

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 553.6: 666.7

ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ КАРЕЛИИ В ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕУПОРОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© Д-р геол.-мин. наук В.В. Щипцов, канд. техн. наук В.П. Ильина, Т.В. Попова, П.В. Фролов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия



Щипцов В.В.
директор ИГ
КарНЦ РАН



Ильина В.П.
старший научный
сотрудник



Попова Т.В.
научный сотрудник



Фролов П.В.
научный сотрудник

Ресурсная база магниезиального сырья Карелии представляет собой потенциальную область высокомагниезиального сырья с целым рядом перспективных проявлений промышленных минералов магниезиального состава (магнезит, оливин, тальк, серпентин, тремолит, доломит). Высокомагнезиальное сырье применяется во многих отраслях промышленности. В статье показаны некоторые результаты лабораторных технологических исследований по созданию новых материалов на основе магниезиального сырья (керамическая масса для изготовления облицовочной плитки с добавками талькового камня и хлорит-тремолитовых пород, сырьевая смесь для изготовления пористого теплоизоляционного материала с низкими показателями теплопроводности и высокой влагостойкостью и др.).

Ключевые слова: промышленные минералы, высокомагниезиальное сырье, керамическая масса, теплоизоляционный материал, Республика Карелия.

Karelia's high-Mg resources are based on quite a number of promising high-Mg industrial mineral occurrences (magnesite, olivine, talc, serpentine, tremolite and dolomite) - a potential source of high-Mg raw materials. High-Mg raw materials are used in many industries. Some results of laboratory technological tests, aimed at creating new materials based on high-Mg minerals (ceramic mass for facing tile production with addition of soapstone and chlorite-tremolitic rocks, a blend of raw materials for the production of porous heat-insulating material with a low thermal conductivity and a high moisture resistance, etc.), are reported in the paper.

Keywords: industrial minerals, high-Mg raw material, ceramic mass, heat-insulating material, Republic of Karelia.

Введение

Еще на заре зарождения металлургического литейного производство России стало нуждаться в высококачественных огнеупорных материалах, способных выдерживать плавленный металл. Одним из таких огнеупорных природных материалов стал выявленный магнезит на Урале, где открыто Саткинское месторождение магнезита, а в 1901 г. началась его разработка. Основным качественным параметром является высокая термостойкость, поэтому магнезит использовался на всех литейных металлургических заводах России.

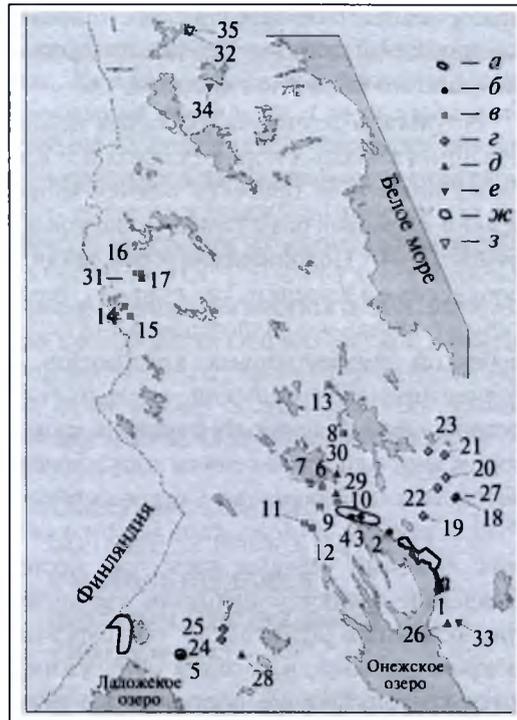
Впоследствии высокомагниезиальное сырье находит применение в других отраслях — керамическая (стеатитовая, форстеритовая и кордиеритовая керамика, в зависимости от наличия той или иной минеральной фазы в обожженной массе), сельскохозяйственная, химическая, бумагоделательная, абразивная, строительная, пиротехническая, природоохранная.

Республика Карелия представляет практический интерес как потенциальная область высокомагниезиального сырья с целым рядом перспективных проявлений промышленных минералов магниезиального состава.

Ресурсная база магнезиального сырья Карелии

Высокомагнезиальные породы преобладают на ранней стадии формирования земной коры (мезо и неоархей). К наиболее ранним продуктивным на высокомагнезиальные промышленные минералы относятся коматиит-базальтовая серия зеленокаменных поясов архея (высоко-Mg вулканиты) и бонинитоподобные ассоциации в составе супракрустальных толщ тех же поясов, с которыми связаны новообразованные по высокомагнезиальным породам тальк, магнезит и серпентин двух этапов (первый класс): 3,06–2,9 (Ведлозерско-Сегозерский, Сумозерско-Кенозерский и Южно-Выгозерский пояса) и 2,85–2,8 млрд лет (Костомукшская структура, где в коматиитовых лавах концентрации MgO составляют 24–31 %, достигая 33–39 %) [1]. В дальнейшем преобладающими становились на кратонной стадии кремнеземистые высокомагнезиальные серии (пикриты, базальты, андезиты), образующие крупные лавовые потоки с огромными роями габброноритовых даек и становлением на этой стадии расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивов. Например, в интервале 2,45–2,43 млрд лет в палеопротерозое в рифтовых структурах сформировался крупный расслоенный мафит-ультрамафитовый Бураковский интрузив, содержащий в себе такие высокомагнезиальные промышленные минералы как оливин, серпентин, или оливиниты и дуниты Тикшеозерского массива (второй класс). Крупные залежи магнезита обнаружены в серпентинизированной ультращелочной породе, претерпевшей гидро-термальное выщелачивание магния из серпентинита (Светлоозерское месторождение). Форма образований зависит от исходных размеров породы и степени метасоматоза. Образования обычно встречаются в форме линзовидных тел и гнезд. Другой (третий) класс магнезиальных пород на территории Карелии представлен доломитами осадочно-вулканогенных толщ палеопротерозоя Карельского кратона и Свекофенской складчатой области. Чистый магнезит встречается редко, а природные минералы часто образуют изоморфные ряды. На рисунке показаны основные высокомагнезиальные проявления.

В Карелии выделены два типа тальк-содержащих пород. Месторождения и проявления первого типа (апоультра-



Основные области и точки высокомагнезиальных месторождений и проявлений Карелии.

Условные знаки:

- а — площади, перспективные для поисков мало-железистого талька;
- б — проявления маложелезистого талька апокарбонатного типа:
- 1 — Пудожгорское, 2 — Габсельгское, 3 — Пиндушское, 4 — Фенькина Лампи, 5 — Саригора;
- в — месторождения и проявления талькового камня апоультрабазитового типа:
- 6 — Каллииво-Муреннанваара, 7 — Турган-Койван-Аллуста, 8 — Уросозерское, 9 — Вожемское, 10 — Остерозеро (Нижний Петтель), 11 — Черный Наволок (Совдозеро), 12 — Карзикозеро, 13 — Парандовское, 14 — Нялма Губа, 15 — Каменная Река, 16 — Озерки, 17 — Костомукшское);
- г — месторождения и проявления тальк-карбонатных руд железистого талька апоультрабазитового типа:
- 18 — Светлоозерское, 19 — Повенчанка, 20 — Кумбуксинское, 21 — Южно-Вожимское, 22 — Золотопорожское, 23 — Вожмозерское, 24 — Хюрсюля, 25 — Игнойла);
- д — серпентиниты:
- 26 — Аганозерское, 27 — Светлоозерское, 28 — Хаутаваара, 29 — Вожемское, 30 — Кропотнаволок, 31 — Таловейс, 32 — Ханкус);
- е — оливиниты:
- 33 — Бураковский, 34 — Тикшеозерский;
- ж — Повенецкий рудный узел с проявлениями рибекит-асбеста: Краснополянское, Сапенецкое, Повенецкое;
- з — антофиллит-асбест:
- 35 — Ханкус

мафитовый) распространены в ультрамафитах перидотит-пикритового или дунит-перидотитового состава, а также в серпентинизированных коматиитах в архейских зеленокаменных областях. К промышленным продуктам относится тальковый камень и железистый тальк. Проявления талька апокарбонатного типа приурочены исключительно к доломитам ятулийского

надгоризонта палеопротерозоя. С этими комплексами связаны проявления мало-железистого талька до тальцитов.

Результаты научно-прикладных исследований тальковых пород Республики Карелия позволили провести оценку минерально-сырьевой базы талька и талькового камня [2–4]. Подобные месторождения и проявления в Карелии, как правило, генетически связаны с гидротермальной переработкой перидотитовых коматиитов и серпентинитов лопийской металлогенической эпохи. К наиболее изученным месторождениям и проявлениям апоультрабазитового типа относятся Светлоозерское, Рыбозерское и Игнойльское месторождения. Общими чертами всех этих месторождений являются интрузии серпентинизированных дунитов и гарцбургитов покровного типа, в которых обнаруживаются крутопадающие обогащенные тальком рудные тела мощностью до 200 м. Вмещающими породами в большинстве случаев выступают серпентиниты и хлоритовые сланцы. К настоящему времени выявлено около 20 месторождений и проявлений талькового камня в центральных районах Карелии и на территории административного подчинения г. Костомукша. В Европейской части России Республика Карелия является единственной геологи-

ческой провинцией, где имеются тальковые объекты промышленного значения.

В определенных магматических комплексах Карелии присутствуют оливиниты и дуниты. Благодаря отсутствию химически связанной воды они являются наиболее ценным сырьем для производства форстеритовых огнеупоров. Отдельно можно выделить мощные проявления оливинитов, дунитов и оливинового габбро в субщелочных пироксенит-габбровых с карбонатитами и нефелиновыми сиенитами Тикшеозерском и Еletzозерском массивах на севере Карелии. Здесь геологически установлены и петрографически изучены и описаны многочисленные проявления оливинитов, реже дунитов и оливиновых габбро. Содержание MgO в некоторых оливинит-содержащих породах достигает 45 % [5].

Значительные скопления дунитов и оливинитов также фиксируются в Аганозерском блоке Бураковского расслоенного мафит-ультрамафитового массива [6]. Дунитовая подзона ультраосновной зоны серпентинитов центральной части Аганозерского блока по всему разрезу однородна и характеризуется высоким содержанием оливина (88–98 %). Содержание MgO варьирует в пределах 36,97–46,77 % при значительной мощности высокомагнезиальных дунитов (Fo_{85–90}) и аподунитовых серпентинитов [6].

Таблица 1. Химический состав оливинитов Карелии (мас. %) [7]

Оксиды	Названия массивов			
	Невгозерский	Ортсаьярви,	Тикшеозерский	Каменноозерский
SiO ₂	35,01–38,24	36,36–38,85	35,67–38,08	35,32–35,4
TiO ₂	0,06–0,2	0,12–0,31	0–0,16	0,15–0,16
Al ₂ O ₃	0,23–3,33	2,78–3,69	0,29–1,18	1,02–1,39
Fe ₂ O ₃	2,86–7,42	4,55–6,79	4,87–7,11	5,82–6,08
FeO	4,67–7,85	4,74–5,91	7,13–7,64	4,69–5,78
MnO	0,11–0,18	0,15–0,19	0,16	0,1–0,12
MgO	38,24–45,46	34,27–42,51	39,29–41,74	40,68–40,95
CaO	До 1,38	0–2,58	0–0,12	0–0,52
Na ₂ O	До 0,08	0,04–0,11	0,05–0,2	0,11–0,14
K ₂ O	0–0,05	0,03–0,07	До 0,05	0–0,07
П.п.п.	5,9–10,72	4,11–8,42	6,75–7,77	9,63–10,42
NiO	0,16–0,38	0,24–0,32	0,14–0,32	0,14–0,17
CoO	0,019–0,024	0,02	0,016–0,044	0,02
V ₂ O ₅	0,01–0,037	0,03–0,05	0,016–0,023	Следы
P ₂ O ₅	0–0,29	0,03–0,07	До 0,17	Следы
Cr ₂ O ₃	0,24–0,75	0,71–1,27	0,38–0,47	0,74–0,96

Оливиниты с содержанием оливина 70—90 % присутствуют в центральных частях ультрамафитов Невгозерского, Ортсаярвинского, Каменноозерского и др. массивов (табл. 1).

В чистом виде оливины не образуют месторождений и для получения оливина высокого качества породы необходимо обогатить. В свою очередь надо решить целый комплекс задач от выбора наиболее перспективных участков и определения показателей их технологической переработки до разработки рациональной экономически приемлемой технологической схемы обогащения с учетом современных требований промышленности и экологии среды.

Серпентиниты Карелии как тип промышленной породы изучены недостаточно, но современные геологические данные позволяют прогнозировать широкое распространение этих пород, а тремолит и диопсид, присутствующий в минеральном составе серпентинитов, — это новые промышленные минералы для Карелии. На Аганозерском месторождении хромовых руд выявлены серпентиниты по высокожелезистым и высокомагнезиальным дунитам. Мощность по разрезу 540 и 410 м соответственно. Серпентиниты и кемиститы (разновидность серпентинизированных ультраосновных пород с Ni и Mg) богаты магнием (36—38 %) и содержат незначительное количество примесей Al_2O_3 (0,1—0,5 %) и CaO (0,24—0,5 %) [6]. На Светлоозерском тальк-магнезитовом месторождении содержание MgO в среднем 34 % и малое количество примесей Al_2O_3 (0,2—3 %) и CaO (0—2 %). На других участках (Хаутаваара, Вожемский, Таловейс, Ханкус, Кропотнаволоок и др.) отмечены более низкие содержания MgO (25,7—32,35 %) и значительно более высокое содержание Al_2O_3 (3—6 %) и CaO (2,9—5,8 %) [8]. По химическому составу серпентиниты Светлоозерского и Аганозерского месторождений пригодны для использования в качестве биологической защиты ядерных реакторов, а предварительные исследования серпентинитов участка Хаутаваара указывают на перспективность их применения для сварки [8].

По опубликованным данным [9], доломиты первого класса государственного резерва представлены разведанным Райгубско-Пялозерским месторождением в Кондопожском районе. Балансовые запасы категорий А + В + С₁ составляют 12 млн т.

Помимо этого указывается еще на четыре месторождения (Пялозеро, Оленеостровское, Кузарандовское, Виданское) и шесть проявлений доломитов. Среди указанного перечня Кузарандовское месторождение доломитов относится к категории незагрязненных примесями (кварц) доломитов. По химическому составу доломит удовлетворяет требованиям ГОСТ 5331—63 для производства строительной извести и ГОСТ 9179—59 для производства гидравлической извести. Доломиты участка Киви-Шурья (Пялозеро) по химическому составу отвечают требованиям к огнеупорному сырью I класса.

Опытные технологии получения новых материалов с использованием высокомагнезиальной компоненты

К важным результатам исследований термостойкости горных пород относится выявление ее зависимости от состава и структуры пород, показатели которой возрастают с увеличением их теплофизических параметров и уменьшаются с ростом размера зерен минералов, слагающих породы. Полученные результаты позволили сделать общий вывод о том, что в футеровке тепловых агрегатов, в которых используются материалы подвержены термическим ударам (до 600 °С), предпочтительнее использовать тальк-хлоритовые породы.

В ИГ КарНЦ РАН были исследованы серпентиниты Светлоозерского и Аганозерского месторождений в качестве перспективного сырья для получения пористого теплоизоляционного керамического материала с форстеритовой кристаллической фазой с целью повышения прочности керамики, а также разработан состав шихты кордиеритовой керамики по упрощенной, энергосберегающей технологии. Без введения добавок предварительно синтезированного тонкомолотого кордиерита получены облицовочные плитки с высокой механической прочностью на основе талькосодержащих и хлорит-тремолитовых пород.

Серпентиниты указанных выше месторождений практически не содержат щелочей и кальция. Чтобы получить маложелезистые концентраты, было проведено их обогащение методом двухстадийной магнитной сепарации [10]. Серпентинитовый концентрат, полученный из Светлоозерского серпентинита, содержит 3,75 % об-

шего железа, что примерно соответствует требованиям к сырью для термостойкой кордиеритовой электрокерамики.

Для получения кордиеритовой электрокерамики использован концентрат из серпентинита Светлоозерского месторождения, что привело к снижению содержания оксидов железа в два раза [10]. Согласно данным РФА, концентрат представлен серпентином (антигоритом) с примесью оливина. Кроме того, в шихте использованы кианитовый концентрат, который является продуктом обогащения кианитовых руд кианитового месторождения Хизовара, кварц-полевошпатовый концентрат, представленный кварц-полевошпатовым продуктом обогащения плагиогнейсов чупинской свиты, а также легкоплавкая глина, главными составляющими которой являются гидрослюды, кварц, полевые шпаты, окислы и гидрокислы железа. Использование кианитового концентрата как глиноземистого сырья при получении кордиерита вместо традиционного каолинита позволяет снизить усадку материала.

По данным дериватографии и РФА, при 650–700 °С происходит дегидратация серпентина, а при дальнейшей термообработке решетка серпентина разрушается с образованием оливина, клино- и протоэнстатита. Кианит при нагревании выше 1250 °С начинает распадаться с образованием муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$) и кварца. При температуре до 1350 °С за счет реакции муллита с магнезиальными минералами и кварцем образуется кордиерит. Наиболее интенсивно реакция идет в температур-

ном интервале 1250–1350 °С. По данным микронзондового анализа, керамика, полученная при конечной температуре обжига, состоит из кордиерита (50–60 %), энстатита, полевого шпата.

На основе серпентинитов Аганозерского месторождения разработана сырьевая смесь для изготовления пористого теплоизоляционного материала с низкими показателями теплопроводности и высокой влагостойкостью, что позволяет использовать предлагаемую керамику в качестве теплозащитного материала для тепловых агрегатов и морозильных камер. Методом электронной микроскопии установлено, что основной кристаллической фазой теплоизоляционной керамики является форстерит (71 %) — продукт перекристаллизации серпентина. Рентгенофазовый анализ показал, что, кроме форстерита, присутствуют кварц (5 %), кристобалит (4 %), энстатит (7 %). Количество стеклофазы составляет 13 %.

Основные характеристики разработанной керамики находятся в пределах требований к кордиеритовым материалам [11]. Свойства кордиеритовой керамики представлены в табл. 2. Полученная керамика отличается от известных материалов значительно меньшей (в 3–8 раза) усадкой, что позволяет получать изделия сложной геометрической формы (блоки-носители катализаторов, капсулы для обжига фарфоровых изделий, футеровка тепловых агрегатов и др.) [12]. Результаты исследований показали, что серпентинит Светлоозерского месторождения является перспективным сырьем для получения кордиеритовой керамики.

Формирование пористой структуры теплоизоляционной керамики происходит при обжиге за счет дегидратации химически связанной воды, содержащейся в серпентине, вспучивания жидкого стекла, а также за счет карбонатов и гидрокарбонатов, разлагающихся с выделением CO

Разработан состав керамической массы для изготовления облицовочной плитки с добавками талькового камня и хлорит-тремолитовых пород (30–40 %) к легкоплавкой гидрослюдистой глине Ивинского месторождения. Методами микронзондового (см. рисунок) и рентгенофазового анализа установлено, что процессы распада и перекристаллизации решетки хлорита, талька, тремолита с образованием тонкодисперсных кристаллических фаз в результате взаимодействия железисто-магнезиальных минералов с глинистыми минералами способ-

Таблица 2. Свойства кордиеритовой керамики

№	Линейная усадка, %		Термостойкость при T 1000 °С, теплосмены	Плотность г/см ³	Пористость открытая, %
	1200 °С	1250 °С			
1	1,1	1,2	>5	2,17	8,8
2	2,0	2,4	>5	2,24	5,1
3	2,2	3,5	>5	2,26	11,2

Таблица 3. Свойства теплоизоляционной форстеритовой керамики

№ состава	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	Влагостойкость, %
1	19,94	0,032	0,086
2	12,87	0,025	0,09
3	24,66	0,028	0,091
Известный	1,6	0,07	2,9

Таблица 4. Свойства облицовочных плиток

№ состава	Свойства керамики, обожженной при 950 и 980 °С					
	Прочность при изгибе, МПа		Водопоглощение, %		Термическая стойкость, теплосмены	
	950 °С	980 °С	950 °С	980 °С	950 °С	980 °С
1	21,89	36,92	14,81	13,26	>6	18
2	26,89	38,92	15,35	12,72	>6	18
3	23,69	37,23	16,23	13,53	>6	18
Прототип	—	15,0	—	13,6	—	> 2

Таблица 5. Физико-механические свойства и теплопроводность природного талькового камня

Показатель	Каллиев-Мурененваара	Турган–Койван–Аллушта
Объемная масса, г/см ³	2,89	2,86
Истинная плотность, г/см ³	—	2,92
Пористость эфф. %	0,29	1,00
Пористость общ. %	—	2,16
Водопоглощение, %	0,09	0,35
Прочность в сухом состоянии, МПа	55,0	39,0
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	4,70	3,46

Примечание: коэффициент вариации при определении коэффициента теплопроводности достигает 30 %.

ствуют повышению прочности керамической плитки. Изучение влияния добавок талькового камня и сопутствующих хлорит-тремолитовых пород Карелии на прочность керамики показало, что эти породы являются перспективными видами минерального сырья. Керамика с наполнителями из талькового камня и тремолит-хлоритовых пород (месторождения: Турган-Койван-Аллушта, Калиево-Мурененваара, проявления Озерки-1) соответствует требованиям ГОСТ на рядовой кирпич и облицовочную плитку.

Как природный, так и термообработанный тальковый камень Карелии может использоваться в качестве футеровочных материалов, наполнителей в композиционных материалах и др. [2].

Из табл. 4 следует, что изготовленные на основе предлагаемой массы керамические облицовочные плитки позволяют по сравнению с известными повысить их механическую прочность при изгибе. При температуре обжига 980 °С механическая прочность повышается в 2,46–2,6 раза, а термическая стойкость увеличивается в 9 раз. Водопоглощение изготовленных плиток при температуре обжига 980 °С по сравнению с прототипом ниже на 0,5–6,4 %. [13].

Карельский тальковый камень месторождений Сегозерской группы на примере месторождений Каллиево-Мурененваара и Турган-Койван-Аллушта содержит заметное количество хлорита, а, следовательно, повышенное содержание Al₂O₃. Тальк-хлоритовые породы связаны с ультрамафитами перидотит-пикритового ряда.

Определение свойств термообработанного талькового камня приводится в табл. 5.

Таблица 6. Зависимость прочности пород от температуры их обжига

№	Т обжига, °С	Предел прочности при сжатии, МПа	
		Каллиев-Мурененваара	Турган–Койван–Аллушта
1	100	55,3	39,2
2	450	60,4	49,5
3	600	52,2	63,3
4	700	54,5	58,5
5	800	59,2	67,7
6	900	132,7	98,3
7	1000	157,0	128,0
8	1050	130,0	98,3
9	1100	92,3	82,0
10	1200	107,5	84,8
11	1250	120,8	115,0

Примечание: коэффициент вариации при определении коэффициента теплопроводности достигает 30 %.

Плотность термообработанного талькового камня месторождения Nunnap-Lahti с ростом температур обжига до 700 °С несколько падает, а затем повышается вследствие образования новых фаз с большей плотностью (табл. 6).

Объемная масса понижается вплоть до 1100 °С, что связано с увеличением пористости за счет дегидратации талька при более высоких температурах после диссоциации магнезита. Присутствие в породах хлорита за счет его дегидратации способствует увеличению пористости. Минимум прочности при температурах около 1100 °С обусловлен перестройкой структуры минералов и разрыхлением материала [2].

Выводы

Территория Карелии представляет на Фенноскандинавском щите наиболее перспективную область на высокомагнезиальное сырье по той причине, что здесь нижний срез земной коры представлен существенно магнезиальными по составу образованиями.

Технологичность и экономическая эффективность разработанных керамических материалов на основе высокомагнезиальных пород и промышленных минералов Карелии обусловлены снижением энергозатрат и упрощением технологического процесса. Кроме того, практическое использование местных видов минерального сырья позволит расширить сырьевую базу для получения различных видов огнеупоров и технической керамики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Богатиков О.А., Коваленко В.И., Шарков Е.В.* Магматизм, тектоника, геодинамика Земли: связь во времени и в пространстве. — М.: Наука, 2010. — 606 с.
2. *Соколов В.И.* Талько-хлоритовые сланцы Карелии и пути их использования. — Петрозаводск: 1995. — 128 с.
3. *Бархатов А.В., Щипцов В.В., Анисимов Ю.М.* Современное состояние и перспективы освоения месторождений талькового камня и талька в Карелии // Горный журнал, № 2, 2010. — С. 26—27.
4. *Щипцов В.В.* Магнезиальное сырье: история, мировой потенциал и ресурсы Каре-

лии // Геология и полезные ископаемые Карелии. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. — С. 45—61.

5. *Богачев А.И., Зак С.И., Сафронова Г.П., Инина К.А.* Геология и петрология Ельтозерского массива габброидных пород Карелии. — М.; Л.: Наука, 1963. — 159 с.
6. *Горошко А.Ф.* Новый геолого-промышленный тип месторождений комплексного никель-магнезиального сырья в ультрамафитах Карелии. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 1. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. — С. 24—35.
7. *Лавров М.М.* Гипербазиты и расслоенные перидотит-габбро-норитовые интрузии докембрия Северной Карелии. — Л.: Наука, 1979. — 136 с.
8. *Ильина В.П., Попова Т.В., Фролов П.В.* Высокомагнезиальное сырье Карелии и перспективы его использования // Геология и полезные ископаемые Карелии. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. — С. 190—196.
9. Минерально-сырьевая база Республики Карелия // Кн. 2. Неметаллические полезные ископаемые. Подземные воды и лечебные грязи. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. — 356 с.
10. *Каменева Е.Е., Лебедева Г.А., Соколов В.И., Фролов П.В.* Исследования вещественного состава и технологических свойств серпентинитов Карелии. // Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения. Материалы годичного собрания Р.М.О. — С-Петербург, 2006. — С. 22—24.
11. *Масленников Г.Н., Харитонов Ф.Я., Костюков Н.С., Пирогов К.С.* Технология электрокерамики, «Энергия». — М., 1974. — 224 с.
12. Пат. № 2446130 Российская Федерация, МПК С04В 33/132. Керамическая масса для изготовления облицовочной плитки / *Ильина В.П., Лебедева Г.А., Щипцов В.В.*; патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт геологии Карельского научного центра Российской академии наук. — № 2010125297; заявл. 18.06.2010; опубл. 27.03.12, Бюл. № 9. — 2 с.
13. Пат. № 2458886 Российская Федерация, МПК С04В 35/195. Шихта для получения кордиеритовой керамики / *Лебедева Г.А., Попова Т.В., Ильина В.П., Щипцов В.В.*; патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт геологии Карельского научного центра Российской академии наук. — № 2010150250, заявл. 07.12.10; опубл. 20.08.12, Бюл. № 23. — 1 с.

УДК 666.6

«ФАРФОРОВЫЕ КАМНИ» УЗБЕКИСТАНА — ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ КЕРАМИКИ

© Ш.К. Ирматова

Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз, г. Ташкент, Республика Узбекистан

«Фарфоровые камни» Байнаксайского месторождения (Яккабагские горы Кашкадарьинского вилаята) являются перспективными сырьевыми материалами для высококачественной керамики. Минералогический состав, низкое содержание красящих примесей дают возможность рассматривать его как нетрадиционный вид минерального сырья для производства керамических и фарфоровых изделий.

«Фарфоровые камни» Байнаксайского месторождения представляют собой горную породу белого, серого и розового цветов, сильно текстурированную, с обломочными элементами структуры, вытянутыми в одном направлении [1] и по своему химическому составу очень близки Гусевскому, Бикинскому, Кулантюбинскому, Сергеевскому и др. месторождениям «фарфоровых камней» [2–3]. В таблице представлены химические составы «фарфоровых камней» вышеуказанных месторождений.

Химический состав «фарфорового камня» Байнаксайского месторождения (кварц-каолинит-пирофиллит) говорит о широкой перспективе его как важного компонента керамической массы для изготовления керамических изделий. По данным химического анализа, наименьшее количество красящих оксидов железа и титана содержится в кварц — каолинит-пирофиллитовой породе по сравнению с кварц — се-

рицитовой породой. По содержанию щелочных оксидов кварц — серицит является щелочным, а кварц — каолинит — пирофиллит относится к бесщелочному сырью.

Так, «фарфоровый камень» Гусевского месторождения состоит из 30–40 % каолинита, 5–15 % мусковита и 55 % кварца [4], в то время как фарфоровый камень Бикинского месторождения, относящийся к пирофиллит — кварцевому минеральному типу, состоит из 50–90 % пирофиллита и 5–15 % мусковита.

Для «фарфорового камня» Кулантюбинского месторождения соотношение породообразующих минералов составляет 55–60 % в кварц-серицитовой и 30–35 % в кварц-каолинит-пирофиллитовой породе. Минералогический состав кварц-каолинит-пирофиллитовой породы представлен кварцем — до 30 %, пирофиллитом — 50–60 %, каолинитом — до 30 % [5].

Для изучения структурного распределения определенных минералов в составе исходного сырья проводили электронно-микроскопический анализ на ЭМВ-100 БР, результаты которого приводятся на рис. 1.

Из приведенных снимков видно, что кварц-каолинит-пирофиллитовая порода содержит каолинит, пирофиллит и кварц. Каолинит представляет собой мелкочешуйчатую фракцию с размерами кристаллов от 0,1 до 0,2 мкм. Гексагональной формы пиро-

Химические составы «фарфоровых камней» различных месторождений

Месторождение	Содержание компонентов, %								
	П.п.п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Гусевское	4,00	77,5	18,04	0,10	0,05	0,10	0,04	0,08	0,09
Кулантюбинское	5,99	75	16,50	0,21	0,25	0,56	0,60	0,60	0,29
Бикинское	2,6	64,2	25,24	1,08	0,30	0,61	0,88	1,92	0,96
Сергеевское	0,88	76,9	13,30	0,30	0,06	0,24	3,52	4,42	0,27
Байнаксайское кварц-каолинит-пирофиллитовая порода	1,6	77,1	20,0	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2
Байнаксайское кварц-серицитовая порода	2,1	79,1	14,0	0,3	0,3	0,4	0,1	3,5	0,2