БАРИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ ИЛЬМЕННО-ВИШНЕВОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

С. В. Чередниченко, Е. В. Дубинина

Ильменский государственный заповедник, Миасс; svcheredn@mail.ru

Приведены результаты изучения бариевых полевых шпатов из разных по составу метасоматических пород комплекса; исследования минералов выполнены на сканирующем электронном микроскопе РЭММА-202М с микроанализатором. Рассмотрены формы проявления бариевых полевых шпатов, особенности их состава и условия образования. Бариево-калиевый полевой шпат характеризуется неоднородностью состава, увеличением количества бария к краю зерна и высоким содержанием альбитового минала (12—17 %). В составе цельзиана, развитого по основному плагиоклазу, отмечены значительные вариации содержания CaO (0.4—3.6 мас. %). Температура образования бариево-калиевого полевого шпата — 610—660 °С, цельзиана — 560—610 °С. В баритовой жиле цельзиан с высоким содержанием Ba образовался при $T \approx 450$ °С. Формирование бариевых минералов связано с постмагматическими процессами, которые произошли после образования щелочно-карбонатитовых пород комплекса. Породы с барийсодержащими минералами, как правило, приурочены к зонам разрывных нарушений, вдоль которых был привнос бария.

Ключевые слова: бариево-калиевый полевой шпат, цельзиан, метасоматиты, ильмено-вишневогорский комплекс.

BARIUM FELDSPARS OF THE ILMENY-VISHNEVOGORSKY COMPLEX (SOUTH URALS)

S. V. Cherednichenko, E. V. Dubinina

Ilmen State Reserve, Miass, Russia

The results of studying barium feldspars from different metasomatic rocks of the complex are summarized in the article. Studies of minerals were performed using a scanning electron microscope РЭММА-202М with a microanalyzer. Forms of barium feldspars, features of composition and conditions of formation are considered. Barium-potassium feldspar is characterized by heterogeneity of composition, an increase in the amount of Ba to the grain edge, and a high content of Ab minal (12—17 %). The composition of celsian, developed in the basic plagioclase, shows significant variations in the CaO content of 0.4—3.6 wt. %. The temperature of formation of barium-potassium feldspar is 610—660 °C, celsian 560—610 °C. In a barite vein, celsian with a high Ba content was formed at $T \approx 450$ °C. The formation of barium minerals is associated with postmagmatic processes that occurred after the formation of the alkaline-carbonatite rocks of the complex. Rocks with barium-containing minerals are usually confined to zones of faults, along which barium was introduced.

Keywords: barium-potassium feldspar, celsian, metasomatites, ilmeny-vishnevogorsky complex.

Введение

Барий является характерным элементом для щелочно-карбонатитовых пород в ильмено-вишневогорском комплексе. Отмечается повышенное его содержание в миаскитах (0.05—0.3 мас. %) и фенитах Ильменогорского массива (0.14—0.18 мас. %) по сравнению с вмещающими метаморфическими породами [2, 11, 13, 18]. Собственные минералы Ba — барилит, барит, гармотом — установлены в поздних гидротермальных жилах [6, 13]. Барийсодержащий калиевый полевой шпат (Kfs), бариевые биотит и флогопит, цельзиан, горсейксит и банальсит ранее определены в метаморфических и метасоматических породах комплекса [3, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 15]. В калиевых полевых шпатах из метасоматитов отмечено снижение Ba и Na, обусловленное процессами милонитизации и рекристаллизации [14].

Особенностью является то, что породы с Kfs барийсодержащим, цельзианом и биотитом бариевым расположены в пределах метагипербазитовых тел (Няшевский массив, Осиновый мыс оз. Б. Ишкуль), которые относятся к меридиональной зоне сдвигоброса. В связи с этим является актуальным рассмотрение пород с бариевой минерализацией с учетом их структурного положения в комплексе. Целью исследования было выяснение особенностей состава и условия образования бариевых полевых шпатов в метасоматитах ильмено-вишневогорского комплекса.

В статье применены условные обозначения минералов: Ab — альбит, An — анортит, Bt — битовнит, Cal —

кальцит, Cls — цельзиан, Di — диопсид, Grt — гранат, Kfs — калиевый полевой шпат, Or — ортоклаз, Qz — кварц, Scp — скаполит, Ttn — титанит, Zrn — циркон.

Геологическое положение и петрография пород

Ильмено-вишневогорский полиметаморфический комплекс расположен в южной части Сысертско-Ильменогорской зоны Восточно-Уральского поднятия [20]. В комплексе выделяют селянскую, ильменскую и ситовскую серии, границы между которыми тектонические и фиксируются зонами бластомилонитов и телами метагипербазитов (рис. 1). В комплексе прослежены разрывные нарушения субмеридионального направления (Миасский, Няшевский, Таткульский сдвигобросы и др.) и поперечные им нарушения северо-восточного и северо-западного направлений, менее протяженные по размерам (правый Кыштымский сдвигонадвиг, Ишкульский сброс и др.) [20].

В пределах селянской серии расположена протяженная меридиональная тектоническая зона, сложенная породами центральной щелочной полосы (миаскитами, карбонатитами, щелочными метасоматитами), в которых установлены максимально высокие содержания Ba и Sr [11]. По границе селянской и ильменской серий проходит Няшевский сдвигоброс, трассирующийся цепочкой линзовидных тел метагипербазитов PR₂-возраста.

Рис. 1. Геологическая схема ильменогорского комплекса [12]: 1 — осадочно-вулканогенные породы, преимущественно слабометаморфизованные ($D_2 - C_1$); 2 — сайтовская серия (аракульская (ar), сайтовская (st), игишская (ig) свиты) ($PZ_1 - S?$); 3—5 ильменская серия (RF — $PZ_1?$); 6—8 селяннинская серия (AR — PR_1); 9 — граниты; 10 — мусковитовые граниты (Еланчиковский массив); 11 — плагиограниты; 12 — габбро; 13 — пироксениты (a), метагаббро (b); 14 — метагаббро (a), метагаббро (b); 15 — нефелиновые сиениты (миаскиты и др.) (a), сиениты (b); 16 — фениты (a), карбонатиты (b); 17 — зоны серпентинитовых меланжей (a), зоны бластомилонитов разных уровней метаморфизма (b); 18 — надвиги; 19 — разломы и другие тектонические контакты (a), зоны сдвигов (b); 20 — места нахождения бариевых минералов: описаны в данной работе (a), ранее установлены (b) [3, 7, 13, 14, 15, 19]

Fig. 1. Schematic geological map of the ilmenogorsky complex [12]. 1 — Sedimentary-volcanogenic strata, predominantly weakly metamorphosed ($D_2 - C_1$); 2 — Saitovo group (arakul (ar), saitovo (st), igish (ig) series) ($PZ_1 - S?$); 3—5 Ilmensky group (RF — $PZ_1?$); 6—8 Selyankino group (AR — PR_1); 9 — granites; 10 — muscovite granites (Elanchik massif); 11 — plagiogranites; 12 — gabbro; 13 — pyroxenites (a), metagabbro (b); 14 — metagabbro (a), metagabbro (b); 15 — nepheline syenites (miaskites, etc.) (a), syenites (b); 16 — fenites (a), carbonatites (b); 17 — zones of serpentinite melange (a), zones of blastomylonites of different levels of metamorphism (b); 18 — thrusts; 19 — faults and other tectonic contacts (a), shear zones (b); 20 — location of barium minerals: described in this paper (a), earlier discovered (b) [3, 7, 13, 14, 15, 19]

Этот сдвигоброс в северной части прослеживается до серпентинитов оз. Б. Ишкуль [20]. В хризотил-лизардитовых серпентинитах на юго-восточном берегу озера встречены будины мафит-ультрамафитовых, метаморфических пород и метасоматитов разной степени переработки и размера [7, 8].

Сайтовская серия представлена преимущественно метатерригенными породами (сланцами, кварцитами) с зонами развития пород мафит-ультрамафитового состава.

Породы с исследованными бариевыми минералами расположены в пределах селяннинской серии (скаполит-диопсид-кальцитовая порода), Няшевского сдвигоброса (диопсид-плагиоклазовая порода) и сайтовской серии (кварцит).

Скаполит-диопсид-кальцитовая порода находится в зоне бластомилонитов, где отмечено чередование гранатовых амфиболитов, гнейсов, графитистых кварцитов и клинопироксенитовых пород ($55^{\circ}16'32.4''$ с. ш., $60^{\circ}14'46.5''$ в. д., зап. берег оз. Б. Ишкуль) (рис. 1). Порода неравномерно-зернистая грубополосчатая, образовала маломощные линзовидные обособления в пластовом теле мелко-, среднезернистого клинопироксенита. Строение скаполит-диопсид-кальцитовой породы зональное: краевая часть мелкозернистая, центральная — порфиروبластовая, где средние и крупные кристаллы диопсида расположены в мелко-, среднезернистом кальците. Некарбонатные

минералы имеют сглаженные ограничения зерен. Порода в основном состоит из кальцита и диопсида, второстепенные минералы — скаполит, плагиоклаз. Акцессорные минералы — титанит, фторапатит, барийсодержащие минералы (Kfs, флогопит), алланит — имеют в породе линейно-параллельное расположение. Отмечается крайне редкое присутствие хромита, шпинели и хромовогоgrossуляра [10]. Графит и ксеноморфные зерна целзиана развиты в межзерновом пространстве породы.

Диопсид-плагиоклазовая порода, неравномерно-зернистая пойкилитовая, обнаружена среди серпентинитов на восточном берегу оз. Б. Ишкуль ($55^{\circ}16'25.7''$ с. ш., $60^{\circ}15'25.3''$ в. д.). Порода содержит в равных количествах основной плагиоклаз и диопсид, акцессорные минералы — гранат, скаполит, апатит и титанит. Поздние бариевые образования — целзиан и барит. Плагиоклаз представлен анортитом, в измененных разностях — битовнитом и лабрадором. Мелкие изометричные и короткостолбчатые зерна диопсида образуют в породе пойкилитовые включения в плагиоклазе.

Кварцит мелкозернистый сланцеватый обнаружен в теле баритовой жилы ($55^{\circ}11'34''$ с. ш., $60^{\circ}30'71''$ в. д., копь № 200). Жила размером 5×30 м сложена массивным крупнокристаллическим баритом, залегает на контакте графитистых кварцитов с актинолит-тремолитовыми породами и хлоритовыми сланцами [17, 5]. Гематит, целзиан,

пирит и сульфиды цинка встречаются в центре кварцевых зерен. Горсейксит, шрейерит, гидроокислы железа и глинистые минералы расположены в межзерновом пространстве и по трещинам в кварците [5].

Методы исследования

Сегодня не существует однозначного подхода к номенклатуре бариевых полевых шпатов, потому мы используем название конечных членов в изоморфном ряду “калиевый полевой шпат — целъзиан”, опуская применение промежуточного гиалофана [16]. Бариевые полевые шпаты разделены по содержанию целъзианового минала (Cls) [16]. Kfs барийсодержащий содержит Cls до 10 %, Kfs бариевый — более 10 %. Относительно целъзиана и Kfs бариевого применялось «правило 50 %» для твердых растворов.

Исследования состава минералов выполнены на сканирующем электронном микроскопе РЭММА-202М с микроанализатором EDS (ускоряющее напряжение 20 кВ, ток 30 нА, диаметр зонда 1–2 мкм, использованы стандарты MINM 23–53; аналитик В. А. Котляров, Имин УрО РАН).

Температура образования бариевых полевых шпатов была определена по отношению $Ba/(Ba + Na)$ на диаграмме фазового равновесия альбит — целъзиан [21].

Особенности состава бариевых полевых шпатов

Kfs бариевый установлен в скаполит-диопсид-кальцитовый порода. Цельзиан входит в состав кварцита и как поздний минерал отмечен в скаполит-диопсид-кальцитовой и диопсид-плагиоклазовой породах.

Kfs бариевый является редким минералом в скаполит-диопсид-кальцитовой порода. Зерна субизометричного облика со сглаженными ограничениями размером 0.3–1.1 мм. Kfs бариевый содержит включения скаполита, диопсида, циркона и кварца, иногда обрастает с периферии диопсидом, титанитом и Kfs_2 с низким содержанием BaO — до 1 мас. % (рис. 2). Минерал по составу неоднороден, установлено увеличение содержания Ba от центра к краю зерна и вблизи трещин: $Cl_{s_{21.2}} \rightarrow Cl_{s_{26.8}}$, $Cl_{s_{30}} \rightarrow Cl_{s_{41}}$ (рис. 3). В порфировидной части скаполит-диопсид-кальцитовой породы отмечено $Cl_{s_{6.5}} \rightarrow Cl_{s_{12.6}}$. Для Kfs ба-

риевого характерно высокое содержание Na_2O (1.23–1.86 мас. %) и низкое CaO (0.12–0.58 мас. %) (см. таблицу).

Цельзиан в скаполит-диопсид-кальцитовой порода в виде ксеноморфных зерен развился по битовниту (№ 82). По Cls-компоненту Kfs бариевый и цельзиан образовали ряд в области состава $Cl_{s_{21-81}}$ (рис. 3), где Kfs бариевый

Рис. 3. Состав бариевых полевых шпатов на диаграмме Ab — Or — Cls: 1–4 — Kfs барийсодержащий и Kfs бариевый: 1, 2 — скаполит-диопсид-кальцитовая порода, 1 — центр, 2 — край зерна; 3 — метасоматиты по породам основного и среднего состава [14]; 4 — биотит-амфибол-плагиоклазовая порода [7]; 5–10 — целъзиан: 5, 6 — скаполит-диопсид-кальцитовая порода, 5 — центр, 6 — край зерна; 7 — диопсид-плагиоклазовая порода; 8 — кварцит; 9 — амфибол-плагиоклаз-скаполит-пироксеновая порода [3]; 10 — биотит-амфибол-плагиоклазовая порода [8]

Fig. 3. Composition of the barium feldspar in the diagram Cls — Or — Ab: 1–4 — barium-containing Kfs and barium Kfs: 1, 2 — scapolite-diopside-calcite rock, 1 — center, 2 — rim of the grain; 3 — metasomatites in the rocks of the mafic and medium compositions [14]; 4 — biotite-amphibole-plagioclase rock [7]. 5–10 — celsian: 5, 6 — scapolite-diopside-calcite rock, 5 — center, 6 — rim of the grain; 7 — diopside-plagioclase rock; 8 — quartzite; 9 — amphibole-plagioclase-scapolite-pyroxene rock [3]; 10 — biotite-amphibole-plagioclase rock [8]

Рис. 2. Субизометричные зерна Kfs бариевого в скаполит-диопсид-кальцитовой порода. Фото в отраженных электронах
Fig. 2. Subisometric grains of the barium Kfs in the scapolite-diopside-calcite rock. BSE image

Химический состав бариевых полевых шпатов из метасоматических пород ильмено-вишневогорского комплекса, мас. %, к. ф.

Chemical composition of barium feldspars from the metasomatic rocks of the ilmeny-vishnevogorsky complex, wt. %, f. u.

Компоненты Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	с	г	с	г	с	г	с	г			
SiO ₂	62.5	59.2	57.9	53.6	52.6	48.4	43.6	38.3	42.0	38.9	33.6
Al ₂ O ₃	18.6	19.7	19.6	22.1	22.5	23.7	25.1	26.6	26.1	28.2	26.4
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00
Na ₂ O	1.04	1.23	1.77	1.60	1.63	1.39	1.13	0.56	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	14.0	12.2	9.41	8.62	7.82	6.41	4.25	2.20	1.27	0.46	0.74
CaO	0.12	0.14	0.13	0.27	0.24	0.12	0.42	1.43	0.96	1.28	0.00
BaO	3.54	6.66	10.6	13.2	14.5	19.5	24.8	30.6	20.0	27.4	39.1
MgO	—	—	—	—	—	—	—	—	1.62	1.70	—
SrO	—	—	—	—	—	—	—	—	7.68	1.74	—
Сумма Total	99.78	99.13	99.44	99.43	99.24	99.40	99.34	99.68	99.68	99.61	99.78
К. ф. / F. u.											
Si	2.95	2.87	2.85	2.70	2.67	2.55	2.40	2.20	2.29	2.17	2.08
Al	1.03	1.13	1.14	1.31	1.35	1.47	1.63	1.8	1.68	1.85	1.92
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.12	0.17	0.16	0.16	0.14	0.12	0.06	0.00	0.00	0.00
K	0.84	0.75	0.59	0.55	0.51	0.43	0.30	0.16	0.09	0.03	0.06
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.09	0.06	0.08	0.00
Ba	0.07	0.13	0.20	0.26	0.29	0.40	0.53	0.69	0.43	0.60	0.94
Mg	—	—	—	—	—	—	—	—	0.13	0.14	—
Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24	0.06	—
Миналы, % / Minals, %											
Ab	9.4	11.6	17.4	15.9	16.6	14.5	12.3	6.3	0	0	0
Or	83.5	75.1	60.8	56.2	52.3	43.9	30.5	16.1	15.5	4.6	5.8
An	0.6	0.7	0.7	1.5	1.4	0.7	2.5	8.8	9.8	10.8	0
Cls	6.5	12.6	21.1	26.4	29.8	40.9	54.7	68.8	74.7	84.6	94.2

Примечание. 1—6 — Kfs бариевый из скаполит-диопсид-кальцитовый породы: 1, 2, 5, 6 — проба КФ86-1с; 3, 4 — проба КФ86-1а; 7—11 — цельзиан из метасоматических пород: 7, 8 — скаполит-диопсид-кальцитовая (проба КФ86-1а); 9, 10 — диопсид-плагиоклазовая (проба Иш 6-10); 11 — кварцит (копье № 200, проба Б-3). Прочерк — элемент не определялся; с — центр, г — край зерна. Формула бариевых полевых шпатов рассчитана на 8 атомов кислорода.

Note. 1—6 — Barium Kfs from scapolite-diopside-calcite rocks: 1, 2, 5, 6 — sample КФ86-1с; 3, 4 — sample КФ86-1а; 7—11 — celsian from metasomatites: 7, 8 — scapolite-diopside-calcite rock (sample КФ86-1а); 9, 10 — diopside-plagioclase rock (sample Иш 6-10); 11 — quartzite (pit № 200, sample Б-3). Dash — element was not determined. с — center, г — rim of the grain. Structural formula of barium feldspars calculated on the basis of 8 oxygen atoms.

содержит Cls_{21–41}, цельзиан — Cls_{47–81} (см. таблицу, ан. 7, 8; рис. 3). Содержание СаО в цельзиане варьирует в пределах 0.4—3.6 мас. %, что составляет Ан минала 2.5—20.9 %.

В диопсид-плагиоклазовой породе цельзиан выявлен в агрегате плагиоклаза: а) на границе замещения анортита битовнитом (рис. 4); б) на границе основного плагиоклаза состава лабрадор — битовнит (№ 68—75), и скаполита. Цельзиан находится в ассоциации с одиночными мелкими зернами барита. Характерной особенностью состава цельзиана является высокое содержание примесей Са, Mg и Sr (1—2 мас. % СаО, 1.7 мас. % MgO, 1.7—7.7 мас. % SrO) (см. таблицу, ан. 9, 10). В составе битовнита, лабрадора и барита также отмечен SrO (1.0—3.5, 1.0—1.6 и 0.92 мас. %). Цельзиан, развитый по анортиту, содержит Cls_{65–75}, по лабрадору — битовниту — Cls_{80–85}.

Цельзиан в кварците представлен кристалломорфными одиночными зернами размером в среднем 31 × 46 мкм, расположен в центре кварцевого зерна. Характеризуется наибольшим содержанием ВаО — 35—39 мас. % (Cls_{92–95}), из примесей только К₂О — до 1 мас. % (см. таблицу, ан. 11).

Рис. 4. Выделения цельзиана на границе замещения анортита битовнитом в диопсид-плагиоклазовой породе. Фото в отраженных электронах

Fig. 4. Segregation of a celsian on the border of substitution of an anorthite by a bytownite in the diopside-plagioclase rock. BSE image

Обсуждение результатов и выводы

В результате проведенных исследований было выявлено, что Kfs бариевый в скаполит-диопсид-кальцитовый порода характеризуется неоднородностью состава, увеличением количества Ba к краю зерна (центр — 10.6—14.5, край — 13.2—19.5 мас. % BaO). Изученный минерал отличается от Kfs барийсодержащего (до 4.0 мас. % BaO) [7, 14] не только количеством Ba в составе, но и более высокими содержаниями Na и Ca. Особенность состава Kfs бариевого может быть обусловлена расположением скаполит-диопсид-кальцитовый породы в зоне бластомилонитов и нахождением рядом щелочных пород центральной полосы с высоким содержанием Ba.

В составе цельзиана, развитого по основному плагиоклазу, отмечены значительные вариации содержания CaO (0.4—3.6 мас. %). Образование его связано с привнесением Ba и Na в скаполит-диопсид-кальцитовую и диопсид-плагиоклазовую породы. При этом в основном плагиоклазе пород уменьшается содержание Ca, анортит переходит в битовнит и лабрадор. Характерно, что плагиоклазы не содержат Ba. Кроме этого, в породах биотит-амфибол-плагиоклазовой [8] и диопсид-плагиоклазовой, расположенных в метагипербазитах на вост. берегу оз. Б. Ишкуль, цельзиан содержит повышенное содержание Mg (1.6—3.3 мас. %), который, вероятно, был привнесен из серпентинитов.

Следовательно, образование Kfs бариевого в скаполит-диопсид-кальцитовый порода и цельзиана в кварците связано с формированием этих метасоматических пород. Цельзиан в скаполит-диопсид-кальцитовый и диопсид-плагиоклазовый породах выделился в результате более поздних метасоматических процессов.

Время образования бариевых полевых шпатов, возможно, сопряжено с поздними процессами скаполитизации, проявленными в комплексе в виде протяженных пироксен-скаполитовых тел, и датируется U-Pb-методом по циркону ≈ 300 млн лет [4].

Температура образования Kfs бариевого в скаполит-диопсид-кальцитовый порода составила 610—660 °C. Цельзиан в скаполит-диопсид-кальцитовый и диопсид-плагиоклазовый породах образовался при $T = 560$ —610 °C. При сходных P-T-условиях сформировался цельзиан из амфибол-плагиоклаз-скаполит-пироксеновой породы (530—570 °C) [3]. Цельзиан в кварците баритовой жилы самый низкотемпературный ($T \approx 450$ °C) из исследованных бариевых полевых шпатов.

Таким образом, образование бариевых полевых шпатов связано с поздними гидротермально-метасоматическими процессами, которые произошли после формирования щелочно-карбонатитовых пород комплекса (O₃). Поздний региональный сдвиг (P₃—T₁) способствовал преобразованию пород комплекса в условиях амфиболитовой фации метаморфизма, когда по проницаемым зонам (разрывным нарушениям) привносился Ba и концентрировался в минералах при понижении температуры.

Литература

1. Баженов А. Г., Белогуб Е. В., Ленных В. И., Рассказова А. Д. Уфимская широтная структура Урала. Путеводитель экскурсий по докембрийским толщам, Ильмено-Вишневогорского

кому щелочному комплексу и месторождениям полезных ископаемых. Миасс: Геотур, 1992. С. 10—32.

2. Баженов А. Г., Красина А. С. Стронций и барий в Ильменогорском щелочном комплексе // Ежегодник-1972. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР. 1973. С. 84—85.

3. Дубинина Е. В., Вализер П. М. Гиалофан из скаполитсодержащих пород Ильменогорского комплекса (Южный Урал) // Записки РМО. 2008. № 3. С. 106—113.

4. Дубинина Е. В., Вализер П. М. Минералогия скаполитсодержащих пород ильменогорского комплекса на Южном Урале // Урал. минералог. сб. 2009. № 16. С. 86—95.

5. Дубинина Е. В., Вализер П. М. Горсейксит — первая находка в ильменогорском комплексе (Южный Урал) // Докл. АН. 2011. Т. 439. № 1. С. 92—94.

6. Еськова Е. М., Жабин А. Г., Мухитдинов Г. Н. Минералогия и геохимия редких элементов Вишневых гор. М.: Наука, 1964. 320 с.

7. Кориневский В. Г. Первая находка гиалофана на Урале // Докл. РАН. 2004. Т. 394. № 5. С. 669—672.

8. Кориневский В. Г., Котляров В. А. Новые находки редких минералов в Ильменах // Урал. минералог. сб. 2005. № 13. С. 15—22.

9. Кориневский В. Г., Кориневский Е. В., Кориневская Г. Г. Бариевый биотит из Ильмен // Записки РМО. 2005. № 2. С. 75—83.

10. Кориневский В. Г. Новые и редкие минералы Ильменских гор: Находки 2008 года // Урал. минералог. сб. 2008. № 15. С. 35—45.

11. Левин В. Я., Роненсон Б. М., Самков В. С., Левина И. А., Сергеев Н. С., Киселев А. П. Щелочно-карбонатитовые комплексы Урала. Екатеринбург: Уралгеолком, 1997. 272 с.

12. Ленных В. И., Вализер П. М. К геологической схеме ильменогорского комплекса // Геология и минералогия ильменогорского комплекса: ситуация и проблемы. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2006. С. 20—27.

13. Макагонов Е. П., Котляров В. А. Бариевая и стронциевая минерализация в Ильменогорском миасситовом массиве // Урал. минералог. сб. 2008. № 15. С. 27—34.

14. Медведева Е. В., Немов А. Б., Котляров В. А. Метасоматиты основного и среднего состава из Няшевского серпентинитового массива (Ильменские горы, Южный Урал) // Литосфера. 2015. № 6. С. 53—68.

15. Медведева Е. В., Немов А. Б., Котляров В. А. Первая находка банальсита-стрональсита на Урале // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3. С. 13—17.

16. Минералы: Справочник. М.: Наука, 2003. Т. 5. Вып. 1. С. 284.

17. Минералы Ильменского заповедника / Под ред. А. Н. Заварицкого. М.—Л.: АН СССР, 1949. С. 616.

18. Недосекова И. Л. Возраст и источник вещества ильмено-вишневогорского щелочного комплекса (Урал, Россия): геохимические и изотопные Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Lu-Hf-данные // Литосфера. 2012. № 5. С. 77—95.

19. Рассомахин М. А. Гипергенная марганцевая минерализация в пегматитах Ильменских гор // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 5. С. 16—18.

20. Юрецкий В. Н., Петров В. И., Кузнецов Г. П., Левин В. Я., Пунегов Б. Н., Муркин В. П., Муркина Р. Е., Курсова Н. А. Отчет Ильменогорского геолого-съемочного отряда о результатах геологического доизучения масштаба 1 : 50000 Ильменогорской площади в Каслинском и Аргаяшском районах и территориях гг. Кыштым, Миасс, Чебаркуль Челябинской области за 1976—1982 гг. Челябинск, 1982. Фонды ИГЗ.

21. Essene E. J., Claflin C. L., Giorgetti G., Mata P. M., Peacor D. R., Arkai P., Rathmell M. A. Two-, three- and four-feldspar as-

semblages with hyalophane and celsian: implications for phase equilibria in $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{—CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{—NaAlSi}_3\text{O}_8\text{—KAlSi}_3\text{O}_8$ // Eur. J. Mineral., 2005. № 4. V. 17. P. 515—535.

References

1. Bazhenov A. G., Belogub E. V., Lennyh V. I., Rasskazova A. D. *Ufimskaya shirotnaya struktura Urala. Putevoditel ekskursii po dokembriiskim tolscham, Ilmeno-Vishnevogorskoyu shelochnomu kompleksu i mestorozhdeniyam poleznykh iskopaemykh* (Ufa longitudinal structure of the Urals. Guide book on Precambrian rocks, Ilmen-Vishnevogorsk alkaline complex and mineral deposits). Miass: Geotur, 1992, pp. 10—32.
2. Bazhenov A. G., Krasina A. S. *Strontsii i barii v Il'menogorskom shelochnom komplekse* (Strontium and barium in Ilmenogorsk alkaline complex). Ezhegodnik—1972. Sverdlovsk: IGG UB USSRAS, 1973, pp. 84—85.
3. Dubinina E. V., Valizer P. M. *Gialofan iz skapolitsoderzhashchikh porod Ilmenogorskogo kompleksa (Yuzhnyi Ural)* (Gialophane from scapolite rocks of Ilmenogorsk complex (South Urals). Zapiski RMO. 2008, No. 3, pp. 106—113.
4. Dubinina E. V., Valizer P. M. *Mineralogiya skapolitsoderzhashchikh porod ilmenogorskogo kompleksa na Yuzhnom Urale* (Mineralogy of scapolite rocks of Ilmenogorsk complex at South Urals). Ural. mineralog. sb. Miass: IMin UB RAS, 2009, No. 16, pp. 86—95.
5. Dubinina E. V., Valizer P. M. *Gorseiksit — pervaya nahodka v il'menogorskom komplekse (Yuzhnyi Ural)* (Gorseiksite — first find in Ilmenogorsk complex (South Urals)). Doklady Earth Sciences, 2011, V. 439, No. 1, pp. 92—94.
6. Eskova E. M., Zhabin A. G., Muhitdinov G. N. *Mineralogiya i geohimiya redkih elementov Vishnevyykh gor* (Mineralogy and geochemistry of rare elements of Vishnevye mountains). Moscow: Nauka, 1964, 320 pp.
7. Korinevskii V. G. *Pervaya nahodka gialofana na Urale* (First find of gialophane in Urals) Doklady Earth Sciences, 2004, V. 394, No. 5, pp. 669—672.
8. Korinevskii V. G., Kotlyarov V. A. *Novye nahodki redkih mineralov v Il'menah* (New finds of rare minerals in Ilmens). Ural. mineralog. sb., Miass: IMin UB RAS, 2005, No. 13, pp. 15—22.
9. Korinevskii V. G., Korinevskii E. V., Korinevskaya G. G. *Barievyy biotit iz Ilmen* (Barium biotite from Ilmen). Zapiski RMO, 2005, No. 2, pp. 75—83.
10. Korinevskii V. G. *Novye i redkie mineraly Ilmenskih gor: Nahodki 2008 goda* (New and rare minerals from Ilmen mountains). Ural. mineralog. sb. Miass-Ekaterinburg: IMin UB RAS, 2008, No. 15, pp. 35—45.
11. Levin V. Ya., Ronenson B. M., Samkov V. S., Levina I. A., Sergeev N. S., Kiselev A. P. *Schelochno-karbonatitovye komplekсы Urala* (Alkaline-carbonatite complexes of the Urals). Ekaterinburg: Uralgeolkom, 1997, 272 pp.
12. Lennyh V. I., Valizer P. M. *Kgeologicheskoi sheme ilmenogorskogo kompleksa* (Geological map of Ilmenogorsk complex). *Geologiya i mineralogiya ilmenogorskogo kompleksa: situatsiya i problem* (Geology and mineralogy of Ilmenogorsk complex: situation and problems). Miass: IGZ UB RAS, 2006, pp. 20—27.
13. Makagonov E. P., Kotlyarov V. A. *Barievaya i strontsiyevaya mineralizatsiya v Ilmenogorskom miaskitovom massive* (Barium and strontium mineralization in Ilmenogorsk miaskite massif). Ural. mineralog. sb. Miass-Ekaterinburg: IMin UB RAS, 2008, No. 15, pp. 27—34.
14. Medvedeva E. V., Nemov A. B., Kotlyarov V. A. *Metasomatizatsiya osnovnogo i srednego sostava iz Nyashevskogo serpentinitovogo massiva* (Ilmenskie gory, Yuzhnyi Ural) (Metasomatites of basic and medium composition from Hyshevsky serpentinite massif). Litosfera, 2015, No. 6, pp. 53—68.
15. Medvedeva E. V., Nemov A. B., Kotlyarov V. A. *Pervaya nahodka banalsita-stronalsita na Urale* (First find of banalcite-stronalcite in Urals). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2016, No. 3, pp. 13—17.
16. *Mineraly. Spravochnik* (Minerals. Reference book). V. 5, (1). Moscow: Nauka, 2003, pp. 284.
17. *Mineraly Ilmenskogo zapovednika* (Minerals of Ilmen reserve). ed. A. N. Zavaritsky. Moscow Leningrad: AS USSR, 1949, pp. 616.
18. Nedosekova I. L. *Vozrast i istochnik veschestva ilmeno-vishnevogorskogo shelochnogo kompleksa (Ural, Rossiya): geohimicheskie i izotopnye Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Lu-Hf dannye* (Age and source of substance of ilmen-vishnevogorsk alkaline complex (Urals, Russia). Litosfera, 2012, No. 5, pp. 77—95.
19. Rassomahin M. A. *Gipergennaya margantsevaya mineralizatsiya v pegmatitakh Ilmenskih gor* (Hypergene manganese mineralization in pegmatites of Ilmen mountains). Vestnik IG Komi SC UB RAS. 2014, No. 5, pp. 16—18.
20. Yuretskii V. N., Petrov V. I., Kuznetsov G. P., Levin V. Ya., Punegov B. N., Murkin V. P., Murkina R. E., Kursova N. A. *Otchet Ilmenogorskogo geologo-semochnogo otryada o rezultatah geologicheskogo doizucheniya masshtaba 1:50000 Ilmenogorskoj ploschadi v Kaslinskom i Argayashskom raionah i territoriyah gg. Kyshtym, Miass, Chelbarkul Chelyabinskoi oblasti za 1976—1982 gg.* (Report of Ilmenogorsk geological survey party about results of geological study of Ilmenogorsk area in Kaslinsky and Argayashsky regions and areas Kyshtym, Miass, Chelbarkul of Chelyabinsk region of scale 1:50000 for 1976—1982). Chelyabinsk, 1982, Fondy IGZ.
21. Essene E. J., Claflin C. L., Giorgetti G., Mata P. M., Peacor D. R., Arkai P., Rathmell M. A. Two-, three- and four-feldspar assemblages with hyalophane and celsian: implications for phase equilibria in $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{—CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{—NaAlSi}_3\text{O}_8\text{—KAlSi}_3\text{O}_8$. Eur. J. Mineral., 2005, No. 4, V. 17, pp. 515—535.