

7. Петровская, Н.В. Признаки неоднородности минералов и их генетическое значение / Н.В. Петровская // Записки всесоюзного минералогического общества. — 1977. — Ч. 106. — Вып. 1. — С. 34–44.
8. Поваренных, А.С. Об одной особенности процесса лимонитизации окислов железа из Кривого Рога / А.С. Поваренных // ДАН СССР. — 1952. — Т. LXXXV. — № 6. — С. 1345–1347.
9. Рамдор, П. Рудные минералы и их сростания / П. Рамдор. — М.: Изд-во Иностранная ЛИТЕРАТУРА, 1962. — 1132 с.
10. Ревнивцев, В.И. Роль технологической минералогии в обогащении полезных ископаемых / В.И. Ревнивцев // Записки всесоюзного минералогического общества. — 1982. — Вып. 4. — С. 4–20.
11. Ревнивцев, В.И. Технологическая минералогия обломочных малых частиц / В.И. Ревнивцев, Г.И. Доливо-Добровольская, П.С. Владимиров. — СПб.: Наука, 1992. — 248 с.
12. Юшкин, Н.П. Практическое значение онтогении минералов / Н.П. Юшкин // Записки всесоюзного минералогического общества. — 1980. — Вып. 4. — С. 385–395.

© Пирогов Б.И., 2019

Пирогов Борис Иванович // pirogov\_bi@inbox.ru

УДК 552.321.6+ 553.67

**Ромашкин А.Е., Ильина В.П., Попова Т.В. (Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск)**

**КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЛЬТРАБАЗИТОВ ГАЙКОЛЬСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ИНТРУЗИИ (КАРЕЛИЯ) И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

*Выполнена геологическая и минералого-технологическая оценка Гайкольской дифференцированной интрузии (Карелия). Гайкольское проявление относится к комплексным объектам. Кроме добычи хромита и медно-никелевых руд к перспективным полезным ископаемым относятся магнезиальные ультрамафиты. Показана возможность применения ультрамафитов пироксенового состава как высокомагнезиального минерального сырья для облицовочных строительных материалов. **Ключевые слова:** дифференцированная интрузия, ультрабазиты, микроструктура пироксенитов, диопсид, оливин.*

Romashkin A.E., Ilyina V.P., Popova T.V. (Institute of Geology, KarRC RAS, Petrozavodsk)

**INTEGRATED GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL EVALUATION OF ULTRABASIC ROCKS FROM THE GAIKOLA DIFFERENTIATED INTRUSION (KARELIA) AND THEIR APPLICATION**

*Geological and mineralogo-technological evaluation of the Gaikola differentiated intrusion, Karelia, was performed. The authors have shown that Gaikola is a complex occurrence. In addition to chromite and copper-nickel ores, other useful minerals are Mg-rich ultramafics. It has also been shown that ultramafics of pyroxene composition can be used as a high-Mg raw material for the production of facing building materials. **Keywords:** differentiated intrusion, ultrabasic rocks, microstructure of pyroxenites, diopside, olivine.*

**Ведение**

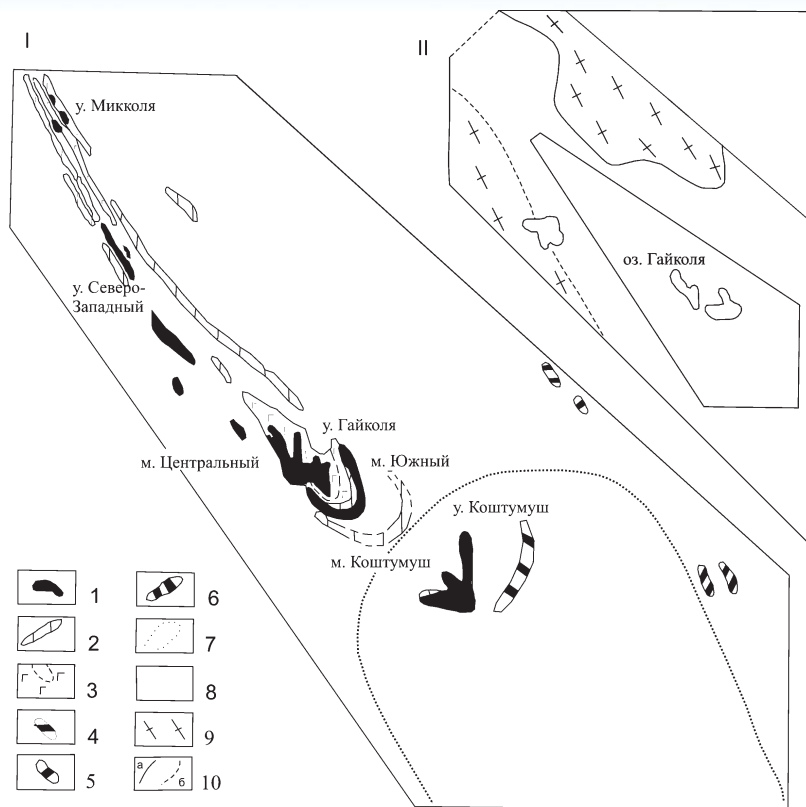
Минералого-технологическое изучение ультрабазитов Гайкольского интрузива в Республике Карелия как источника магнийсодержащего минерального сырья актуально в связи с изучением магнезиального матрикса известных месторождений сульфидных медно-никелевых руд при комплексном освоении недр. Ультрабазиты в них часто являются вмещающими и вскрышными породами, также они могут быть частью горнопромышленных отходов, поступающих в отвалы после обогащения основной руды. Подобные породы были изучены сотрудниками Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КолНЦ РАН (ИХТРЭМС). Они исследовали вскрышные породы и отвалы, содержащие магнезиальные ультрабазитовые породы, которые в большом количестве образуются при флотационной переработке сульфидной медно-никелевой руды «ОАО «Кольская ГМК». Породообразующими минералами в них являются оливин, клинопироксен (диопсид, геденбергит), ортопироксен (энстатит, гиперстен), роговая обманка. Из аксессуарных минералов присутствуют ильменит, магнетит. Вторичными минералами являются серпентин и тальк. В результате минералого-технологических исследований установлено, что основным потребителем таких магнезиально-силикатных отвальных и вскрышных пород может быть промышленность стройматериалов и, как показано в литературных материалах и патентах, они используются также в производстве строительных и керамических материалов [8].

Основной задачей данной работы является выполнение геологической и минералого-технологической оценки ультрабазитов пироксенового состава проявления медно-никелевых руд Гайколя как высокомагнезиального минерального сырья для облицовочных строительных материалов.

**Изучение геологического строения интрузии**

Гайкольская интрузия расположена в Восточно-Карельской минералогической зоне (восточная часть Фенноскандинавского щита). Она представляет собой крупное интрузивное тело основных-ультраосновных пород с признаками дифференциации. Ее географическое положение — на берегу оз. Гайколь, в Калевальском районе Республики Карелия, возле п. Кепа. Массив приурочен к палеопротерозойской Гайкольской структуре, являющейся СВ ветвью Шомбозерского синклиория. Гайкольское проявление следует относить к комплексным объектам металлических (Cr, Ti, Ni, Cu) руд, а также благороднометалльных, кроме того, к перспективным относятся магнезиальные ультрамафиты.

В пределах гайкольского комплекса, в рамках геологической съемки масштаба 1:50 000, проводились мелкообъемные разведочные работы с проходкой канав и разведочным бурением [3]. В ультрабазитах была отмечена сульфидная вкрапленность с содержанием никеля до 0,25–0,30 %, представленная вкрапленностью и микропрожилками пентландита. Оруденение



**Рис. 1.** Схема размещения пород основного-ультраосновного состава в осевой части Гайкольской синклинали (I) и геологического строения синклинали с контуром ее осевой части (II) [5]: 1 — интрузии ультраосновного состава; 2 — уралитизированные габбро, габбронориты; 3 — роговообманковые габбро; 4–6 — предполагаемые интрузии ультрабазитов; 7 — область их развития; 8 — протерозойские вулканогенно-осадочные образования; 9 — архейский фундамент; 10 — границы тел: а) установленные, б) предполагаемые

было отнесено к сульфидной медно-никелевой формации в дифференцированных ультраосновных массивах, прогнозные ресурсы не оценивались [9].

Опираясь на проведенные ранее исследования и результаты разведочных работ Н.А. Горбик и др. [5] выявили в центральной части массива среди его ультраосновных дифференциатов широкое развитие расслоенных кумулятивных серий оливинитов, верлитов, пироксенитов и др., а также серпентинитов по ним, имеющих ритмичное строение и мощность более 100 м. В силу плохой обнаженности и быстрой изменчивости пород в плане Н.А. Горбик предположила обособленное от габброидных комплексов положение мелких массивов ультрабазитов; часть из них представлялась фрагментами некогда единого тела, остальные — ультраосновными дайками или их роями (рис. 1). Возраст ультраосновных частей комплекса был определен как суйсарский [5].

Однако U-Pb датирование цирконов [2] амфиболовых габброидов и габбро-норитов дифференцированного тела (2353+14 и 2412.7+4 млн лет) позволяет сопоставлять его возраст с возрастом Бураковского плутона и интрузий Олангской группы, т.е. сумийско-сарийским.

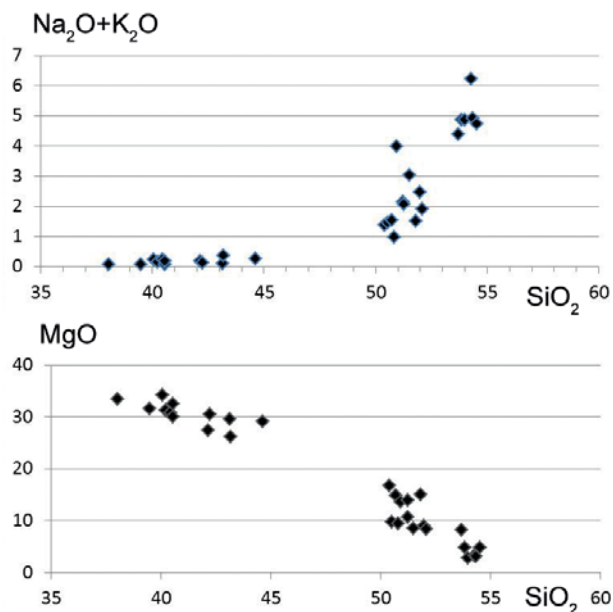
По мнению авторов объект представляет собой единое расслоенное дифференцированное тело, затрону-

тое тектонической проработкой. Интрузия имеет отчетливое блоково-клавишное строение; блоки, преимущественно СЗ удлинения, подняты или опущены относительно друг друга. Как результат, в эрозионном срезе незакономерно чередуются блоки пород различного состава. Блочность прекрасно видна на космоснимках. Выявленная степень дифференциации массива — от дунитов/пироксенитов до лейкогаббро и габбродиоритов, указывает на значительную мощность дифференцированного тела (порядка сотен м). Дифференциаты отчетливо разделяются на группы пород, соответствующие оливин-пироксеновым, пироксен-полевошпатовым кумулатам, появлению свободного кремнезема. Ультрабазиты (оливиниты и пироксениты) также четко отбиваются в Mg-Si тренде (рис. 2).

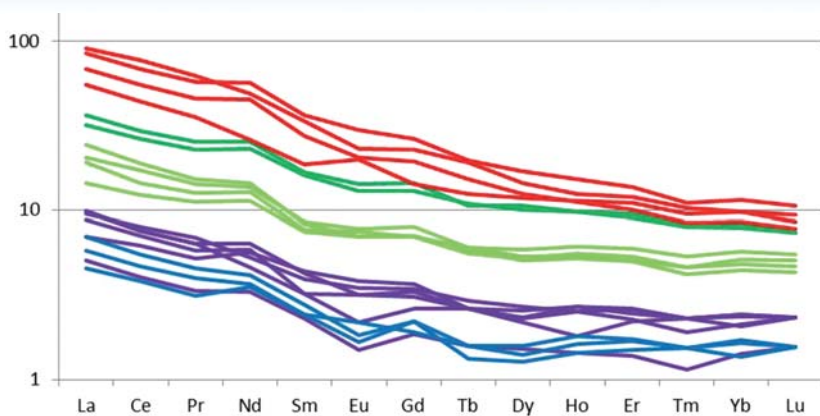
Характер распределения микроэлементов и особенно РЗЭ един для всех типов пород массива. Графики распределения РЗЭ (рис. 3) лежат субпараллельно и отражают тенденцию накопления лантаноидов в более кислых дифференциатах. Та же закономерность в целом проявлена и на спайдердиаграммах микроэлементов (рис. 4).

Помимо пентландита выявлены микронные выделения самородной меди, никель-арсенидных фаз; из благороднометалльных — самородные Au, Ag, Pd, платина-арсенидные фазы. Таким образом,

представление о Гайкольском объекте как о едином расслоенном массиве, относит его к крупным расслоенным базит-гипербазитовым интрузиям. Соответственно



**Рис. 2.** Классификационная диаграмма TAS и диаграмма  $\text{SiO}_2$ -MgO для дифференциатов Гайкольского интрузива



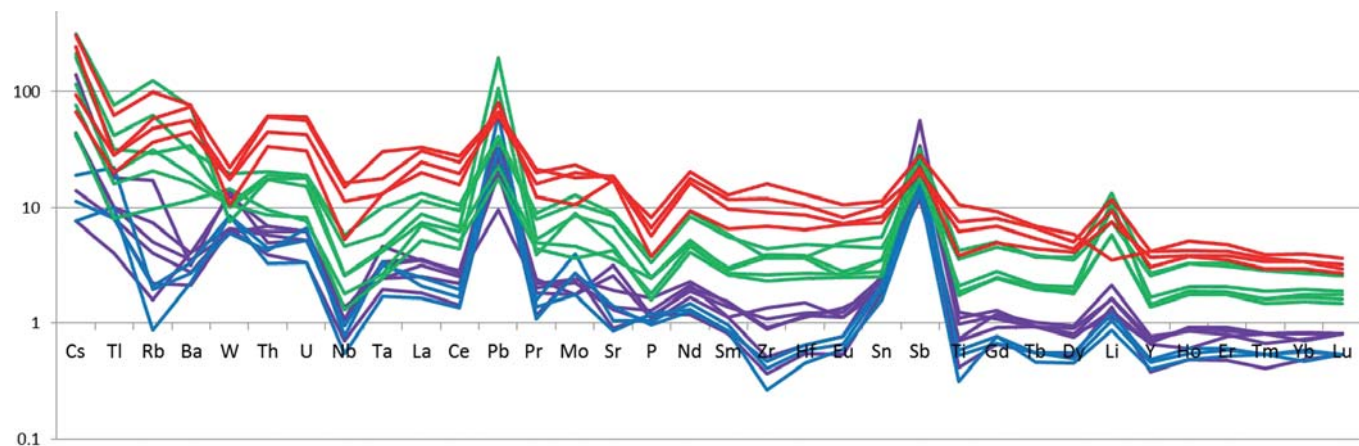
**Рис. 3. Спектры распределения РЗЭ дифференциатов Гайкольского массива. Цвета пород:** красный — габбродиорит, светло-зеленый — габбро, синий — пироксенит, фиолетовый — другие у/о породы. Темно-зеленым выделены габброиды приконтактных частей массива. Нормировано на хондрит [12]

повышаются его перспективы на рудное и нерудное сырье различных типов, в т.ч. и ультрабазитов.

#### Методы исследования проб ультрабазитов и обсуждение результатов

Для исследования были использованы пробы ультрабазитов Гайкольского проявления с высоким содержанием оксида магния — 29,52–34,20 масс. % и оксидов железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ) — 8,92–12,27 масс. %, что соответствует Fe–Mg пироксенам. Пироксениты Гайкольского проявления ранее не изучались.

Термические эффекты образцов изучали методом термографического анализа на синхронном термическом анализаторе STA 449 F1 Jupiter. О минеральном составе пироксенитов и об изменении структуры при термических воздействиях судили на основании данных электронной микроскопии, выполненных на микроскопе VEGA 2 LSH с энергодисперсионным анализатором INCA Energy 350 и рентгенофазового анализа, выполненного на дифрактометре Thermo Scientific ARL X'TRA Powder X-ray Diffraction System на медном излучении ( $\text{Cu K}\alpha = 1.54 \text{ \AA}$ ) в геометрии Брегга-Брентано. Химический состав определен с помощью рентгеноспектрального флуоресцентного анализа на приборе ARL Advant X.



**Рис. 4. Спайдер-диаграмма дифференциатов Гайкольского массива. Цвета пород:** красный — габбродиорит, зеленый — габбро, синий — пироксенит, фиолетовый — другие у/о породы. Нормировано на примитивную мантию [13]

Изучение ультраосновных пород — метапироксенитов показало, что основным рудным минералом здесь является хромит, а также магнетит и ильменит. Хромит алюминиевый высокожелезистый, нередко зональный. Зональность двух типов: хромитовое ядро с оторочкой хром-содержащего магнетита; хромит с оторочкой магнезиального хромита. Встречается хромит с примесями Ti, Mn, V. Ильменит нередко марганец-содержащий. Никелевое оруденение в пробах ультрабазитов Гайкольского проявления полиметаллических руд представлено вкрапленностью пентландита, нередко и его кобальтовой разновидности; также регулярно встречается самородный железистый никель — аваруйт.

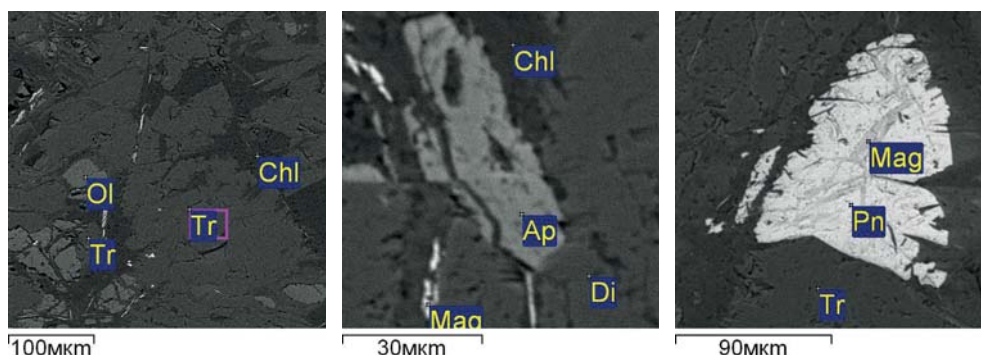
Химический состав ультрабазитов приведен в таблице. Представленные пробы ультрабазитов характеризуются высоким содержанием оксида магния. Главными породообразующими минералами ультрабазитов являются моноклинный и ромбический пироксены, оливин, плагиоклаз. Как правило, породы почти полностью изменены — амфиболизация, серпентинизация, оталькование, карбонатизация, хлоритизация, пироксенизация. Все пробы содержат заметные количества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2,6–6,33 %) и FeO (5,38–9,69 %). При этом, как следует из результатов исследований на рентгеновском микроанализаторе, существенное количество железа содержится в виде изоморфной примеси во всех магнезиальных минералах: в серпентине — около 5 %, оливине — 10–20 %, тремолите — до 5.

Для изучения вещественного состава и влияния его на свойства облицовочной керамики выбрана проба P1508/1 пироксенитов, химический состав ее приведен в таблице. По результатам рентгенофазового микроанализа и данным химического анализа установлено, что основными минералами в пробе P1508/1 являются: оливин, тремолит, хлорит, серпентин и, как видно на рис. 5 из группы пироксенов присутствует диопсид, Положительным качеством диопсида явля-



**Химический состав исследованных проб ультрабазитов. Содержания окислов в вес. %**

№ пробы	P150	P154	P1503	P1504	P152	P1508/1	P1508	P151	P153
SiO <sub>2</sub>	40.46	38.06	42.16	43.2	40.08	40.58	39.5	40.58	42.25
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.17	0.33	0.31	0.19	0.17	0.19	0.28	0.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.55	2.78	3.73	4.27	4.08	4.36	3.54	4.7	4.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.84	6.33	3.19	3.13	2.6	3.54	5.23	4.22	3.05
FeO	7.39	7.82	9.69	8.61	8.61	5.38	7.04	5.74	6.89
MnO	0.17	0.203	0.218	0.2	0.16	0.11	0.19	0.138	0.163
MgO	30.88	33.38	27.48	26.15	34.2	32.52	31.63	30.06	30.56
CaO	2.75	1.34	3.42	4.54	2.01	1.86	2.64	3.15	3.72
Na <sub>2</sub> O	0.13	0.06	0.14	0.12	0.11	0.06	0.07	0.11	0.11
K <sub>2</sub> O	0.1	0.02	0.05	0.25	0.13	0.02	0.01	0.06	0.03
H <sub>2</sub> O	0.77	0.98	0.34	0.3	0.62	0.39	1.51	0.67	0.55
п.п.п.	7.51	7.8	8.51	7.87	6.34	10.17	7.2	9.14	6.96
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.07	0.07	0.03	0.05	0.05	0.1	0.12	0.12
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.636	0.724	0.456	0.444	0.532	0.56	0.52	0.4	0.3
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.034	0.03	0.035	0.036	0.036	0.033	0.047	0.034	0.026
CoO	0.013	0.016	0.013	0.013	0.015	0.012	0.015	0.012	0
NiO	0.189	0.208	0.11	0.106	0.197	0.172	0.172	0.181	0.16
CuO	0.003	0.01	0.002	0.006	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001
ZnO	0.011	0.013	0.008	0.01	0.008	0.008	0.01	0.009	0.007
Сумма	99.76	100.01	99.95	99.6	99.97	100	99.61	99.6	99.61
S <sub>общ</sub>	<0,01	<0,01	0.01	<0,01	0.02	0.03	н/о	н/о	н/о
CO <sub>2</sub>	н/о	0.26	н/о	0.55	0.15	0.24	н/о	н/о	н/о



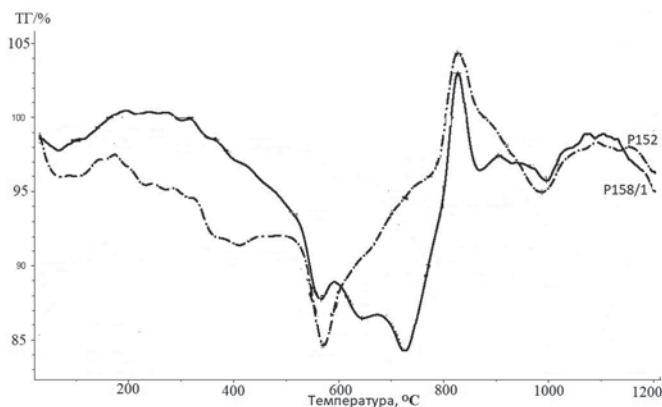
**Рис. 5. Микроструктура пробы 1508/1 пироксенита проявления Гайколя (Ol — оливин, Chl — хлорит, Tr — тремолит, Mag — магнетит, Di — диопсид, Pn — пентландит)**

ется отсутствие каких-либо фазоструктурных и объемных изменений при термообработке. Это свойство позволяет использовать его в производстве огнеупоров и керамики. Диопсидсодержащие породы Южного Прибайкалья Слюдянской группы месторождений исследованы сотрудниками Томского политехнического университета для получения электрофарфора и различных видов керамики [1]. Кроме того, диопсидсодержащие породы используются в составах керамических облицовочных и фасадных плиток [4].

Для изучения влияния вещественного состава пироксенитов Гайкольского проявления на технологические свойства (водопоглощение и усадку при обжиге керамики) необходимо предварительно проана-

лизировать поведение пироксенитов при нагревании. Известно, что в условиях высокотемпературного обжига входящие в состав пироксенитов минералы претерпевают фазовые превращения с образованием новых кристаллических фаз [11].

Термографический анализ проб P1508/1 и P152 свидетельствует о том (рис. 6), что при нагревании до 1200 °С, входящие в их состав минералы — хлорит, тремолит, серпентин — разлагаются с образованием новых кристаллических фаз. В пределах 480–800 °С наблюдается дегидратация с выделением воды из бруситового и из тетраэдрического слоев и перекристаллизация хлорита. Продуктами перекристаллизации хлорита, очевидно, являются минералы группы энстатита и форстерит. Разрушение кристаллической решетки серпентина с одновременным удалением конституционной воды происходит в интервале 566–726 °С. В интервале температур 800–830 °С кристаллизуется форстерит, образовавшийся при разложении серпентина. При его разложении образуется аморфный кремнезем, который, взаимодействуя с MgO, увеличивает количество форстерита [11]. Эндотермический эф-



**Рис. 6. Термограммы проб ультрабазитов P152 и P1508/1**

фект в области 1000 °С соответствует разложению тремолита с выделением пироксенов (авгита, ряда диопсид-клиноэнстатита) и кристобалита.

Методом РФА установлено, что при 1100 °С образуются в основном форстерит и присутствуют энстатит и диопсид, которые и будут являться основными кристаллическими фазами керамики, полученной на основе данных пород.

Для изучения влияния пироксенита (проба P1508/1) на водопоглощение и усадку керамики были подготовлены составы опытных масс, в которых изменяли содержание пироксенита от 30 до 70 масс. %, остальное — стеклобой и легкоплавкая глина. В керамических массах в качестве плавня применяется бой щелочно-силикатных стекол, которые при температурах 850–900 °С образуют расплав, активно реагирующий с кристаллическими составляющими шихты. При этом присутствие в массе стеклобоя не способствует образованию новых кристаллических фаз, а лишь интенсифицирует процесс спекания, снижая температуру образования первичной жидкой фазы [6]. В целях улучшения спекания, кроме стеклобоя в качестве пластичного компонента, нами использована местная легкоплавкая глина Ивинского месторождения. Глина состоит в основном из гидрослюд, кварца, полевых шпатов (альбит–олигоклаз, калиевый полевой шпат), второстепенных минералов — хлорита и амфибола. Образцы опытных керамических масс обжигались в силитовой печи марки КО-14 при 1100 °С [9].

На рис. 7 представлена микроструктура полученной керамики. Характерной особенностью ее, по данным микроанализа, является неоднородная структура, которая представляет собой тонкозернистую связующую массу с размером зерен <10 мкм и вкрапленных в нее малоизмененных, входящих в состав исходного сырья, более крупных зерен размером от 10 до 100 мкм.

Крупные зерна — это минералы авгит, диопсид, форстерит, альбит. Встречаются зерна хромшпинелидов. Основная связующая масса, по данным электронной микроскопии, имеет сложный алюмосиликатный состав, включающий, в вес. %: 48,74–59,94 SiO<sub>2</sub>; 0–0,54 TiO<sub>2</sub>; 12,44–14,42 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5,99–6,54 FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 7,98–8,85 CaO; 4,68–12,99 MgO; 4,7–6,29 Na<sub>2</sub>O; 1,39–1,58 K<sub>2</sub>O. По сравнению с легкоплавкой глиной тонкодисперсная связующая масса содержит больше MgO и меньше SiO<sub>2</sub>, вследствие присутствия продуктов распада магнезиальных силикатов. Методом рентгенофазового анализа установлено, что в керамике на основе пробы P1508/1 кроме авгита (55–6 %) содержится форстерит — 20–2 %, кристобалит — 2 %, гематит — 4–5 %, стеклофаза — 7–8,5 %.

При обжиге 1100 °С показатели усадки значительно изменяются в зависимости от содержания пироксенита в шихте. Показатель общей усадки при одинаковых условиях обжига постепенно снижается при повышении в шихте пироксенита, а водопоглощение при этом повышается незначительно. Для всех масс, содержащих от 30 до 70 масс. % пироксенов, водопоглощение изменяется в пределах от 13 до 15,8 % (рис. 8), что соответствует

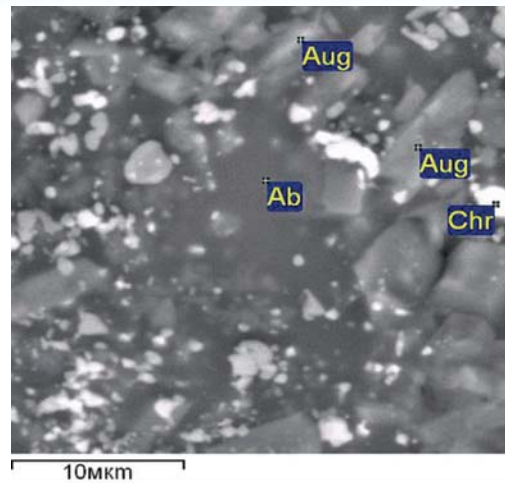


Рис. 7. Микроструктура керамики: P1508/1 (Aug – авгит, Chr – хромит, Ab – альбит)

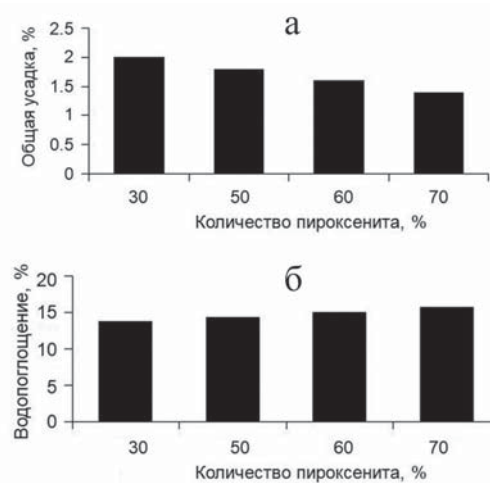


Рис. 8. Зависимость показателей общей усадки (а) и водопоглощения (б) от количества пироксенов в шихте при обжиге 1100 °С

требованиям для облицовочной плитки. Показатели водопоглощения не превышают требований ГОСТ 6141–91 (не более 16 %) для облицовочной плитки. Таким образом, использование пироксенов в составах керамических масс позволяет получить малоусадочные изделия с хорошими показателями по водопоглощению [10].

#### Заключение

Минералого-технологические исследования пироксенов Гайколя показали, что они при высоком содержании оксида магния состоят из минералов группы пироксена: авгита, диопсида, энстатита. По данным технологических исследований можно предположить, что пироксениты Гайколя при 1100 °С образуют форстеритовую кристаллическую фазу, вследствие этого могут использоваться в составах высокопрочной форстеритовой керамики и огнеупоров, обладающих высокой прочностью, влагостойкостью. Керамика, полученная на основе пироксенов, обладает хорошими физико-механическими свойствами, удовлетворяет требованиям к изделиям строительной облицовочной керамики. Использование пироксенов в строительной керамике может способствовать решению пробле-

мы их утилизации, осуществлять комплексный подход к освоению недр и экономическому развитию Республики Карелия. Значение экономического использования гипербазитов Гайкольского интрузива еще больше возрастает в связи с увеличением перспективности металлургических руд массива — благороднометаллических, хромитовых, титан-ванадиевых, медно-никелевых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, Ю.И. Высокочастотная керамика на основе диоксида / Ю.И. Алексеев, Е.П. Васильев, В.И. Верещагин, Л.З. Резницкий, П.И. Шаталов // Стекло и керамика. — 1987. — № 8. — С. 21–22.
2. Богачев, В.А. U-Pb возраст интрузий перидотитов-габброноритов и амфиболовых габбро оз. Гайколя в Шомбозерской структуре (Северная Карелия) / В.А. Богачев, Д.И. Матуков / Всероссийская конференция: Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерогенез Северо-Запада России, 12–15 ноября 2007 г. — Петрозаводск: Институт геологии КарНЦ РАН, 2007. — С. 50–54.
3. Амозова, Т.И. Отчет о геологосъемочных работах масштаба 1:50 000, проведенных Кепареченской партией в Кемском районе КАССР (Шомбозерский синклиорий) в 1964–1967 гг. / Т.И. Амозова, А.А. Никольский, Г.Н. Сухолетова. — Фонды Карельской ГЭ, 1968.
4. Верещагин, В.И. Керамические материалы на основе диоксида / В.И. Верещагин, В.К. Меньшикова, А.Е. Бурученко, Н.В. Могилевская // Стекло и керамика. — 2010. — № 11 — С. 13–16.
5. Горбик, Н.А. Комплекс дифференцированных перидотит-габброноритовых интрузий Гайкольской синклинали / Н.А. Горбик // Интрузивные базиты и гипербазиты Карелии. КарФ АН СССР. Институт геологии. — Петрозаводск, 1984. — С. 67–79.

6. Гурьева, В.А. Активация процесса спекания алюмомагнезиальных керамических масс / В.А. Гурьева // Вестник ОГУ. — 2011. — № 5 (124). — С. 171–174.
7. Ильина, В.П. Керамическая масса на основе пироксенита и легкоплавкой глины / В.П. Ильина, И.С. Инина, П.В. Фролов // Стекло и керамика. — 2016. — № 10. — С. 15–18.
8. Макаров, В.Н. Минералогические критерии комплексной переработки рудомещающих гипербазитов / В.Н. Макаров. — Апатиты, 1989. — 94 с.
9. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 1. — Петрозаводск: Карелия, 2005. — 280 с.
10. Пат. № 2635690 Российская Федерация, МПК С04В 33/04, 33/132. Керамическая масса для изготовления облицовочной плитки / В.П. Ильина, В.В. Щипцов, П.В. Фролов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт геологии Карельского научного центра РАН. — № 2016112493/03; заявл. 01.04.1016; опубл. 15.11.2017, Бюл. № 32. — 3 с.
11. Термический анализ минералов и горных пород. — Л.: Недра, 1974. — 399 с.
12. Pourmand, A. A novel extraction chromatography and MCICPMS technique for rapid analysis of REE, Sc and Y: Revising Clchondrite and PostArchean Australian Shale (PAAS) abundances / A. Pourmand, N. Dauphas, T.J. Ireland // Chem. geol., 2012. — vol. 291. — P. 38–54.
13. S.-s. Sun and W.F. McDonough Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Geological Society, London, Special Publications 1989; v. 42; P. 313–345.

© Ромашкин А.Е., Ильина В.П., Попова Т.В., 2019

Ромашкин Александр Евгеньевич // roma@krc.karelia.ru

Ильина Вера Петровна // iliyina@igkrc.ru

Попова Татьяна Владимировна // «tpopova»@krc.karelia.ru

## УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 553.411 (571.6)

Степанов В.А. (НИГТЦ ДВО РАН)

### УПОРНЫЕ И ТРУДНООБОГАТИМЫЕ РУДЫ ЗОЛОТО-РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Из месторождений золота Дальневосточного федерального округа в последние годы добывается более половины золота России. Главными объектами добычи взамен истощенных россыпей являются рудные месторождения. Из них в первую очередь отрабатывались месторождения с богатыми и легкообогатимыми рудами. Для эксплуатации месторождений с упорными и труднообогатимыми рудами необходимо внедрение новых современных методов извлечения золота. **Ключевые слова:** месторождения золота, россыпи, добыча, руда, биогидрометаллургия, автоклавное выщелачивание.*

Stepanov V.A. (RGC FEB RAS)

STEADY AND DIFFICULTLY BEARED ORES OF GOLD DEPOSITS OF THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

*Of the gold deposits of the Far Eastern Federal District in recent years, more than half of Russia's gold is mined. The main production sites in return for depleted placers are ore deposits.*

*Of these, in the first place were worked out deposits with rich and easily enriched ores. For the exploitation of deposits with hard and labor-intensive ores, it is necessary to introduce new modern methods of gold extraction. **Keywords:** gold deposits, placers, mining, ore, biohydrometallurgy, autoclave leaching.*

#### Введение

Добыча золота в отдельных подразделениях ДФО крайне неравномерна. В 2016 г. она достигла: на Чукотке — 28,8 т, в Магаданской области — 27,3 т, в Республике Саха (Якутия) — 23,5 т, в Амурской области — 22,8 т, в Хабаровском крае — 19,8 т, на Камчатке — 6,6 т, гораздо меньше в Сахалинской области — 1,58 т, в Приморском крае — 0,13 т и в Еврейской автономной области — 0,06 т. Всего: 130,57 т, что составляет более половины добытого за год в России золота (253 т).

В последние годы в ДФО перешли от эксплуатации россыпей к эксплуатации рудных месторождений, потенциал которых за многие десятилетия значительно истощен. Выгоды очевидны. Вместо добычи из многочисленных мелких россыпей, а также доработки бортов и отвалов, золотодобывающая промышленность перешла к эксплуатации крупных и средних по запасам рудных месторождений. Вначале, как правило, отрабатывались месторождения с богатыми легкообогатимыми преимущественно золото кварцевыми рудами (Купол, Наталка, Кубака, Токур) или с окисленными легкообогатимыми рудами (окисленные части