ПЕРВАЯ НАХОДКА БАНАЛЬСИТА-СТРОНАЛЬСИТА НА УРАЛЕ

Е. В. Медведева¹, А. Б. Немов¹, В. А. Котляров²

¹Ильменский государственный заповедник, Миасс
ya.andrew808@yandex.ru

²Институт минералогии УрО РАН, Миасс

Впервые в щелочных породах Ильменогорского миаскитового массива (ИММ) при микрозондовом исследовании сандыитов обнаружены минералы группы банальсита-стрональсита $Ba_{1-x}Sr_xNa_2Al_4Si_4O_{16}$, являющиеся структурными аналогами полевых шпатов. Их образование свидетельствует о высокой мобильности Ba, Sr, Ca в щелочных средах при метасоматических процессах. Минералы расположены внутри индивидуальных нефелина из сандыитов и характеризуются промежуточными составами $Ba_{0.33-0.54}Sr_{0.33-0.49}$ с лисетитовым миналом $Ca_{0.05-0.06}$. Их образование в сандыитах Ильменогорского комплекса связано с поздними метасоматическими изменениями (альбитизация, цеолитизация и др.) щелочных пород ИММ.

Ключевые слова: банальсит, стрональсит, щелочные породы, Ильменогорский миаскитовый массив.

FIRST FIND OF BANALSITE-STRONALSITE IN URAL

E. V. Medvedeva¹, A. B. Nemov¹, V. A. Kotlyarov²

¹Ilmeny State Reserve, Miass

²Institute of Mineralogy UB RAS, Miass

Minerals of the banalsite-stronalsite group $Ba_{1-x}Sr_xNa_2Al_4Si_4O_{16}$ — structural analog of the feldspar — were for the first time discovered in alkaline rocks of Ilmenogorsky miaskite massif (IMM) by microprobe study of sandyite. This discovery is important for evaluation of mobility of Ba, Sr, Ca in alkali metasomatic processes. Minerals are located inside individuals of nepheline from sandyites and they are characterized by intermediate compositions $Ba_{0.33-0.54}Sr_{0.33-0.49}$ with lisetite mineral $Ca_{0.05-0.06}$. Their formation in sandyites of Ilmenogorsky complex is related to the late metasomatic modification (albitization, zeolitization and others) of IMM alkaline rocks.

Keywords: banalsite, stronalsite, alkaline rocks, Ilmenogorsky miaskite massif.

Введение

Банальсит $BaNa_2(Al_2Si_2O_8)_2$ и стрональсит $SrNa_2(Al_2Si_2O_8)_2$ — весьма редкие минералы, являющиеся структурными аналогами полевых шпатов ромбической сингонии. Впервые в мире минералы группы банальсита-стрональсита были обнаружены в Уэльсе (Англия, 1944 г.), в прожилках среди марганцевых руд, а в России — в Южной Сибири — Жидойском массиве (Шарыжалгайский выступ), в прожилках среди апатит-титаномагнетитовых пироксенитов [3]. Позже минералы этой группы были обнаружены среди разнотипных и разновозрастных пород щелочных провинций России (Кольский п-ов, Сибирь) и мира (Ю. Африка, Канада, Швеция) [6]. Изменение состава от банальсита к стрональситу обусловлено изоморфизмом $Ba \leftrightarrow Sr$, возможно также замещение $Ba, Sr \leftrightarrow Ca$ и не исключено наличие примесей Mg, Fe и K [7]. Впервые минералы этой группы в Ильменогорском комплексе установлены нами в меланократовой разновидности нефелиновых сиенитов (миаскитов) Ильменогорского массива.

Методы исследования

Химический состав пород был определен с использованием титриметрического, фотоколориметрического и атомно-абсорбционного методов (аналитики Л. Б. Лапшина, Н. В. Шаршуева). Текстурно-структурные особенности пород были изучены на микроскопе Olympus BX 51. Химический анализ минералов выполнен на растровом электронном микроскопе РЭММА-202 М с энергодиспер-

сионной приставкой LZ Link Systems с Si-Li-детектором (ИМин УрО РАН, аналитик В. А. Котляров). Для измерений использованы стандартные образцы Astimex scientific limited MINM 25—53 Mineral Mount Serial №: 01—44. Условия измерений: разрешение детектора 160 эВ, ускоряющее напряжение 20—30 кВ, сила тока 3×10^{-3} А, диаметр электронного пучка 1—2 мкм. Коррекция данных производилась с использованием программы Magellanes.

Геологическое положение

Ильменогорский миаскитовый массив (ИММ) входит в состав магмато-метаморфогенного комплекса, расположенного в южной части Вишнево-Ильменогорского полиметаморфического комплекса (рис. 1), где широко распространены продукты динамотермального метаморфизма, образованные в результате хрупко-пластичных деформаций в условиях амфиболитовой фации метаморфизма (270—240 млн лет) [13]. ИММ имеет каплевидную форму, вытянут в СЗ-направлении (рис. 2), восточный и южный контакты массива пологие — 30—40°, а северный и западный имеют крутое падение — 60—80°. Западный контакт осложнен мелкой складчатостью течения, затухающей вглубь массива [2].

Среди разновидностей миаскитов, слагающих массив, широко распространены биотитовые разновидности и в меньшей мере биотит-амфиболовые и амфиболовые. Переходы между породами постепенные. Биотитовые и биотит-амфиболовые безнефелиновые сиениты обрамляют миас-

Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ильмено-Вишневогорской сдвиговой зоны [12]: 1 — селянкинская серия амфибол-гнейсово-плагиомигматитовая (Ar—Pt₁); 2 — массивы миаскитов (O₂); 3 — бластомилониты гранитоидного и сиенитового состава (P₂—T₁(?)); 4 — милониты Кыштымского сдвига-надвига; 5 — еланчиковская толща плагиосланцев и мигматитов инъекционного типа; 6 — сайтовская серия, метатерригенная; 7 — зеленосланцевые осадочно-вулканогенные комплексы Западно-Магнитогорской и Арамилско-Сухтелинской зон; 8 — Увильдинский монзонит-гранитный комплекс (Pz₃); 9 — гнейсовидные граниты кисегачского комплекса; 10 — метагипербазиты; 11 — Ильменогорский миаскитовый массив

Fig. 1. Schematic geological maps of the Ilmeny-Vishnevogorsky shear zone [12]: 1 — Selyankino Group: Archean to Early Proterozoic amphibolite-gneiss-plagiomigmatite rocks; 2 — Middle Ordovician miaskite massifs; 3 — Middle Permian-Lower Triassic (?) granitic and syenitic blastomylonites; 4 — mylonites of Kyshtym shear-thrust; 5 — Elanchik Sequence: plagioshales and injection migmatites; 6 — Saitovo Sequence: metaterrogenous rocks; 7 — greenschist volcanosedimentary complexes of West Magnitogorsk and Aramil-Sukhteli zones; 8 — Upper Precambrian Uvildy monzogranitic complex; 9 — gneissic granites Kisegach complex; 10 — metaultramafic rocks; 11 — Ilmenogorsky miaskite massif

китовое тело в северной части и на его южной границе. Все породы массива подвержены милонитизации [1, 4, 9]. Датировки, полученные по цирконам (SHRIMP) из миаскитов ИММ, отражают два этапа: 1) 440—480 млн лет — время образования и кристаллизации нефелин-сиенитового расплава (S₁—O₁); 2) 240—270 млн лет — время преобразования нефелиновых сиенитов при активизации сдвига (P₁₋₂—T₂) [5].

Сандыиты в миаскитовом массиве образуют линейно-линзовидные тела (0.1—0.5 × 0.5—10 м) со сложной морфологией, которые часто имеют зональное строение (от центра к краю): сандыиты ↔ гранат-амфиболовые миаскиты ↔ вмещающие амфиболовые миаскиты. Максимальное количество тел сандыитов отмечено в зонах развития амфиболовых миаскитов вблизи западного контакта массива.

Объект исследования

Сандыит — меланократовая разновидность нефелинового сиенита (миаскита), впервые выделенная и описанная А. Н. Заварицким (1939 г.) для щелочных пород ИММ. По химическому составу (мас. %: SiO₂ — 43.90, TiO₂ — 3.18, Al₂O₃ — 17.46, Fe₂O₃ — 5.43, FeO — 4.07, MnO — 0.73, MgO — 2.35, CaO — 9.30, Na₂O — 7.28, K₂O — 3.68, H₂O — 0.08, P₂O₅ — 0.63, CO₂ — 0.93, п.п.п. — 1.2, Σ 100.22) порода соответствует группе щелочных пород основного состава — ийолит-уртит-малинит [11]. Минеральный со-

Рис. 2. Схематическая карта Ильменогорского миаскитового массива [6]: 1 — биотитовые миаскиты; 2 — амфиболовые миаскиты; 3 — фениты; 4 — амфибол-гнейсово-плагиомигматитовые породы селянкинской серии; 5 — разломы; 6 — место отбора образцов

Fig. 2. Schematic geological maps of the Ilmenogorsky miaskite massif [6]: 1 — biotite miaskites; 2 — amphibole miaskite; 3 — fenite; 4 — amphibolite-gneiss-plagiomigmatite rocks of Selyankino Group; 5 — late faults; 6 — sampling place

став: эгирин-авгит ($f = 72-76$) 25–35 %, ферритарамит ($f = 73-75$) 20–25 %, ортоклаз 20–30 %, альбит (An 2–5) 10–13 %, нефелин до 5 %, акцессорные минералы (до 2 %) — титанит, апатит, кальцит, циркон, алланит, ильменит. Структура породы среднезернистая, под микроскопом нематогранобластовая, иногда порфировидная. Текстура пятнисто-полосчатая (рис. 3).

Среди крупных индивидов полевых шпатов и нефелина располагаются идиоморфные зерна тарамита и эгирин-авгита, хорошо заметны конвертообразные и изометричные зерна титанита, реже встречается циркон и апатит. Часто темноцветные минералы (тарамит и эгирин-авгит) образуют симплектитоподобную структуру с полевыми шпатами (рис. 4), реже их индивиды корродированы и содержат микровключения полевых шпатов.

Характеристика минералов группы банальсита-стрональсита

Минералы группы банальсита-стрональсита из разнотипных щелочных провинций мира образуют крупные (до 200 мк) гомогенные зерна в ассоциации с нефелином. Реже образуют соосные микровключения в нефелине, напоминающие микропертиты (луниты Пилансберг, ийолиты Турьего Мыса) [14]. Хорошо образованные кристаллы не обнаружены. Близкие с нефелином оптические характеристики и небольшой размер индивидов затрудняет получение оптических данных.

В ИММ эти минералы установлены в индивидах нефелина, где образуют выделения (~ 50–150 мк) изометричной формы (рис. 5), расположенные в краевой части зерен или приуроченные к микротрещинам внутри них. Их состав характеризуется промежуточным положением в ряду конечных минеральных видов (рис. 6, см. таблицу, ан. 1–4). Иногда фиксируется неоднородный состав в пределах одного индивида (рис. 5): центр $Ba_{0.49}Sr_{0.34} \leftrightarrow$ край $Ba_{0.33}Sr_{0.49}$, в краевой части изменяясь до минерального вида - стрональсита. Для состава этих минералов в ИММ характерно присутствие примесей: постоянное содержание кальция (до 0.5 мас. %, до 0.06 ф.к.), отражающее лисетитовый минал - $CaNa_2[Al_2Si_2O_8]_2$, и калия (до 0.48 мас. %, до 0.06 ф.к.), связанного с изоморфизмом $K \leftrightarrow Na$, а также следовые содержания железа (до 0.28 мас. %).

Обсуждение результатов и выводы

Минералы группы банальсита-стрональсита присутствуют в двух типах щелочных комплексов: щелочно-ультраосновных с карбонатитами (массивы Жидойский, Южная Сибирь; Турий Мыс, Кольский п-ов) и нефелиновых сиенитах (массивы Сахариокский и Гремяха-Вырмесский, Кольский п-ов; Пилансберг, Южная Африка; ИММ, Южный Урал).

В случаях преобразования первичных минеральных ассоциаций с нефелином карбонатитовыми флюидами или при аутометасоматических процессах появляются полные серии, включающие конечные минеральные виды, например $Ba_{0.98}Sr_{0.01} - Ba_{0.06}Sr_{0.88}Ca_{0.04}$ (Турий Мыс) или $Ba_{0.98}Sr_{0.04} - Ba_{0.02}Sr_{0.88}$ (Пилансберг). В отдельных случаях описано образование банальсита во внешних зонах нефелина на стадии субсолидусного замещения. При преобразовании первичных минеральных ассоциаций с нефелином более поздними метасоматическими процессами, в том числе альбитизации, цеолитизации или перекристаллизации калиевых полевых шпатов, появляются минералы с граничными составами или стрональсит с незначительным количеством

Рис. 3. Сандыит юго-западной части Ильменогорского миаскитового массива

Fig. 3. Sandyite from the South-Western part of Ilmenogorsky miaskite massif

Рис. 4. «Симплектитоподобная» микроструктура пироксена и амфибола в сандыитах Ильменогорского миаскитового массива (без анализатора)

Fig. 4. Symplectite-like microtexture of clinopyroxene and amphibole grains from the sandstones of Ilmenogorsky miaskite massif (without analyzer)

лисетитового минала (см. таблицу, рис. 6): Жидойский массив — от $Ba_{0.57}Sr_{0.41}Ca_{0.02}$ до $Ba_{0.2}Sr_{0.70}Ca_{0.03}$, Сахариокский — $Ba_{0.35-0.09}Sr_{0.60-0.73}Ca_{0.06-0.05}$, Гремяха-Вырмес — $Ba_{0.68}Sr_{0.20}$ и $Ba_{0.05}Sr_{0.77}Ca_{0.15}$.

Экспериментальные исследования свидетельствуют о широком температурном диапазоне образования минералов этой группы (250–700 °C) и низких давлениях, не превышающих 1 кбар [8]. Можно предположить, что в более высокотемпературных условиях появляется банальсит, при снижении параметров осуществляется изоморфизм $Ba \leftrightarrow Sr$, а далее $Sr \leftrightarrow Ca$.

Минералы группы банальсита-стрональсита в ИММ впервые обнаружены в сандыитах, которые являются продуктами метасоматической переработки под влиянием ремобилизации расплава в условиях средней коры [10]. При дальнейших преобразованиях в сандыитах, в условиях, близких к высокосреднетемпературным гидротермальным процессам, под влиянием флюида, возникшего при тектонической активизации Ильменогорской региональной сдвиговой зоны [12], происходят изменения в нефелин-полевошпатовых агрегатах, которые приводят к образованию минералов группы банальсита-стрональсита.

Рис. 5. Включение банальсита (Bns) в нефелине (Nph) (BSE): 3 — банальсит; 4 — стрональсит. (Cpx — клинопироксен, Ab — альбит)

Fig. 5. Inclusion of banalsite (Bns) in nepheline (Nph) (BSE): 3 — banalsite; 4 — stronalsite. (Cpx — clinopyroxene, Ab — albite)

Химический состав минералов группы банальсита-стрональсита (мас. % и к. ф.)

Chemical composition of minerals from banalsite-stronalsite group (wt. %)

	1	2	3 (c)	4 (r)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	39.24	39.81	39.87	40.06	38.0	38.59	37.02	37.84	39.12	38.90	38.49	40.29	37.87	40.25	38.03	36.49	37.43	38.44	38.83	40.33
Al ₂ O ₃	30.05	30.23	31.04	31.57	31.23	32.01	30.55	32.66	33.74	33.92	32.71	33.05	32.14	33.62	32.39	30.63	32.09	32.96	33.26	33.85
FeO	0.28	0.06	—	0.20	0.08	0.11	0.51	—	—	—	—	0.44	—	0.34	—	0.33	—	—	—	—
CaO	0.41	0.40	0.50	0.48	0.14	0.23	—	0.45	—	0.33	0.51	0.50	—	1.38	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	9.86	9.81	9.78	10.1	10.25	10.80	9.35	9.85	10.13	10.19	9.50	10.05	9.96	10.59	10.23	9.44	9.65	10.10	10.26	10.22
K ₂ O	0.47	0.48	0.42	0.31	0.08	0.10	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—	—	—	—	—	—
BaO	12.86	12.51	11.97	8.18	13.58	6.61	22.86	11.30	2.62	1.58	8.67	2.34	16.44	1.18	13.84	22.77	15.27	8.86	6.96	0.42
SrO	5.56	5.44	5.49	8.08	6.63	11.64	0.14	7.41	13.85	14.83	9.91	12.40	3.33	13.35	6.19	0.64	5.45	9.35	10.63	15.16
Σ	98.73	98.74	99.07	98.98	100.0	100.0	100.6	99.51	99.46	99.75	99.79	99.07	99.92	100.7	100.7	100.3	99.89	99.71	99.94	99.98
Si	4.18	4.23	4.21	4.17	4.04	4.01	4.04	3.98	3.99	3.96	4.01	4.08	4.02	4.02	4.00	4.00	3.99	4.00	4.00	4.05
Al	3.77	3.78	3.86	3.87	3.91	3.92	3.93	4.05	4.06	4.07	4.01	3.95	4.02	3.96	4.01	3.96	4.03	4.04	4.04	4.01
Fe	0.02	0.01	0.00	0.02	—	—	0.04	—	—	—	—	0.03	—	0.03	—	0.03	—	—	—	—
Ca	0.05	0.05	0.06	0.05	0.02	0.03	—	0.05	—	0.04	0.06	0.05	—	0.15	—	—	—	—	—	—
Na	2.03	2.02	2.00	2.03	2.11	2.18	1.98	2.01	2.01	2.01	1.92	1.98	2.05	2.05	2.08	2.01	1.96	2.04	2.05	2.00
K	0.06	0.06	0.06	0.04	—	—	0.01	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	—	—	—
Ba	0.54	0.52	0.49	0.33	0.57	0.27	0.98	0.47	0.11	0.06	0.35	0.09	0.68	0.05	0.57	0.98	0.64	0.36	0.28	0.02
Sr	0.34	0.33	0.34	0.49	0.41	0.70	0.01	0.45	0.82	0.88	0.60	0.73	0.20	0.77	0.38	0.04	0.34	0.56	0.64	0.88

Примечание. Анализы: 1—4 — из сандыитов ИММ; 5, 6 — из щелочных пироксенитов Жидойского массива [3]; 7—10 — из ийолитов Турьего мыса; 11, 12 — эссекситы Сахариокского массива; 13, 14 — из уртитов массива Гремяха-Вырмес; 15 — из фойяитов; 16—20 — из лужавритов Пилансберг [14]; «с» — центр, «г» — край, «—» не определено.

Note. Analyses: 1—4 — from sandyites of IMM; 5, 6 — alkaline pyroxenite of Zhidoy massif [3]; 7—10 — from ijolite of Turiy Mys; 11, 12 — from essexite of Sakhariok massif; 13, 14 — urtite of Gremyakh-Vyrmes massif; 15 — from foyaite; 16—20 — from lujaurite Pilansberg massif [14]; «c» — centre of the grain, «r» — rim of the grain, «—» — not determined.

Рис. 6. Диаграмма составов банальсита-стрональсита из щелочных пород: 1 — сандыиты ИММ; 2 — щелочные пироксениты Жидойского массива; 3 — ийолиты Турьего мыса; 4 — эссекситы Сахариокского массива; 5 — уртиты массива Гремяха-Вырмес; 6 — фойяиты; 7 — лужавриты массива Пилансберг

Fig. 6. Diagram of compositions of banalsite-stronalsite from alkaline rocks: 1 — sandyites of Ilmenogorsky miaskite massif; 2 — alkaline pyroxenite of Zhidoy massif; 3 — ijolite of Turiy Mys; 4 — essexite of Sakhariok massif; 5 — urtite of Gremyakh-Vyrmes massif; 6 — foyaite; 7 — lujaurite Pilansberg massif

Литература

1. Ворошук Д. В. Полевые шпаты гранитоидных бластомилонитов: микроструктурные особенности и вариации химического состава // Ежегодник-2000 / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2001. С. 102—110.
2. Заварицкий А. Н. Геологический и петрографический очерк Ильменского минералогического заповедника и его копей. М., 1939. 196 с.
3. Конева М. Н. Банальсит и стрональсит из пироксенитов Жидойского массива // ЗРМО. 1996. № 2. С. 103—105.
4. Кошевой Ю. Н. История формирования и структурная эволюция ильменогорского комплекса: Диссертация // Фонды ИГЗ. 1985. 313 с.
5. Краснобаев А. А., Русин А. И., Бушарина С. В., Лепехина Е. Н., Медведева Е. В. Цирконология амфиболовых миаскитов Ильменогорского массива (Южный Урал) // ДАН. 2010. Т. 430. № 2. С. 227—231.
6. Левин В. Я. Щелочная провинция Ильменских-Вишневых гор. М.: Наука, 1974. 224 с.
7. Лиферович Р. П., Митчелл Р. Х., Шпаченко А. К., Зозуля Д. Р. Акцессорный минерал нефелиновых сиенитов — твердый раствор банальсит-стрональсит // Минералогия во всем пространстве сего слова: Труды II Ферсм. науч. сессии КО РМО. 2005. С. 54—57.
8. Минералы: Справочник. М.: Наука, 2003. Т. 5. Вып. 1. 583 с.
9. Немов А. Б. Структурно-текстурные особенности миаскитовых милонитов Ильменогорского массива (Южный Урал) // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геол. съезда Респ. Коми / Ин-т геологии Коми науч. центр УрО РАН. Сыктывкар, 2014. Т. 2. С. 116—119.
10. Немов А. Б. Сандыиты Ильменогорского миаскитового массива (Ю. Урал) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 7. С. 9—14.
11. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
12. Русин А. И., Краснобаев А. А., Русин И. А., Вализер П. М., Медведева Е. В. Щелочно-ультраосновная ассоциация Ильменских-Вишневых гор // Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород: Материалы всерос. совещания. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. С. 222—227.
13. Hetzel R., Glodny J. A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance // International Journal of Earth Sciences. 2002. V. 91, No. 2, P. 231—254.
14. Liferovich R. P., Mitchel R. H., Zozulya D. R., Shpachenko A. K. Paragenesis and composition of banalsite, stronalsite and their solid solution in nepheline syenite and ultramaphic alkaline rocks // The Canadian Mineralogist. 2006. V. 44, P. 929—942.
2. Zavaritskii A. N. *Geologicheskii i petrograficheskii ocherk Ilmenskogo mineralogicheskogo zapovednika i ego kopei* (Geological and petrographic review of Ilmensky reserve and mines). Moscow, 1939, 196 pp.
3. Koneva M. N. *Banalsit i stronalsit iz piroksenitov Zhidoyskogo massiva* (Banalsite and stronalsite from pyroxenites of Zhidoysky massif). ZRMO, 1996, No. 2, pp. 103–105.
4. Koshevoi Yu. N. *Istoriya formirovaniya i strukturnaya evolyutsiya ilmenogorskogo kompleksa* (History of formation and structural evolution of Ilmenogorsky complex). Dissertation. 1985, 313 pp.
5. Krasnobaev A. A., Rusin A. I., Busharina S. V., Lepehina E. N., Medvedeva E. V. *Tsirkonologiya amfibolovykh miaskitov Ilmenogorskogo massiva (Yuzhnyi Ural)* (Zirconology of amphibole miaskites of Ilmenogorsky massif). 2010, V. 430, No. 2, pp. 227—231.
6. Levin V. Ya. *Schelochnaya provintsia Ilmenskih-Vishnevyyh gor* (Alkaline province of Ilmen-Vishnevy mountains). Moscow, Nauka, 1974, 224 pp.
7. Liferovich R. P., Mitchell R. H., Shpachenko A. K., Zozulya D. R. *Aktsessornyi mineral nefelinovykh sienitov - tverdyi rastvor banalsit-stronalsit* (Accessory mineral of nepheline syenites solid solution banalsite-stronalsite). *Mineralogiya vo vsem prostranstve sego slova*. Proceedings of RMS session, 2005, pp. 54—57.
8. *Mineraly* (Minerals). Reference book. V. 5, 1, Moscow, Nauka, 2003. 583 pp.
9. Nemov A. B. *Strukturno-teksturnye osobennosti miaskitovykh milonitov Ilmenogorskogo massiva (Yuzhnyi Ural)* (Structural-textural features of miaskite milonites of Ilmenogorsky massif (South Urals)). *Geologiya i mineralnye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii*. Proceedings of XVI Geological conference of Komi Republic. Institute of geology of komi SC, UB RAS, Syktvykar, 2014, V. 2, pp. 116—119.
10. Nemov A. B. *Sandyity Ilmenogorskogo miaskitovogo massiva (Yu. Ural)* (Sandyites of Ilmenogorsky miaskite complex (South Urals)). *Vestnik IG Komi SC UB RAS*, 2015, No. 7, pp. 9—14.
11. *Petrograficheskii kodeks Rossii* (Petrographic code of Russia). *Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya* (Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations). St. Petersburg, VSEGEI, 2008, 200 pp.
12. Rusin A. I., Krasnobaev A. A., Rusin I. A., Valizer P. M., Medvedeva E. V. *Schelochno-ultraosnovnaya assotsiatsiya Ilmenskih-Vishnevyyh gor* (alkaline-ultrabasic association of Ilmen-Vishnevy mountains). *Geokhimiya, petrologiya, mineralogiya i genezis shelochnykh porod*. Proceedings. Miass, IMin UB RAS, 2006, pp. 222—227.
13. Hetzel R., Glodny J. A crustal-scale, orogen-parallel strike-slip fault in the Middle Urals: age, magnitude of displacement, and geodynamic significance. *International Journal of Earth Sciences*, 2002, V. 91, No. 2, pp. 231—254.
14. Liferovich R. P., Mitchel R. H., Zozulya D. R., Shpachenko A. K. Paragenesis and composition of banalsite, stronalsite and their solid solution in nepheline syenite and ultramaphic alkaline rocks. *The Canadian Mineralogist*. 2006, V. 44, pp. 929—942.

References

1. Voroschuk D. V. *Polevye shpaty granitoidnykh blastomilonitov: mikrostrukturnye osobennosti i variatsii himicheskogo sostava* (Feldspars of granitoid blastomilonites: microstructural features and variation of chemical composition). *Ezhegodnik-2000. IGG UB RAS. Ekaterinburg, 2001, pp. 102—110.*