией 0,1 и 0,3 Тл и выделение слабомагнитных минералов на ленточном сепараторе (HGS Rolle 720) с постоянными магнитами (ферро-ниобиево-борные) с индукцией до 1,8 Тл. Диаметр валка составлял 72 мм.

На барабанном сепараторе с магнитной индукцией 0,1 Тл была выделена магнитная фракция в количестве 2-3%. При обогащении на барабанном сепараторе с индукцией до 0,3 Тл была выделена магнитная фракция в количестве менее 1% в основном сростки минералов. Немагнитная фракция класс 40-500 мкм была подвергнута обогащению на ленточном высокоиндукционном сепараторе HGS при различных скоростях движения ленты подачи материала и различных положениях отсекаателя. В результате проведения испытаний не удалось получить приемлемого разделения слабомагнитных и немагнитных минералов, за счет сложения влияния комплекса факторов: крупности, плотности, магнитной восприимчивости и формы зерен.

Для дальнейших испытаний исходная проба (ЕС-5Р) была рассортирована по фракциям -0,5+0,3 мм, -0,3+0,1 мм и 0,1+0,04 мм. Для тонкой фракции из-за высокого выхода слабомагнитных хвостов после основной сепарации на ленточном сепараторе, пришлось их дважды перечищать до получения приемлемого выхода. Массовая доля железа в обогащенном сиените тонкой фракции составила 0,56%, что выше требований. Для крупной и средней фракций было достаточно основной сепарации и одной перечистки немагнитной фракции для достижения приемлемого выхода ($\geq 65\%$) и качества по содержанию Fe_2O_3 общ. 0,21-0,31%.

Оценка производительности ленточного сепаратора HGS по исходному сырью специалистами фирмы «Steinert» составила около 1 т на 1 погонный метр ленты в час.

Полученные данные, такие как необходимость узкой классификации материала, низкое качество обогащенной тонкой фракции ($>0,4\%$ по Fe_2O_3 общ.), низкая производительность сепараторов не позволяет рекомендовать испытанное оборудование для проектируемой обогатительной фабрики.

На фирме Raoul LENOIR во Франции испытание пробы ЕС-6Р проводилось:

- на барабанном сепараторе TAP-1 на постоянных магнитах (железо-бариево-стронциевых) с индукцией на поверхность барабана 0,12 Тл;
- на барабанном сепараторе TAP-2 на постоянных магнитах (железо-неодим) с индукцией 0,3 Тл;
- на промышленном барабанном сепараторе SLT-400 на постоянных магнитах (железо-редкоземельных) с индукцией до 0,7 Тл (до 2,2 Тл в отдельных точках);
- на роликовом сепараторе Rollap-300 на постоянных магнитах (железо-неодим-бор) с индукцией до 1,8 Тл на поверхности ролика.

Магнитная система на сепараторе Rollap-300 представляет собой ролик диаметром 300 мм, сложенный чередующимися шайбами из спецстали и постоянных магнитов шириной 5 и 10 мм. Слабомагнитные минералы снимаются с ролика специальными щетками.

В результате проведенного комплекса испытаний для нефелинсодержащего сиенита фракции 40-500 мкм сформировалась следующая технологическая схема:

- 1 стадия – выделение сильномагнитной фракции (титаномагнетит) на TAP-1 в количестве 1,8-2%;
- 2 стадия – выделение среднемагнитной фракции (биотит, эгирин) на SLT-400 в количестве 13,1-16,8%;
- 3 стадия – выделение слабомагнитных минералов (амфибол, сфен, карбонат) сростков на Rollap-300 в количестве 29,4%;
- 4 стадия – перечистка магнитных хвостов 3-й стадии на Rollap-300 с получением дополнительной немагнитной фракции (обогащенного сиенита) в количестве 5,5%.

Массовая доля Fe_2O_3 общ. в обогащенном сиените (объединенные продукты 3 и 4 стадий) после Rollap-300 составляла 0,17-0,16%. Качество продукта перечистки магнитных хвостов на Rollap-300 удовлетворяет требованиям (Fe_2O_3 общ. – 0,34%).

В целом выход обогащенного нефелинового сиенита из пробы ЕС-5Р составил 64,6% от операции магнитной сепарации. С учетом потери с пылью (-40 мкм) в количестве 17,7%, выход обогащенного сиенита составил 53,2%. Производительность по оценкам специалистов фирмы Raoul LENOIR барабанного сепаратора SLT (>10 т) и промышленного роликового сепаратора Rollap-300 типа IRRS 10-B300 с шириной ролика 1 м до 9 т/час соответствует проектному заданию.

На производительность 50 т/час по исходному сиениту потребуется 5 каскадов, включающих в себя три сепаратора: TAP-1, SLT и Rollap-300, также один роликовый магнитный сепаратор типа Rollap-300.

Таким образом, проведенные испытания по магнитному обогащению показали возможность применения сепараторов на постоянных магнитах для получения высококачественного обогащенного сиенита с приемлемым выходом до 53% от балансовой руды.