

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОРПАНГА В КАЧЕСТВЕ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

Ильина В. П.¹, Бубнова Т. П.^{1,2}, Фролов П. В.¹

¹ *Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск*

² *Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск*

Введение

Для большинства современных горнодобывающих предприятий актуальным вопросом является реорганизация недропользования с учетом более рационального комплексного освоения месторождений полезных ископаемых, охраны недр и охраны окружающей среды в соответствии с требованиями федеральных законов РФ и нормативной правовой документации [16]. В больших объемах отвалы горных пород могут использоваться в производстве щебня. Вместе с тем, отвалы и отходы переработки горных пород могут содержать не менее важные и дефицитные полезные ископаемые и минералы, что предопределяет актуальность и целесообразность изучения их состава с целью выявления возможных областей использования [11].

Отвалы и хвостохранилища Костомукшского ГОКа занимают обширные площади, на их содержание предусмотрены значительные средства. Комплексное геологическое и технологическое изучение вскрышных пород показало, что они могут использоваться в качестве строительных материалов и технологического сырья различного назначения [3, 8].

Месторождение Корпанга находится в северной части Костомукшского железорудного района и было открыто как железорудное месторождение среднего размера по результатам геофизических [14, 15, 16] и геолого-съемочных [2, 8, 7] работ. В 1974–1976 гг. на участке были проведены поисковые и поисково-оценочные работы [9, 10], а в 1977–1981 гг. – детальная разведка [6]. В настоящее время разработку месторождения осуществляет АО «Карельский окатыш», который входит в горнодобывающий (сырьевой) дивизион компании «Северсталь». Ранее вскрышные породы Костомукшского железорудного месторождения изучались в Институте геологии КарНЦ РАН [12]. Как наиболее перспективные породы в качестве нетрадиционного полевошпатowego сырья были

изучены геллефлинты и плагиопорфиры [13]. На месторождении Корпанга были выделены залежи лептитовых гнейсов, по минеральному составу аналогичные натриевой геллефлинте. Однако предыдущие результаты исследований не позволяют сделать вывод о возможном использовании лептитовых гнейсов в качестве полевошпатowego сырья для керамики. В настоящей работе представлены результаты минералого-технологического исследования лептитовых гнейсов, выполненные с целью оценки возможности их использования в качестве заменителя традиционного полевошпатowego сырья для получения керамических материалов.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований послужили две технологические пробы лептитовых гнейсов массой по 25 кг каждая, отобранные на месторождении Корпанга из скважины № 377 в интервалах 75.8–90.9 м (проба 377/80) и 178.6–237.5 м (проба 377/200). По минеральной, химической и гранулометрической характеристикам лептитовые гнейсы аналогичны натриевой геллефлинте Центрального карьера Костомукшского месторождения. Последние хорошо изучены в технологическом плане на полевошпатowego сырья для керамики [3].

Минеральный и химический составы лептитовых гнейсов, исследованы на базе лабораторного оборудования Аналитического центра Института геологии КарНЦ РАН. Минеральный состав проб оценивался методом петрографического изучения шлифов на оптическом микроскопе ПОЛИАМ Р 211, а также методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием СЭМ VEGA II LSH (Tescan) с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy 350 (Oxford Instruments). Химический состав проб изучен методом мокрой химии. Физико-механические свойства образцов керамики проверены на соответствие ГОСТам [4, 5].

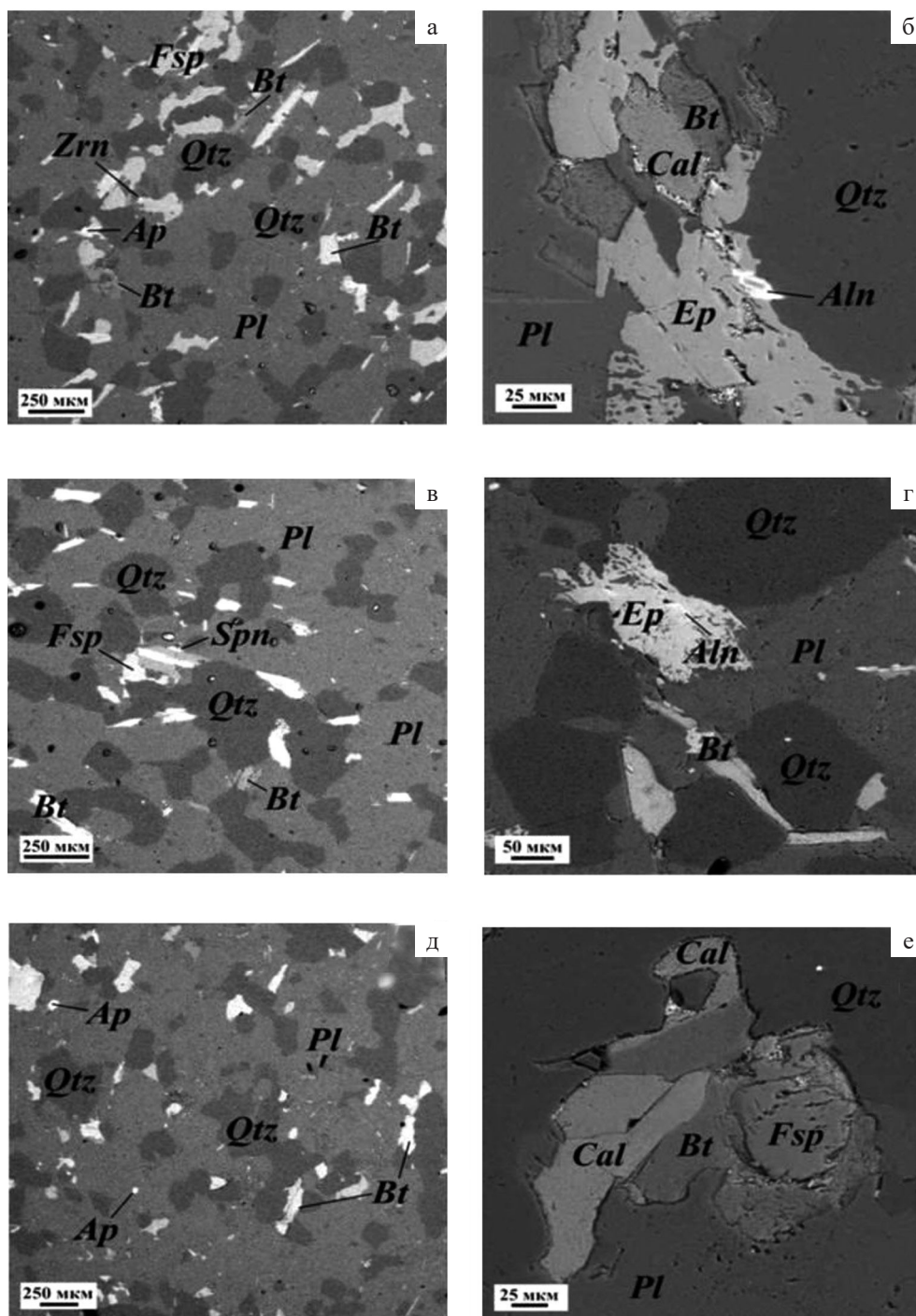


Рис. 1. BSE-изображения лептитовых гнейсов: а, б, в-проба 377/80; г, д, е – проба 377/200

Условные обозначения: Aln – алланит; Ap – апатит; Bt – биотит; Cal – кальцит; Ep – эпидот; Fsp – К – полево шпат; Ms – мусковит; Pl – кислый плагиоклаз; Spn – титанит; Qtz – кварц; Zrn – циркон

Результаты исследования

Минеральный и химический состав лептитовых гнейсов

Лептитовые гнейсы Корпангского месторождения представляют собой глубоко метаморфизованные эффузивные породы. Петрографическое изучение показало, что они представлены мел-

козернистым кварц-полевошпатовым агрегатом с переменным содержанием биотита, мусковита, эпидота (рис. 1). В виде примесей отмечаются зерна карбоната, рудных минералов. Из акцессорных минералов встречаются циркон, титанит, гранат, турмалин. Плагиоклаз является основным породообразующим минералом

с содержанием в породе от 40 до 65 %, представлен преимущественно кислым плагиоклазом (альбит-олигоклазом). Микроклин присутствует в подчиненном количестве 3–7 %. Содержание кварца в породе варьирует от 25 до 40 %. В составе кварц-полевошпатового агрегата преобладают зерна размером от 0.05 до 0.1 мм, также отмечаются порфириовидные обособления размером до 1 мм.

Содержание второстепенных минералов – биотита, мусковита, эпидота варьирует в пределах от 1 до 15 %. Биотит представлен мелкими (0.05–0.2 мм) чешуйками, замещающимися эпи-

дотом, мусковитом, магнетитом. Мусковит развивается в виде редких удлиненных чешуек за счет замещения биотита и плагиоклаза. Эпидот развит в виде вытянутых призматических зерен размером от 0.1 до 0.3 мм, тесно ассоциирует с алланитом (рис. 1 б, г). Кальцит образует ксеноморфные зерна размером от 0.1 до 2 мм.

По сравнению с геллефлинтами [3] лептитовые гнейсы месторождения Корпанга характеризуются более крупнозернистой структурой. Для них характерно повышенное содержание окислов железа. Сравнительная характеристика химического состава приводится в таблице.

Химический состав технологических проб, мас. %

Оксиды	Уч. Корпанга		Натровая геллефлинта уч. Центральный*
	Пр. 377/80	Пр. 377/200	
SiO ₂	69.58	67.68	69.30
TiO ₂	0.11	0.14	0.07
Al ₂ O ₃	15.38	14.93	17.45
Fe ₂ O ₃	1.25	1.39	0.61
FeO	2.30	3.52	0.87
MnO	0.031	0.043	0.02
MgO	1.41	1.51	0.77
CaO	2.80	2.87	2.55
Na ₂ O	5.15	5.00	5.91
K ₂ O	1.16	1.11	1.17
H ₂ O	0.05	0.06	0.21
ppp	0.58	1.73	0.88
S	99.80	99.98	99.81

Примечание: * Приведены усредненные содержания по 20 пробам по [3, 12].

Обогащаемость лептитовых гнейсов

На рисунке 2 иллюстрируется распределение лимитируемых оксидов [5] по классам крупности по данным выполненных ранее исследований на обогащаемость лептитовых гнейсов [12]. Высокое содержание оксидов железа наблюдается в мелких (0–0.25 мм) фракциях проб (рис. 2 а). Это связано с присутствием в породе микроскопических включений магнетита, а также тем, что биотит, характеризуясь низкими показателями твердости, при измельчении переходит именно в эти классы крупности.

Содержание оксида натрия в мелких фракциях (рис. 2 в) больше в пробе геллефлинты, чем

в пробах лептитовых гнейсов, а оксида калия меньше содержится в геллефлинте (рис. 2 б). Анализ лимитирующих компонентов в составе исходных технологических проб лептитовых гнейсов и сопоставление его с техническими требованиями к кварц-полевошпатовому сырью [5], показал необходимость измельчения их для эффективного удаления железосодержащих примесей.

Флотационное обогащение лептитовых гнейсов было выполнено по схеме, разработанной для геллефлинта [7, 12]. Технологическая схема включала дробление, измельчение до крупности менее 0.071 мм, обесшламливание по зерну

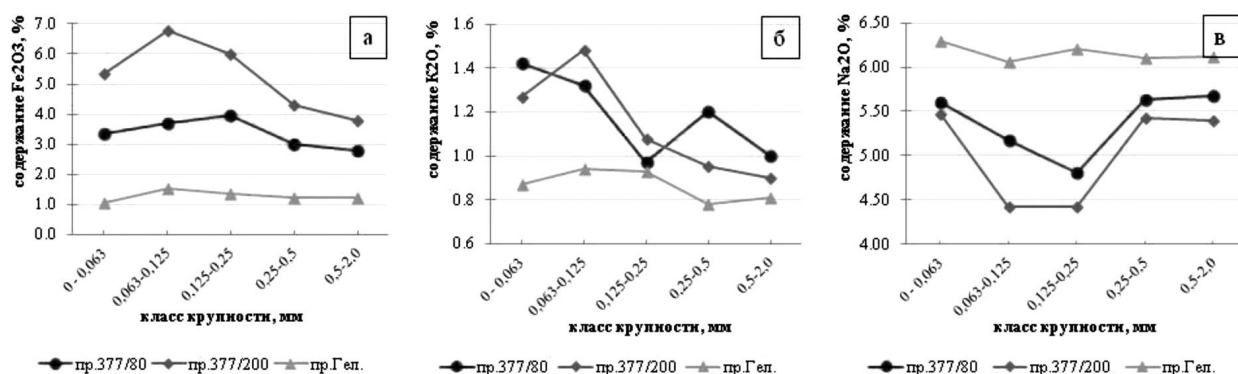


Рис. 2. Распределение лимитируемых оксидов Fe₂O₃, K₂O, Na₂O в технологических пробах по классам крупности: пр. 377/80, 377/200 – лептитовые гнейсы; пр Гел. – геллефлинта

0.02 мм и флотацию железосодержащих минералов и слюд с контрольной электромагнитной сепарацией флотоконцентрата. Концентрат, полученный после флотомагнитного обогащения лептитовых гнейсов, содержал менее 0.2 % оксида железа, что соответствует требованиям ГОСТ 70-30-75 на сырье для тонкой керамики. Однако по содержанию щелочных (K₂O+Na₂O) и щелочноземельных (CaO+MgO) оксидов не соответствовал требованиям ГОСТа [5].

Керамические испытания лептитовых гнейсов

В керамическом производстве полевошпатовое сырье используется в качестве плавня. В процессе обжига полевой шпат, образуя стеклофазу, уменьшает пористость обожженных изделий, обеспечивает процесс спекания и придает материалу прочность, компактность и термостойкость [1]. В настоящей работе при получении керамических изделий традиционное полевошпатовое сырье было заменено на лептитовые гнейсы. Керамические испытания выполнены по методике исследования кварц-полевошпатового сырья в соответствии с ГОСТ [4, 5].

За основу при расчете фарфоровой массы был взят состав классической массы твердого фарфора: 50 % глинистых минералов (глина, каолин), 25 % кварца и 25 % полевых шпатов. Затем, с учетом содержания кварца в концентрате исследуемой пробы, рассчитан материальный состав массы: полевошпатовый концентрат лептитовых гнейсов – 37.23 %; кварцевый песок – 12.77 %; каолин (Просьяновское месторождение) – 38 %; глина (Веселовское месторождение) – 12 %. Химический состав полученной фарфоровой массы (в мас. %): SiO₂ – 65.18; TiO₂ – 0.32; Fe₂O₃ – 0.37; Al₂O₃ – 23.48; CaO – 1.16; MgO – 0.25; Na₂O – 2.57; K₂O – 0.42.

Образцы обожженной керамики испытывались для определения усадки при обжиге, пористости по водопоглощению, прочности при изгибе. Зависимость изменения керамических свойств от температуры обработки образцов представлена на рисунке 3. Видно, что повышение температуры термообработки сопровождается прогрессирующим увеличением линейной усадки при обжиге и снижением значений пористости, что свидетельствует об активном образовании стеклофазы за счет полевого шпата в лептитовых гнейсах. Водопоглощение образцов в этом интервале наименьшее – 0.16 %, что соответствует ОСТу 17-84-71, по которому этот показатель для спекшегося черепка должен быть не более 0.20 %. Показатели усадки при обжиге и пористости близки для образцов, полученных на основе лептитовых гнейсов и геллефлинты и различаются в пределах 2–3 %. Полученные данные усадки и пористости образцов опытной массы при различных температурах обжига показали, что интервал спекания массы лежит в пределах 1200–1250 °С, что значительно ниже температуры обжига изделий тонкой керамики, получаемой с использованием пегматита, принятой на фарфоровом заводе им. Ломоносова в Санкт-Петербурге 1370–1400 °С [1].

Значения прочности при изгибе керамических образцов увеличиваются с повышением температуры обжига до 1250 °С (рис. 3). Значительное увеличение начинается при температуре обжига 1050 °С. Максимальное возрастание прочности при изгибе наблюдается при 1250 °С. Вероятно, повышение прочности происходит в результате образования необходимого количества стеклофазы, наряду с образованием и ростом новых кристаллических фаз за счет процессов разложения и перекристаллизации минералов, составляющих сырье.

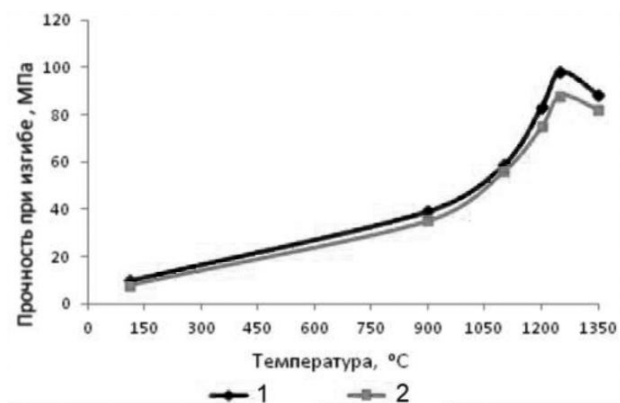
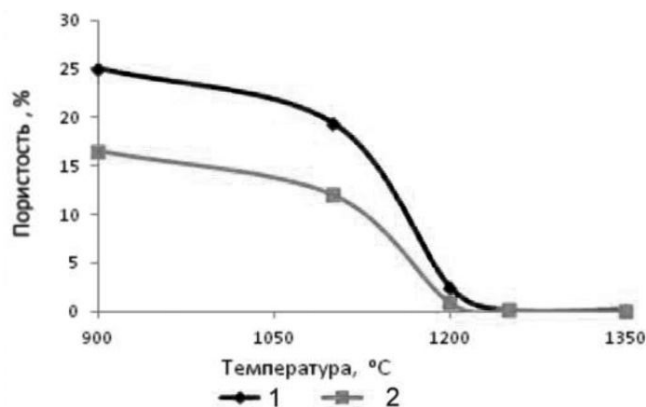
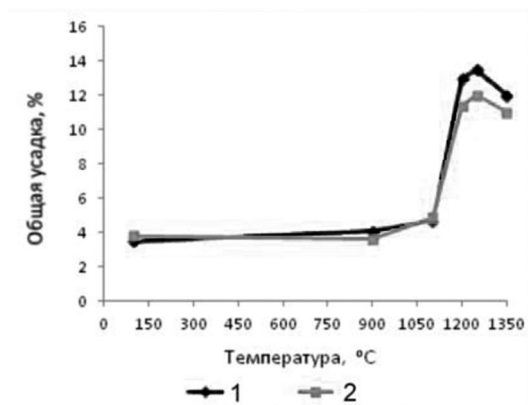


Рис. 3. Зависимость изменения физико-механических свойств от температуры отжига опытных образцов керамики, полученной на основе лептитовых гнейсов (1) и геллефлинты (2)

Белизна глазурованных и не глазурованных образцов керамики, полученной с использованием полевошпатового концентрата из лептитовых гнейсов (66.8% и 63.8%, соответственно) отвечает требованиям I-го сорта по ОСТ 17-84-71 на «Посуду фарфоровую столовую и чайную», но значительно уступает белизне изделий, изготовленных с применением концентрата из геллефлинты (70.6 и 73.8%, соответственно).

Заключение

Лептитовые гнейсы месторождения Корпанга представляют собой глубоко метаморфизованные крупнозернистые породы и отличаются повышенным содержанием окислов железа по сравнению с геллефлинтой. Полевошпатовый концентрат, полученный флотомагнитным обогащением лептитовых гнейсов можно использовать для получения керамических материалов, не требующих высокой белизны, например, для керамической облицовочной плитки и плитки для полов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Августиник А. И. Керамика. Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1975. 692 с.
2. Алексеев И.И. Отчет о результатах комплексных геофизических работ Койвасозерской и Костомукшской партий за 1971–72 гг. 1973. Фонды КГЭ.
3. Вскрышные породы Костомукшского железорудного месторождения и пути их использования в народном хозяйстве. Петрозаводск: Карелия, 1983. 142 с.
4. ГОСТ 13449-2017 Изделия санитарные керамические. Методы испытаний. 2017.
5. ГОСТ 7030-75 Материалы полевошпатовые и кварц-полевошпатовые для тонкой керамики. 1975.
6. Громова З. Т., Вейхер А. А., Куницын В. Л., Гайс Л. И., Зиновьева З. А. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Карельской АССР масштаба 1 : 000 000. М., 1973. 189 с.
7. Каменева Е. Е., Скамницкая Л. С. Обогащение минерального сырья Карелии. Петрозаводск, 2003. 230 с.
8. Минерально-сырьевая база Республики Карелия // Кн. 2. Неметаллические полезные ископаемые. Подземные воды и лечебные грязи. Петрозаводск: Карелия, 2006. 356 с.
9. Мошков Е.И. Отчет о результатах детальной разведки Корпангского месторождения железных руд

за 1978–1981 гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.82 г. 1982. Фонды КГЭ.

10. Налимов А. А., Руденко Г. В., Лагай А. С., Антонов А. А. Отчет о геологосъемочных работах м-ба 1:50000, проведенных Кондоксской партией в р-не Костомукшского железорудного м-ния в 1970–74 гг. 1974. Фонды КГЭ.

11. Ожогина Е. Г., Якушина О. А. Будни технологической минералогии / Сб. Технологическая минералогия в оценке качества минерального сырья природного и техногенного месторождения. Петрозаводск, 2022. С. 7–11.

12. Отчет о изучении вскрышных пород и отходов осваемых рудных месторождений КАССР

с целью утилизации: Отчет о НИР ч. I Вскрышные породы Костомукшского ГОКа. Петрозаводск, 1984.

13. Пекки А. С., Разоренова В. И. Месторождения полевошпатового сырья Карелии. Л.: Наука, 1977. 152 с.

14. Чернов и др. Вулканогенные железисто-кремниевые формации Карелии, 1970. 285 с.

15. Шаров Н. В. Открытие и разведка Костомукшского железорудного месторождения. Петрозаводск: Издательство КФ ПетрГУ, 2014. 103 с.

16. Шишков А. Ю. Новые перспективы применения отходов горнодобывающих производств Карело-Кольского региона // Труды КарНЦ РАН. 2020. № 2. С. 90–97.