

**ДОПОЛНЕНИЯ К КАДАСТРУ МИНЕРАЛОВ ИЛЬМЕНСКИХ ГОР****М.А. Рассомахин<sup>1</sup>, А.В. Касаткин<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Институт минералогии, г. Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия; Miha\_Rassomahin@mail.ru*<sup>2</sup>*Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Ленинский пр. 18/2, г. Москва, 119071 Россия***ADDITIONS TO MINERAL CATALOGUE OF THE ILMENY MOUNTAINS****M.A. Rassomakhin<sup>1</sup>, A.V. Kasatkin<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Institute of Mineralogy, Miass, Chelyabinsk oblast, 456317 Russia; Miha\_Rassomahin@mail.ru*<sup>2</sup>*Fersman Mineralogical Museum of RAS, Leninsky pr. 18/2, Moscow, 119071 Russia*

В статье кратко описаны минералы, обнаруженные в Ильменских горах за период 2017–2020 гг. Для ранее не опубликованных минералов приведены основные диагностические характеристики, для опубликованных – даны библиографические ссылки. За указанный период диагностировано 39 новых минералов для Ильменских гор. Полный список минералов Ильменских гор включает 339 названий.

Илл. 5. Табл. 1. Библ. 15.

*Ключевые слова:* Ильменские горы, Ильменский государственный заповедник, список минералов.

The paper briefly describes 31 minerals found in the Ilmeny Mountains in 2017–2020. Main characteristics are provided for the unpublished minerals and published minerals are supported by references. The full list of minerals of the Ilmeny Mountains includes 339 names present.

Figures 5. Tables 1. References 15.

*Key words:* Ilmeny Mountains, Ilmeny State Reserve, list of minerals.

**Введение**

Широкую известность не только в России, но и в Европе Ильменские горы приобрели благодаря исключительному разнообразию минералов и геологических объектов. Первые сведения об Ильменах в научной литературе появились в конце XVIII в. В 1770 г. П.С. Паллас посетил ломки белой слюды близ оз. Еланчик и в предгорьях Ильмен, о чем написал в книге «Путешествие по разным местам Российского государства» (Паллас, 1786), а в 1789 г. Б. Герман в книге «Минералогические исследования Урала» упомянул грубозернистый гранит с зеленым полевым шпатом (амазонит) (Hermann, 1789). Научные работы по изучению минералогии Ильменских гор начались в первой половине XIX в. с посещения Ильмен Й. Менге в 1826 г. (в

собранных им коллекциях открыты неизвестные тогда ильменит, монацит и эшинит) и Густава Розе в 1829 г. (в его сборах открыт канкринит).

Свой вклад в изучение минералогии Ильменских гор внесли многие известные ученые XIX в.: П.Н. Барбот де Марни, И.Р. и К.И. Лисенко, Р.Ф. Герман, Г.Е. Щуровский, Н.И. Кокшаров, П.В. Еремеев, И.В. Мушкетов, А.П. Карпинский, М.П. Мельников и другие (Попов, Попова, 2006). Основным объектом их интереса были минералы – их свойства, состав, кристаллография и т.п.; к геологии же, горным породам, пегматитам и пр. внимание исследователей было значительно меньше.

Важной вехой в истории Ильмен XX в. явилась работа здесь Радиевой экспедиции Российской Академии Наук под руководством академика В.И. Вернадского, в состав которой входили

В.И. Крыжановский, Н.М. Федоровский, Е.Д. Ревуцкая, Л.А. Кулик и другие. Одним из важных результатов работ этой экспедиции стало сформированное мнение о необходимости ограничения в Ильменах горных промыслов, ведущих к истощению уникального минералогического объекта. В 1920 г. по инициативе Н.М. Федоровского и А.Е. Ферсмана на территории, включающей Ильменские горы, был создан Государственный Минералогический Заповедник (декрет СНК от 14 мая 1920 г.). В 1935 г. статус заповедника был расширен, он стал комплексным.

В XX веке, наряду с минералогическими исследованиями, развернуто детальное геологическое изучение Ильмен, особенно во второй половине века. В задачи исследователей входило изучение геологического строения территории, выделение разновидностей горных пород, установление особенностей строения отдельных геологических объектов и условий их формирования, закономерностей распределения минералов, определение абсолютного возраста, и т.д. Был сформирован взгляд на ильменогорский комплекс, как совокупность магматических и метаморфических пород. Наиболее подробно история изучения Ильменских гор от первых находок минералов до середины XX в. изложена В.И. Крыжановским (1949).

К концу XX в. по Ильменам был накоплен значительный объем минералогической информации. В 1990-е годы был проведен номенклатурный анализ массива данных по минералам Ильменских гор, на основе которого составлен кадастр минералов, установленных здесь по состоянию на начало 2000 г. (Кобяшев и др., 2000). Этот кадастр содержит 743 наименования, из которых только 268 соответствуют статусу минерального вида согласно требованиям Международной Минералогической Ассоциации (ММА), а остальные названия являются устаревшими, дискредитированными, имеют геммологическое значение, представляют собой не минералы, а их разновидности и т.д.

В XXI в. исследования продолжаются. Большое внимание уделяется «тонкой» минералогии, изучать которую стало возможно лишь с привлечением современных методов химического и рентгеноструктурного анализа. В 2017 г. коллективом специалистов Ильменского государственного заповедника (ИГЗ) была проведена работа по ревизии данных по минералогии Ильменских гор. На тот момент список минералов уже насчитывал 306 названий (Никандров и др., 2017). Столетний юбилей

заповедника является поводом для очередного подведения итогов, чему и посвящена данная статья.

### Новые данные по минералогии Ильменского заповедника

За последние годы не было значительных изменений номенклатур групп, затрагивающих минералогию ИГЗ. В списке 2017 г. не все названия минералов группы амфиболов были приведены в соответствии с номенклатурой (Hawthorne et al., 2012). В данной работе в списке минералов названия амфиболов указаны в соответствии с современной номенклатурой (табл). Ниже приводятся данные (включая неопубликованные) о находках новых минералов, сделанных в последние годы авторами, а также их коллегами, изучающими минералогию Ильменских гор.

**Амезит**  $Mg_2Al(AlSiO_3)(OH)_4$  (amesite) обнаружен в копи № 418, где он совместно с клинохлором образует зеленовато-серые включения и вроски размером до 5 мм в корунде и шпинели или располагается по их границам. Также минерал слагает каймы вокруг уранинит-броккитовых и монацитовых зерен в корунде (Рассомахин, Котляров, 2018).

**Бадделейт**  $ZrO_2$  (baddeleyite) встречается в виде включения размером менее 10 мкм в цирконе из копи № 418 (Рассомахин, Котляров, 2018).

**Баритокальцит**  $BaCa(CO_3)_2$  (barytocalcite) встречается в форме прожилков и отдельных зерен в кальците и анальците в цеолитизированном миаските. Ассоциирует с бербанкитом, эвальдитом, баритом, давсонитом, канкринитом, натролитом (Макагонов, Котляров, 2017).

**Бастнезит-(La)**  $La(CO_3)F$  (bastnäsite-(La)) установлен А.В. Касаткиным в образцах копей №№ 28, 30 и 305 из фондов музея ИГЗ и сборов М.А. Рассомахина. Минерал слагает тонкие (мощностью не более 0.05 мм) и длинные (до 3 мм) прожилки в альбите и алланите-(Ce) (рис. 1). Химический состав минерала из копи № 28 (мас. %, содержание  $CO_2$  и  $H_2O$  рассчитано по стехиометрии): CaO 1.43,  $La_2O_3$  46.86,  $Ce_2O_3$  14.66,  $Pr_2O_3$  0.91,  $Nd_2O_3$  11.33,  $CO_2$  20.72,  $H_2O$  0.56, F 7.73, O = F -3.25, сумма 100.95 (аналитики Р. Шкода и А.В. Касаткин). Эмпирическая формула (расчет на 4 аниона):  $(La_{0.61}Ce_{0.19}Nd_{0.14}Pr_{0.01}Ca_{0.05})_{\Sigma 1.00}(CO_3)(F_{0.87}(OH)_{0.13})_{\Sigma 1.00}$ .

**Бербанкит**  $(Na,Ca)_3(Sr,Ba,Ce)_3(CO_3)_5$  (berbankite) найден в крупнозернистых миаскитах, часто интенсивно цеолитизированных. В ассоциации

Таблица

## Список минералов Ильменских гор на май 2020 г.

Table

## List of minerals of the Ilmeny Mountains for May 2020

1	Азурит	56	Галенит	111	Калийферримагнезиокатофорит
2	Аксинит-(Fe)	57	Галлуазит	112	Калийферритарамит
3	Алланит-(La)	58	Ганит	113	Калийферропаргасит
4	Алланит-(Ce)	59	Гастингсит	114	Калийферроферрисаданагаит
5	Аллофан	60	Геарксутит	115	Калийферроферритарамит
6	Альбит	61	Геденбергит	116	Калийфторгастингсит
7	Альмандин	62	Гейландит-(Na)	117	Калийфторрихтерит
8	Амезит	63	Гейлюссит	118	Кальциосамарскит
9	Анальцим	64	Гельвин	119	Кальцит
10	Анагаз	65	Гематит	120	Канкринит
11	Андалузит	66	Гентгельвин	121	Каолинит
12	Андрадит	67	Герсдорфит	122	Карбоцернаит
13	Анкерит	68	Герцинит	123	Карлостуранит
14	Анкилит-(Ce)	69	Гётит	124	Кармаклит
15	Аннит	70	Гиббсит	125	Касситерит
16	Анортит	71	Гидроксилapatит	126	Катаплеит
17	Анортоклаз	72	Гидроксилбастнезит-Ce	127	Кварц
18	Антигорит	73	Гидроксилхондродит	128	Кианит
19	Антофиллит	74	Гизингерит	129	Киноварь
20	Арагонит	75	Гипс	130	Клинобисванит
21	Арсенопирит	76	Гиролит	131	Клиногумит
22	Астрофиллит	77	Глауберит	132	Клинохлор
23	Бадделеит	78	Глёт	133	Клиноцоизит
24	Банальсит	79	Голландит	134	Кобальтпентландит
25	Барит	80	Гоннардит	135	Ковеллин
26	Баритокальцит	81	Горсейксит	136	Колумбит-(Fe)
27	Бастнезит-(La)	82	Гояцит	137	Колумбит-(Mn)
28	Бастнезит-(Ce)	83	Графит	138	Копиапит
29	Бёмит	84	Гроссуляр	139	Кордиерит
30	Бенякарит	85	Грюнерит	140	Корунд
31	Бераунит	86	Гумит	141	Криолит
32	Бербанкит	87	Гюбнерит	142	Криолитионит
33	Берилл	88	Давидит-(La)	143	Криптомелан
34	Бернессит	89	Давсонит	144	Ксенотим-(Y)
35	Бертрандит	90	Даналит	145	Куммингтонит
36	Бисмит	91	Дельвоксит	146	Куплетскит-(Cs)
37	Бисмутит	92	Джансит-(CaMnMg)	147	Куприт
38	Блётит	93	Диаспор	148	Кутногорит
39	Борнит	94	Диккит	149	Лёд
40	Броккит	95	Диопсид	150	Лейкофосфит
41	Брукит	96	Диссаксит-(Ce)	151	Лепидокрокит
42	Бузерит	97	Доломит	152	Лизардит
43	Ванадинит	98	Дравит	153	Лиллианит
44	Веберит	99	Дюмортьерит	154	Ловерингит
45	Вермикулит	100	Жедрит	155	Маггемит
46	Вернадит	101	Золото	156	Магнезиогастингсит
47	Вивианит	102	Изоферроплатина	157	Магнезиогорнблендит
48	Виджецит	103	Иксиолит	158	Магнезиорибекит
49	Виоларит	104	Иллит	159	Магнезиоферригорнблендит
50	Висмутин	105	Ильменит	160	Магнезиофторарфведсонит
51	Вишневит	106	Ишикаваит	161	Магнезиохромит
52	Воджинит	107	Калийгастингсит	162	Магнетит
53	Вульфенит	108	Калиймагнезиогастингсит	163	Магнетит
54	Вюртцит	109	Калийпаргасит	164	Макарочкинит
55	Гадолинит-(Y)	110	Калийсаданагаит	165	Малахит

Окончание таблицы

166	Мантшеннит	224	Ртуть	282	Ферроактинолит
167	Мариалит	225	Рутениридосмин	283	Ферроферрибарруазит
168	Марказит	226	Рутил	284	Ферроферригорнблендит
169	Масутомилит	227	Саданагаит	285	Ферроферрикатофорит
170	Маухерит	228	Самарскит-(Y)	286	Ферроферритарамит
171	Медь	229	Сапонит	287	Ферроферричермакит
172	Мезолит	230	Свинец	288	Феррофторэденит
173	Мейонит	231	Свитцерит	289	Ферроэденит
174	Мелантерит	232	Свяжинит	290	Ферсмит
175	Мелковит	233	Сидерит	291	Фиброферрит
176	Мёссбауэрит	234	Силлиманит	292	Филлипсит-(K)
177	Микроклин	235	Синхизит-(Ce)	293	Флетчерит
178	Микролит	236	Сколецит	294	Флогопит
179	Миллерит	237	Содалит	295	Флюорит
180	Мирабилит	238	Спессартин	296	Форстерит
181	Митридатит	239	Ставролит	297	Фторapatит
182	Молибденит	240	Стибиотанталит	298	Фторорихтерит
183	Монацит-(La)	241	Стильбит	299	Фторфлогопит
184	Монацит-(Ce)	242	Стрональсит	300	Халькозин
185	Монголит	243	Стронцианит	301	Халькопирит
186	Монтмориллонит	244	Сфалерит	302	Хаттонит
187	Моттрамит	245	Тальк	303	Хизлевудит
188	Мусковит	246	Танталит-(Fe)	304	Хиолит
189	Наньпинит	247	Танталит-(Mn)	305	Хлорапатит
190	Нагролит	248	Тапиолит-(Fe)	306	Хондродит
191	Нагройрозит	249	Тенардит	307	Хризоберилл
192	Нефелин	250	Титанит	308	Хризоколла
193	Никелин	251	Тодорокит	309	Хризотил
194	Ниобэшинит-(Ce)	252	Томсенолит	310	Хромит
195	Нонтронит	253	Томсонит	311	Хромселадонит
196	Нордстрандит	254	Топаз	312	Целестин
197	Оленин	255	Торбастнезит	313	Цельзиан
198	Опал	256	Торианит	314	Церианит-(Ce)
199	Ортоклаз	257	Торит	315	Циркон
200	Паргасит	258	Торнебомит-(Ce)	316	Цирконолит
201	Пахнолит	259	Торнебомит-(La)	317	Цоизит
202	Пентландит	260	Торогуммит	318	Чевкинит-(Ce)
203	Пиккерингит	261	Требёрденит	319	Чералит
204	Пирит	262	Тремолит	320	Шабазит-(Ca)
205	Пироксмангит	263	Триплит	321	Шамозит
206	Пиролозит	264	Троилит	322	Шеелит
207	Пиросмалит-(Fe)	265	Уайтит-(CaMnMn)	323	Шерл
208	Пирофанит	266	Уранинит	324	Шпинель
209	Пирохлор	267	Уранмикролит	325	Шрейерит
210	Пирротин	268	Уранпирохлор	326	Шриланкит
211	Плюмбопирохлор	269	Ушковит	327	Эвальдит
212	Повеллит	270	Фенакит	328	Эвксенит-(Y)
213	Поллуцит	271	Фергусонит-(Ce)	329	Эгирин
214	Поляковит-(Ce)	272	Фергусонит-(Y)	330	Эденит
215	Прайсверкит	273	Фергусонит-бета-(Ce)	331	Элеонорит
216	Прозопит	274	Ферриалланит-(Ce)	332	Эльбаит
217	Пухерит	275	Феррибарруазит	333	Эльпасолит
218	Рабдофан-(La)	276	Ферривинчит	334	Энстатит
219	Рабдофан-(Ce)	277	Ферригидрит	335	Эпидот
220	Ральстонит	278	Феррикатофорит	336	Эпсомит
221	Рихтерит	279	Ферримолибдит	337	Эшинит-(Y)
222	Родохрозит	280	Ферритарамит	338	Эшинит-(Ce)
223	Романешит	281	Ферричермакит	339	Ярозит

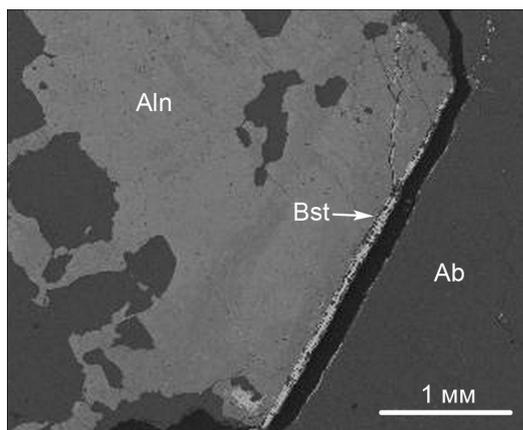


Рис. 1. Прожилочек бастнезита-(La) (Bst) на контакте алланита-(Ce) (Aln) и альбита (Ab).

BSE-фото А.В. Касаткина.

Fig. 1. Veinlet of bastnäsite-(La) (Bst) at the contact of allanite-(Ce) (Aln) and albite (Ab).

BSE-photo by A.V. Kasatkin.

с ним отмечаются кальцит, сидерит, барит, давсонит, стронцианит, канкринит, мусковит, ильменит. Размер зерен до 20 мкм (Макагонов, Котляров, 2017).

**Герсдорфит** NiAsS (gersdorffite) определен во внутренней зоне пятнистого зерна, состоящего из хизлевудита, герсдорфита, галенита на контакте хлорита с корундом из копи № 418 (Рассомахин, Котляров, 2018).

**Гидроксилапатит**  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  (hydroxylapatite) описан в виде включений в корунде в копи № 418 (Рассомахин, Котляров, 2018), где он образует кристаллы до 2 мм, отдельные зоны которых соответствуют также хлор- и фторапатиту.

**Гидроксилабастнезит-(Ce)**  $\text{Ce}(\text{CO}_3)(\text{OH})$  (hydroxylbastnäsite-(Ce)) описан в доломитовом карбонатит-пегматите из копи № 97, где образует отдельные участки в зернах бастнезита-(Ce) (Попов и др., 2020).

**Гидроксилахондродит**  $\text{Mg}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$  (hydroxylchondrodite) определен в агрегате хондродита коричневатого-оранжевого цвета, где образует отдельные участки, отличающиеся низким содержанием фтора (Попов и др., 2020).

**Грюнерит**  $\square\{\text{Fe}^{2+}_2\}\{\text{Fe}^{2+}_5\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$  (grunerite) описан в амфиболитах Ильменогорского комплекса, где он замещает ферричермакит, а также входит в состав псевдоморфоз по гранату совместно с биотитом, альбитом и магнетитом (Макагонов и др., 2018).

**Гумит**  $\text{Mg}_7(\text{SiO}_4)_3(\text{F},\text{OH})_2$  (humite) найден С.В. Колисниченко в начале 2010-х гг. в копи № 97 в виде оранжево-бурых тонкозернистых мономинер-

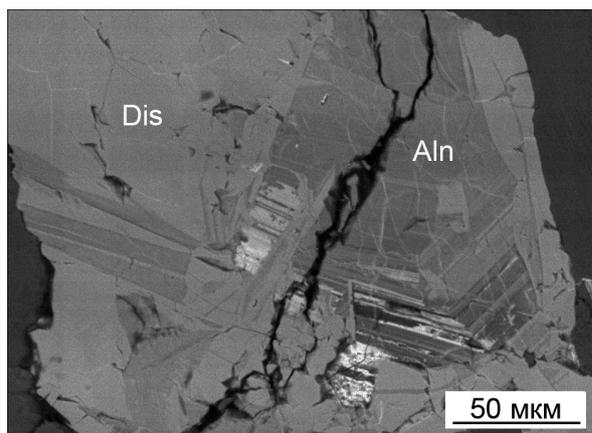


Рис. 2. Зонально-секториальный кристалл измененного алланита (?) (Aln) с диссакиситом-(Ce) (Dis).

BSE-фото В.А. Котлярова.

Fig. 2. Zonal-sectorial crystal of altered allanite (?) (Aln) with dissakisite-(Ce) (Dis).

BSE-photo by V.A. Kotlyarov.

ральных агрегатов. Диагностирован А.В. Касаткиным и Н.В. Чукановым. Химический состав минерала (мас. %): MgO 52.00, MnO 0.96, FeO 6.29, SiO<sub>2</sub> 35.62, TiO<sub>2</sub> 0.68, F 5.58, H<sub>2</sub>O 0.96, O = F -2.35, сумма 99.74. Эмпирическая формула (расчет на 14 анионов):  $\text{Mg}_{6.46}\text{Fe}_{0.44}\text{Mn}_{0.07}\text{Si}_{2.97}\text{Ti}_{0.04}\text{O}_{12}(\text{F}_{1.47}(\text{OH})_{0.53})_2$ . Параметры ромбической элементарной ячейки:  $a = 10.271(6)\text{Å}$ ,  $b = 20.854(11)\text{Å}$ ,  $c = 4.748(3)\text{Å}$ ,  $V = 1017(1)\text{Å}^3$  (монокристалльные рентгеновские данные). Основные линии ИК спектра: 397, 410 (плечо), 425 (плечо), 482, 536, 613, 694, 756, 804, 847, 889, 957, 993, 3386, 3560, 3567, 3630 см<sup>-1</sup>.

**Давсонит**  $\text{NaAl}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  (dawsonite) определен в цеолитизированных миаскитах, где наблюдается в виде включений до 20 мкм в натролите, кальците, канкрините. Ассоциирует с бербанкитом, сидеритом, кальцитом и другими минералами (Макагонов, Котляров, 2017).

**Диссакисит-(Ce)**  $\{\text{CaCe}\}\{\text{Al}_2\text{Mg}\}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$  (dissakisite-(Ce)) образует внешние зоны и пятна в центральной области зонально-секториального кристалла, сложенного, вероятно, измененным минералом группы алланита (рис. 2) (Рассомахин, Котляров, 2018).

**Калийферроферрисаданагаит**  $\text{KCa}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)(\text{Si}_5\text{Al}_3)\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  (potassic-ferro-ferri-sadanaite) найден и описан в качестве нового минерала А.Г. Баженовым с соавторами (1999) под названием «калийферрисаданагаит». Является породообразующим минералом плагиосиенитов, щелочных сиенитов и, в единичных случаях, тесно ассоциирующих с ними нефелиновых сиенитов. По устному

сообщению И.В. Пекова, точное место находки минерала – северный борт р. Демидовка на восточном контакте Ильменогорского комплекса. Амфибол образует короткопризматические зерна и пойкилокристаллы черного цвета, достигающие 0.3–0.5 см, иногда до 2 см, в ассоциации с K,Na-полевым шпатом, олигоклазом, нефелином, гранатом (гроссуляр–андрадит), фторапатитом, алланитом-(Ce) и титанитом. В соответствии с действующей номенклатурой амфиболов (Hawthorne et al., 2012) переименован в калийферроферритсиданагаит.

**Калийферроферриттарамит**  $K(\text{CaNa})(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH})_2$  (potassic-ferro-ferri-taramite) определен в сиенитах экзоконтактной зоны миаскитового массива и миаскитах Ильменогорского комплекса (Макагонов и др., 2018).

**Кармайклит**  $(\text{Ti,Cr})\text{O}_3(\text{OH})$  (carmichaelite) предположительно установлен в виде включения размером порядка 50 мкм в поляковите-(Ce) на контакте с хромитом, копь № 97, сборы С.В. Колисниченко 2019 г. (Попов и др., 2020).

**Катаплеит**  $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (catapleiite) в виде зерна размером  $340 \times 160$  мкм обнаружен в крупнозернистом мезократовом миаските в керне структурной скважины С-2000 на глубине 1898.5 м. Миаскит интенсивно цеолитизирован. Большая часть вмещающей породы представляет собой анальцим-натролитовый агрегат с включениями барита, анкилита (Макагонов и др., 2017).

**Магнезиоферригорнблендит**  $\square\{\text{Ca}_2\}\{\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+}\}(\text{AlSi}_7\text{O}_{22})(\text{OH})_2$  (magnesio-ferri-hornblende) является одним из самых распространенных амфиболов в амфиболитах Ильменогорского комплекса, вскрытых структурной скважиной С-2000 (Макагонов и др., 2018). Магнезиоферригорнблендит относится к так называемым «названным амфиболам», т.е. он «официализирован» в качестве минерального вида не на основании формального утверждения Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов ММА, а на основании соответствия его химического состава названию, составленному по правилам действующей номенклатуры амфиболов (Hawthorne et al., 2012).

**Мантьеннеит**  $\text{KMg}_2\text{Al}_2\text{Ti}(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$  (mantienneite), Mg-Al-доминантный аналог беньякарита, обнаружен А.В. Касаткиным в результате доизучения оригинальных образцов с «матвеевитом» (= беньякаритом) из гранитного пегматита копи № 232. В этих же образцах И.В. Пековым ранее был диагностирован полккеррит – Mg-доминантный аналог беньякарита (Никандров и др., 2017). Состав

вы, отвечающие мантьеннеиту, установлены в краевых частях зерен полккеррита. Мантьеннеит содержит (мас. %, содержание  $\text{H}_2\text{O}$  рассчитано по стехиометрии):  $\text{K}_2\text{O}$  4.96,  $\text{MgO}$  4.67,  $\text{MnO}$  6.72,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  7.23,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5.84,  $\text{TiO}_2$  8.86,  $\text{P}_2\text{O}_5$  30.17,  $\text{H}_2\text{O}$  31.77, сумма 100.22. Эмпирическая формула (расчет на 34 атома O):  $\text{K}_{0.99}(\text{Mg}_{1.08}\text{Mn}_{0.89})_{1.97}(\text{Al}_{1.33}\text{Fe}^{3+}_{0.68})_{2.01}\text{Ti}_{1.04}\text{P}_{3.98}\text{O}_{16}(\text{OH})_3 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$ .

**Монголит**  $\text{Ca}_4\text{Nb}_6\text{Si}_5\text{O}_{24}(\text{OH})_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (mongolite) обнаружен в сиенит-пегматитах в фенитизированной зоне экзоконтакта миаскитового массива (глубины 398.3 и 416.0 м). Он образует псевдоморфозы по ниобосиликатам, которые обрастали пирохлором. Макроскопически монголит имеет буровато-желтый цвет и жирный блеск и практически неотличим от пирохлора (Макагонов и др., 2017).

**Никелин**  $\text{NiAs}$  (nickeline) образует кристаллы ромбического сечения до 20 мкм в хлорите и в турмалине из копи № 418 (Рассомахин, Котляров, 2018).

**Поллуцит**  $(\text{Cs,Na})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (pollucite) отсутствует в кадастре 2017 г., но минерал установлен В.О. Поляковым в 1980 г. в амазонитовом пегматите копи № 70.

**Прайсверкит**  $\text{NaMg}_2\text{Al}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  (preiswerkite) образует кайму мощностью 10–20 мкм на границе шпинели и флогопита в парагенезисе с корундом из копи № 97 (Попов и др., 2020).

**Торбастнезит**  $\text{ThCa}(\text{CO}_3)_2\text{F}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (thorbastnäsite) диагностирован А.В. Касаткиным при электронно-зондовом исследовании алланита-(Ce), найденного в 2006 г. А.М. Кузнецовым в дорожной выемке на участке Южный Горняк–Новоандреевка. В настоящее время это место находится за пределами заповедника, но ранее входило в него. С точки зрения геологии участок является продолжением Ильменогорского комплекса. Торбастнезит слагает редкие зерна округлой формы диаметром до 50 мкм на контакте алланита-(Ce) и кальцита (рис. 3). Химический состав минерала (мас. %, содержание  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  рассчитано по стехиометрии):  $\text{CaO}$  11.18,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.64,  $\text{La}_2\text{O}_3$  1.12,  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  2.06,  $\text{CO}_2$  17.95,  $\text{ThO}_2$  49.87,  $\text{H}_2\text{O}$  11.02,  $\text{F}$  7.20,  $\text{O} = \text{F} - 3.03$ , сумма 98.01 (аналитики Р. Шкода и А.В. Касаткин). Эмпирическая формула (расчет на  $\text{C}_2\text{O}_6$  и три молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ ):  $(\text{Th}_{0.93}\text{Ca}_{0.98}\text{Ce}_{0.06}\text{La}_{0.03}\text{Al}_{0.06})_{\Sigma 2.06}(\text{CO}_3)_2\text{F}_{1.86} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

**Торнебомит-(Ce)**  $\text{Ce}_2\text{Al}(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$  (törnebohmite-(Ce)) и **торнебомит-(La)**  $\text{La}_2\text{Al}(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$  (törnebohmite-(La)) установлены А.В. Касаткиным среди аксессуарных минералов сандыита Ильменогорского миаскитового массива, описанного в

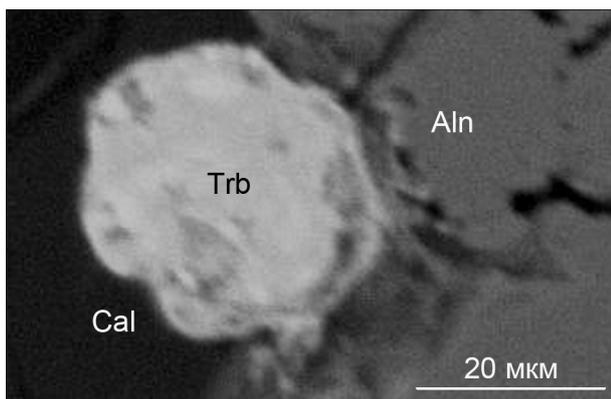


Рис. 3. Зерно торбастнезита (Trb) на границе алланиита-(Ce) (Aln) и кальцита (Cal).

BSE-фото А.В. Касаткина.

Fig. 3. Thorbastnäsite (Trb) grain at the contact of allanite-(Ce) (Aln) and calcite (Cal).

BSE-photo by A.V. Kasatkin.

статье (Медведева и др., 2016). Химически неоднородный в отношении Ce : La торнебомит встречен в виде мелких (до 30 мкм) зерен на контакте нефелина, титанита и кальцита. Состав минералов (мас. %, содержание H<sub>2</sub>O рассчитано по стехиометрии): торнебомит-(Ce)/торнебомит-(La): CaO 3.90/4.56, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27.01/28.95, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 28.26/26.11, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.36/2.67, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10.84/10.96, SiO<sub>2</sub> 24.42/24.02, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.04/1.63, сумма 99.71/100.80. Эмпирические формулы (расчет на девять атомов O) торнебомита-(Ce) (Ce<sub>0.83</sub>La<sub>0.80</sub>Nd<sub>0.07</sub>Ca<sub>0.33</sub>)<sub>2.03</sub>Al<sub>1.02</sub>(Si<sub>1.96</sub>P<sub>0.07</sub>)<sub>2.03</sub>O<sub>8</sub>(OH) и торнебомита-(La) (La<sub>0.84</sub>Ce<sub>0.76</sub>Nd<sub>0.08</sub>Ca<sub>0.39</sub>)<sub>2.07</sub>Al<sub>1.02</sub>(Si<sub>1.90</sub>P<sub>0.11</sub>)<sub>2.01</sub>O<sub>8</sub>(OH).

**Уайтит-(CaMnMn)** CaMn<sup>2+</sup>Mn<sup>2+</sup>Al<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O (whiteite-(CaMnMn)) установлен А.В. Касаткиным в образцах с бенякаритом-полкертритом-мантьеннеитом из гранитного пегматита копи № 232. Химический состав минерала (мас. %, отношение Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> рассчитано по балансу зарядов, содержание H<sub>2</sub>O – по стехиометрии): MgO 3.29, CaO 6.23, MnO 16.99, FeO 1.42, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.42, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11.12, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 34.39, H<sub>2</sub>O 19.66, сумма 99.52. Эмпирическая формула (расчет на четыре атома P и 26 атомов O): Ca<sub>0.92</sub>Mn<sub>1.00</sub>(Mn<sub>0.98</sub>Mg<sub>0.67</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.19</sub>Fe<sup>2+</sup><sub>0.16</sub>)<sub>2.00</sub>(Al<sub>1.04</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.96</sub>)<sub>2.00</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O.

**Ферриалланит-(Ce)** CaCe(Fe<sup>3+</sup>AlFe<sup>2+</sup>)(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(SiO<sub>4</sub>)O(OH) (ferriallanite-(Ce)) установлен А.В. Касаткиным при электронно-зондовом исследовании образцов из копи № 12-IV сборов сотрудников музея ИГЗ (Т.П. Нишанбаев и др.) 2012 г. Минерал образует корки из мелких черных кристаллов раз-



Рис. 4. Корка кристаллов ферриалланита-(Ce) на альбите.

Фото М.А. Рассомахина

Fig. 4. Crust of ferriallanite-(Ce) crystals on albite.

Photo by M.A. Rassomakhin.

мером до 2 мм на друзе крупных кристаллов альбита (рис. 4). Химический состав минерала (мас. %, отношение Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> рассчитано по балансу зарядов, содержание H<sub>2</sub>O – по стехиометрии): CaO 9.70, MnO 1.61, FeO 10.98, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9.95, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11.24, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11.06, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.54, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.29, SiO<sub>2</sub> 30.11, H<sub>2</sub>O 1.52, сумма 102.27 (аналитики Р. Шкода и А.В. Касаткин). Эмпирическая формула минерала (расчет на три атома Si и 13 атомов O): (Ca<sub>1.02</sub>Ce<sub>0.49</sub>La<sub>0.40</sub>Nd<sub>1.99</sub>)<sub>2.03</sub>(Al<sub>1.16</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.83</sub>Fe<sup>2+</sup><sub>0.91</sub>Mn<sub>0.13</sub>)<sub>3.03</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(SiO<sub>4</sub>)O(OH).

**Ферроферрибаррузит** □(NaCa)(Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>(Si<sub>7</sub>Al)O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub> (ferro-ferri-barroisite) установлен И.В. Пековым по результатам электронно-зондового анализа протолочки зерен черного цвета из копи № 400, отобранных Л.А. Паутовым в начале 1990-х гг. Эмпирическая формула так называемого «названного амфибола» K<sub>0.15</sub>(Na<sub>0.50</sub>K<sub>0.10</sub>Ca<sub>1.40</sub>)(Fe<sup>2+</sup><sub>2.23</sub>Mg<sub>0.91</sub>Mn<sub>0.16</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>1.31</sub>Ti<sub>0.20</sub>Al<sub>0.19</sub>)<sub>Σ5.00</sub>(Si<sub>6.55</sub>Al<sub>1.45</sub>O<sub>22</sub>)(OH)<sub>1.88</sub>Cl<sub>0.12</sub>.

**Ферроферригорнблендит** □Ca<sub>2</sub>(Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>(AlSi<sub>7</sub>O<sub>22</sub>)(OH)<sub>2</sub> (ferro-ferri-hornblende) отмечен в гнейсах Ильменогорского комплекса (Макагонов и др., 2018).

**Ферроферрикатофорит** Na(NaCa)(Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>(Si<sub>7</sub>Al)O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub> (ferro-ferri-katophorite) обнаружен совместно с эденитом в фенитовом ореоле миаскитового массива Ильменогорского комплекса (Макагонов, 2018).

**Ферроферритарамит** Na(CaNa)(Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>(Al<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>22</sub>)(OH)<sub>2</sub> (ferro-ferri-taramite) описан в работе (Медведева и др., 2016) как «ферритарамит» в сандыитах южной оконечности миаскитового массива. Также относится к «названным амфиболам».

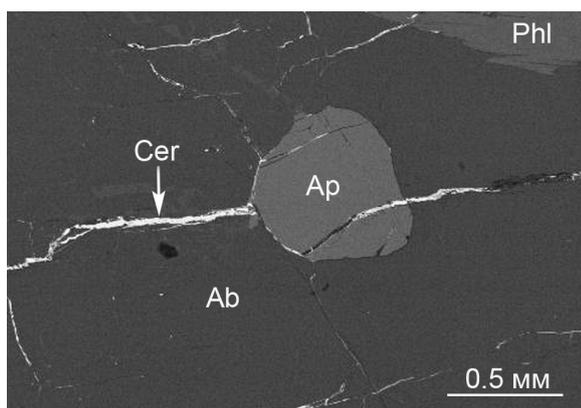


Рис. 5. Прожилки церианита-(Ce) (Cer) в альбите (Ab) в ассоциации с фторапатитом (Ap) и флогопитом (Phl).

BSE-фото А.В. Касаткина.

Fig. 5. Veinlet of cerianite-(Ce) (Cer) in albite (Ab) with fluorapatite (Ap) and phlogopite (Phl).

BSE-photo by A.V. Kasatkin.

**Ферроферричермакит**  $\square \{Ca_2\} \{Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2\} (Al_2Si_6O_{22})(OH)_2$  (ferro-ferri-tschermakite) описан в работе (Никандров и др., 2000) как «ферриферрочермакит».

**Фторфлогопит**  $KMg_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$  (fluorophlogopite) обнаружен М.А. Рассомахиным в копи № 210, где минерал образует шпировидные скопления черных пластинок в полевошпатовом пегматите близ контакта жилы (Рассомахин и др., 2020).

**Хромселадонит**  $KCrMg(Si_4O_{10})(OH)_2$  (chromseladonite) в виде таблитчатых зерен выявлен среди синтаксических сростков паризита-(Ce) и бастнезита-(Ce) в кальцит-доломитовом карбонатит-пегматите копи № 97 (Попов и др., 2020).

**Церианит-(Ce)**  $CeO_2$  (cerianite-(Ce)) гипергенного происхождения обнаружен А.В. Касаткиным при электронно-зондовом исследовании алланита-(Ce) из копи № 28 из фондов музея ИГЗ. Церианит-(Ce) развивается по бастнезиту-(La), выполняя порошковатые прожилки мощностью до 100 мкм, в алланите-(Ce) и альбите с фторапатитом, флогопитом, торитом и другими акцессорными минералами (рис. 5). В химическом составе минерала установлен только Ce. Полное отсутствие других РЗЭ говорит о разделении лантаноидов и окислении Ce до 4-х валентного состояния.

**Цирконолит**  $CaZrTi_2O_7$  (zirconolite) встречается в виде мелких выделений в флогопит-доломитовой породе копи № 97 совместно с монацитом, цирконом, поляковитом, ильменитом и хромитом (Попов и др., 2020).

**Шриланкит**  $ZrTi_2O_6$  (srilankite) в сростании с ферроколумбитом и торинитом в виде зерна размером около 15 мкм найден М.А. Рассомахиным в виде вроска в нефелин в копи № 210 (Рассомахин и др. 2020).

**Эвальдит**  $(Ba,Sr)(Na,Ca,Y,Ce)(CO_3)_2 \cdot nH_2O$  (ewaldite) встречается в керне скважины С-2000 в цеолитизированном среднезернистом миаските в виде вкрапленных до 30 мкм и до  $220 \times 160$  мкм в амфибол-биотит-полевошпатовой породе с анальцимом, натролитом, кальцитом, баритокальцитом, бербанкитом и другими минералами (Макагонов, Котляров, 2017).

**Элеонорит**  $Fe^{3+}_6(PO_4)_4(OH)_4 \cdot 6H_2O$  (eleonorite) установлен И.В. Пековым (микрозонд + ИКС) в образце из фондов музея ИГЗ, найденном Б.В. Чесноковым в 1979 г. в копи № 232. Минерал в тесном сростании с беруанитом образует зеленовато-коричневые волокнистые агрегаты в окисленном триплите с кварцем.

## Литература

- Баженов А.Г., Баженова Л.Ф., Кринова Т.В., Хворов П.В.** (1999) Калийферрисадаанагаит  $(K,Na)Ca_2(Fe^{2+},Mg)_3(Fe^{3+},Al)_2[Si_5Al_3O_{22}](OH)_2$  - новый минеральный вид в группе амфиболов (Ильменские горы, Ю. Урал). Записки РМО. **128(4)**, 50–55
- Кобяшев Ю.С., Никандров С.Н., Вализер П.М.** (2000). Минералы Ильменских гор. Миасс, ИГЗ УрО РАН, 119 с.
- Крыжановский В.И.** (1949) История изучения Ильменских гор. *Минералы Ильменского заповедника*. М.–Л., АН СССР, 7–76.
- Макагонов Е.П., Котляров В.А.** (2017) Карбонаты РЗЭ, Ва, Sr и Na в миаскитах Ильменского массива (Южный Урал). *Минералогия*, **3(2)**, 22–29.
- Макагонов Е.П., Котляров В.А., Муфтахов В.А.** (2017) Оксиды и силикаты редких и редкоземельных элементов в щелочных породах Ильменского массива (Южный Урал). *Минералогия*, **3(3)**, 14–27.
- Макагонов Е.П., Котляров В.А., Кориневский Е.В.** (2018) Амфиболы щелочных пород Ильменского массива и вмещающих метаморфических пород, Южный Урал. *Минералогия*, **4(3)**, 8–26.
- Медведева Е.В., Немов А.Б., Котляров В.А.** (2016) Банальсит-стрональсит из сандыта Ильменского массива (Южный Урал). *Минералогия*. **2(1)**, 3–8.
- Никандров С.Н., Рассомахин М.А., Нишанбаев Т.П.** (2017) Список минералов Ильменских гор (на 2017 г.). *Минералогия*, **3(1)**, 52–60.
- Паллас П.С.** (1786) Путешествие по разным провинциям Российского Государства. Часть вторая. Книга первая. СПб, Имп. АН. 476 с.

**Попов В.А., Попова В.И.** (2006). Минералогия пегматитов Ильменских гор. *Минералогический Альманах*, Т. 9. М., Экост, 152 с.

**Попов В.А., Рассомахин М.А., Колисниченко С.В.** (2020) Уникальное проявление поляковита-(Ce) в Ильменских горах, Южный Урал – новые находки. *Минералогия*, 6(1), 17–32.

**Рассомахин М.А., Котляров В.А.** (2018) Минералогия включений в корунде из копи № 418 (Ильменский заповедник, Южный Урал). *Минералогия*, 4(3), 27–35.

**Рассомахин М.А., Сорокина Е.С., Сомсикова А.В.** (2020) Минералого-геохимические особенности корундового миаскит-пегматита копи № 210 (Ильменские горы, Южный Урал): предварительные результаты. *Минералогия*. 6(2), 38–54.

**Hawthorne F.C., Oberti R., George E.G.E., Harlow G.E., Maresch W.V., Martin R.F., Schumacher J.C., Welch M.D.** (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97(11–12), 2031–2048.

**Hermann B.F.** (1789) Versuch einer mineralogischen Beschreibung des Uralischen Erzgebirges. Berlin–Stettin. Bd. 1. 430 S.; Bd. 2. 464 S.

## References

**Hawthorne F.C., Oberti R., George E.G.E., Harlow G.E., Maresch W.V., Martin R.F., Schumacher J.C., Welch M.D.** (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97(11–12), 2031–2048.

**Hermann B.F.** (1789) [Attempt at a mineralogical description of the Uralic ore mountains]. Berlin–Stettin. Vol. 1. 430 p.; Vol. 2. 464 p. (in German)

**Kobyashev Yu.S., Nikandrov S.N., Valizer P.M.** (2000). [Minerals of the Ilmeny Mountains]. Miass, IGZ UrO RAN, 119 p. (in Russian)

**Kryzhanovskiy V.I.** (1949) [History of the Ilmeny Mountains]. *Mineraly Il'menskogo zapovednika [Minerals of the Ilmeny Reserve]*. Moscow–Leningrad, AN SSSR, 7–76. (in Russian)

**Makagonov E.P., Kotlyarov V.A.** (2017) [REE, Ba, Sr and Na carbonates in miaskites of the Ilmenogorsky block (South Urals)]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 3(2), 22–29. (in Russian)

**Makagonov E.P., Kotlyarov V.A., Muftakhov V.A.** (2017) [Oxides and silicates of rare and rare-earth elements in alkaline rocks of the Ilmenogorsky block (Southern Urals)]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 3(3), 14–27. (in Russian)

**Makagonov E.P., Kotlyarov V.A., Korinevskiy E.V.** (2018) [Amphiboles of alkaline rocks of the Ilmenogorsky complex and country metamorphic rocks, South Urals]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 4(3), 8–26. (in Russian)

**E.V. Medvedeva, A.B. Nemov, V.A. Kotlyarov** [Banalsite–stronalsite from sandyites of the Ilmenogorsky miaskite massif (South Ural)]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 2(1), 3–8. (in Russian)

**Nikandrov S.N., Rassomakhin M.A., Nishanbaev T.P.** (2017) [List of minerals of the Ilmeny Mountains (data for 2017)]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 3(1), 52–60. (in Russian)

**Pallas P.S.** (1786) [Travel to various provinces of Russia. Part two. Book one]. St. Petersburg, Imp. AN. 476 p. (in Russian)

**Popov V.A., Popova V.I.** (2006) [Mineralogy of pegmatites of the Ilmeny Mountains]. *Mineralogicheskii Almanakh [Mineralogical Almanac]*, Vol. 9. Moscow, Ekost, 156 p. (in Russian)

**Popov V.A., Rassomakhin M.A., Kolisnichenko S.V.** [A unique ore locality of polyakovite-(Ce) in the Ilmeny Mountains, South Urals – new finds]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 6(1), 17–32. (in Russian)

**Rassomakhin M.A., Kotlyarov V.A.** (2018) [Mineralogy of inclusions in corundum from mine no. 418 (Ilmeny Reserve, the Southern Urals)]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 4(3), 27–35. (in Russian)

**Rassomakhin M.A., Sorokina E.S., Somsikova A.V.** [Mineralogical-geochemical features of corundum miaskite-pegmatite from mine no. 210 (Ilmeny mountains, South Urals): preliminary results]. *Mineralogiya [Mineralogy]*, 6(2), 38–54. (in Russian)

*Статья поступила в редакцию 1 июня 2020 г.*