

НИЗКОТИТАНИСТЫЙ КЕРСУТИТ И ГАСТИНГСИТ В ОЛИВИНОВЫХ ГАББРО-НОРИТ-ДОЛЕРИТАХ СИЛЛООБРАЗНОГО ИНТРУЗИВА У РЕКИ БОДРАК (ПЕРВОМАЙСКО-АЮДАГСКИЙ КОМПЛЕКС, ГОРНЫЙ КРЫМ) И В ЛАМПРОФИРАХ СРЕДИ НИХ

Э.М. Спиридонов, С.В. Филимонов, М.Ю. Никитин,
Н.Н. Кривицкая, студ. Г.Н. Овсянников

1. Московский гос. Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
ernstspiridon@gmail.com

Интрузивы базитового среднеюрского (раннебайосского) Первомайско-Аюдагского интрузивного комплекса ПАИК – островодужной плагиоцерцолит – габбро-норит-долерит – габбро-норит-диорит – кварцеводиорит – плагиогранитной формации – наиболее распространённые магматические образования в мезозоидах Горного Крыма (Спиридонов и др., 1990, 2018, 2019а, 2019б). Интрузивы ПАИК внедрились в сложно дислоцированные флишевые толщи $T_2 - J_1$ как южной Горно-Крымской структурной зоны, так и северной Лозовской структурной зоны киммерид Горного Крыма (Муратов, 1973; Милеев и др., 2009). Особенности интрузивных пород ПАИК – обилие анортита и битовнита, ромбических пироксенов; смена раннемагматических оливин + хромшпинелиды - Mg пироксенами + анортит; более поздними пироксенами + битовнит + Mg ильменит, ещё более поздними Fe пироксенами + лабрадор + титаномагнетит + ильменит; наиболее поздними Fe пироксенами + андезин, самым поздним кварцем + олигоклаз + биотит. Гидроксилсодержащих минералов в магматических породах ПАИК – биотита и амфиболов очень мало, хотя, как известно, островодужные магмы насыщены водой (Заварицкий, 1955; Ярошевский, 2004).

Существенные количества магматических амфиболов в маломощных жилах лампрофиров (спессартитов) среди силлообразного тела «диабазов» у реки Бодрак (так называемый силл Лебединского) установил В.И. Лебединский (1962). По нашим данным, это интрузивное тело сложено оливиновыми габбро-норит-долеритами и окружено маломощным ореолом экзоконтактового метаморфизма. Заметная вкрапленность магматических амфиболов и жилы лампрофиров (рис. 1), богатых амфиболами, развиты только в одном участке, - там, где силлообразный интрузив резко меняет простирание и пересекает под углом около 90° песчаники и алевролиты таврической серии. Причём



Рис. 1. Силлообразный интрузив оливиновых габбро-норит-долеритов у реки Бодрак, Крым. Жилы керсутит-гастингситовых лампрофиров (тёмные) среди габброидов в центре тела.

силлообразного интрузива оливиновых габбро-норит-долеритов у реки Бодрак, Крым

Примечания. Количество FeO и Fe₂O₃ рассчитано по стехиометрии; нпо – ниже предела обнаружения. Cr, Ni, Zn, F – не обнаружены

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	39.83	39.38	39.81	39.57	40.38	39.57	41.57	41.19
Al ₂ O ₃	12.90	13.50	13.41	13.31	12.45	13.05	11.08	11.63
TiO ₂	4.37	4.32	4.32	4.10	4.17	4.07	3.06	3.08
V ₂ O ₃	0.17	0.18	0.15	0.26	0.18	0.18	нпо	нпо
Fe ₂ O ₃	1.68	3.13	1.19	1.28	4.13	2.77	3.85	5.25
FeO	10.81	9.96	11.84	11.91	10.26	11.45	13.28	12.84
MnO	0.16	0.17	0.14	0.17	0.24	0.25	0.39	0.38
MgO	12.48	12.38	11.88	11.84	12.27	11.72	10.45	10.46
Sc ₂ O ₃	0.15	0.11	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	нпо
CaO	11.55	11.28	11.29	11.48	11.30	11.36	10.49	10.59
SrO	0.88	0.79	0.98	0.83	0.70	0.79	0.90	0.88
Y ₂ O ₃	0.66	0.65	0.80	0.47	0.40	0.72	0.56	0.59
Na ₂ O	2.32	2.48	2.23	2.49	2.34	2.29	2.37	2.45
K ₂ O	0.70	0.79	0.78	0.77	0.74	0.71	0.76	0.80
Cl	0.03	нпо	0.05	0.03	нпо	нпо	0.08	0.11
Сумма – O = Cl ₂	98.68	99.12	99.02	98.64	99.63	99.03	98.91	99.44

простираение секущих жил лампрофиров соответствует простиранию основного тела габброидов. Контакты жил лампрофиров отчётливые, но не резкие, - «горячие» (рис. 2). Очевидно, что в месте резкого изгиба тела габброидов была «сброшена» накопленная магматическая вода, которая фиксирована в составе магматических амфиболов – керсутите и гастингсите (рис. 2-5, таблица). Наиболее магнезиальный керсутит (ан. 1-4, таблица) слагает центральные части кристаллов амфибола коричневого цвета, несколько более железистый керсутит (ан. 5-6) – промежуточные зоны, гастингсит (ан. 7-8) – внешние зоны.

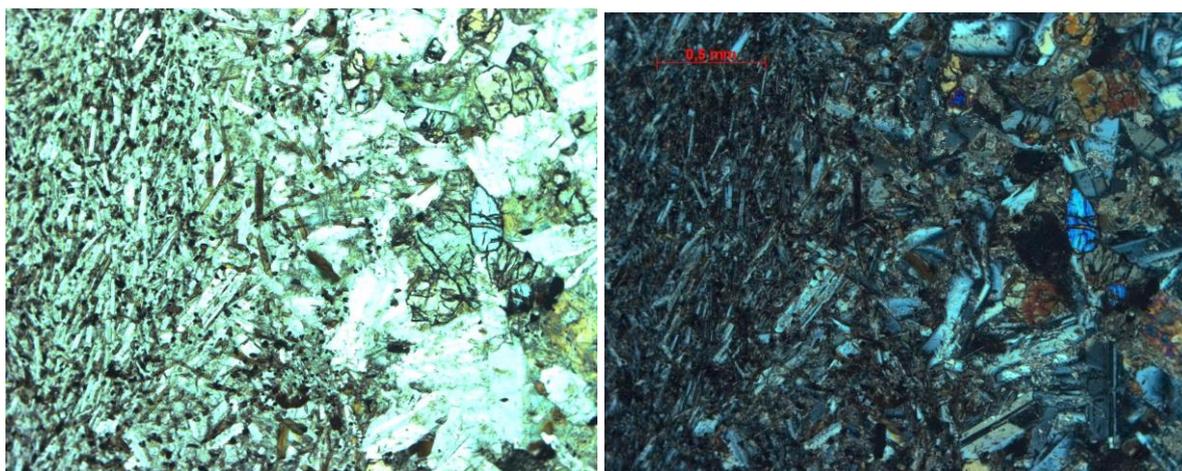


Рис. 2. Силлообразный интрузив оливиновых габбро-норит-долеритов у реки Бодрак, Крым. «Горячий» контакт керсутит-гастингситовых лампрофиров и габброидов. В проходящем свете, слева – при 1 николе, справа – николи х.

Продолжение таблицы. Число атомов в формуле керсутита (1-6) и гастингсита (7-8)

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8
Si	5.909	5.809	5.898	5.887	5.929	5.873	6.218	6.098
Al ^{IV}	2.091	2.181	2.102	2.113	2.071	2.127	1.782	1.902
сумма	8							
Ti	0.487	0.479	0.480	0.459	0.460	0.455	0.344	0.343
Fe ³⁺	0.186	0.333	0.133	0.143	0.436	0.310	0.435	0.530
Fe ²⁺	0.143	-	0.129	0.146	-	0.058	0.050	-
Al ^{VI}	0.163	0.167	0.240	0.221	0.083	0.156	0.171	0.127
V	0.021	0.021	0.018	0.031	0.021	0.021	-	-
сумма	1							
Mg	2.760	2.782	2.624	2.625	2.675	2.592	2.329	2.306
Fe ²⁺	1.199	1.228	1.338	1.336	1.260	1.364	1.611	1.589
Fe ³⁺	-	0.015	-	-	0.021	-	-	0.056
Mn	0.021	0.021	0.018	0.021	0.029	0.032	0.049	0.049
Sc	0.020	0.014	0.020	0.018	0.015	0.012	0.011	-
сумма	4							
Ca	1.836	1.782	1.792	1.830	1.778	1.807	1.682	1.679
Sr	0.076	0.068	0.085	0.072	0.060	0.068	0.078	0.076
Y	0.034	0.051	0.063	0.038	0.031	0.058	0.045	0.046
сумма	1.946	1.901	1.940	1.950	1.869	1.933	1.805	1.801
Na	0.668	0.711	0.640	0.718	0.667	0.660	0.688	0.704
K	0.133	0.149	0.148	0.146	0.139	0.134	0.145	0.151
сумма	0.801	0.860	0.788	0.864	0.806	0.794	0.833	0.855
OH	1.993	2.000	1.988	1.993	2.000	2.000	1.979	1.972
Cl	0.007	-	0.012	0.007	-	-	0.021	0.028
сумма	2							
f	36.0	37.1	38.2	39.0	39.5	40.5	47.9	49.1

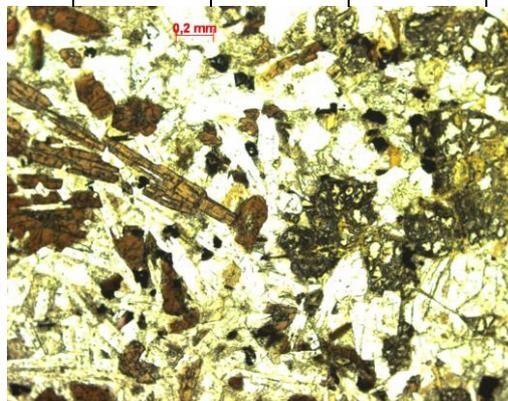


Рис. 3. «Горячий» контакт керсутит-гастингситовых лампрофиров и габброидов. В проходящем свете при 1 никеле.

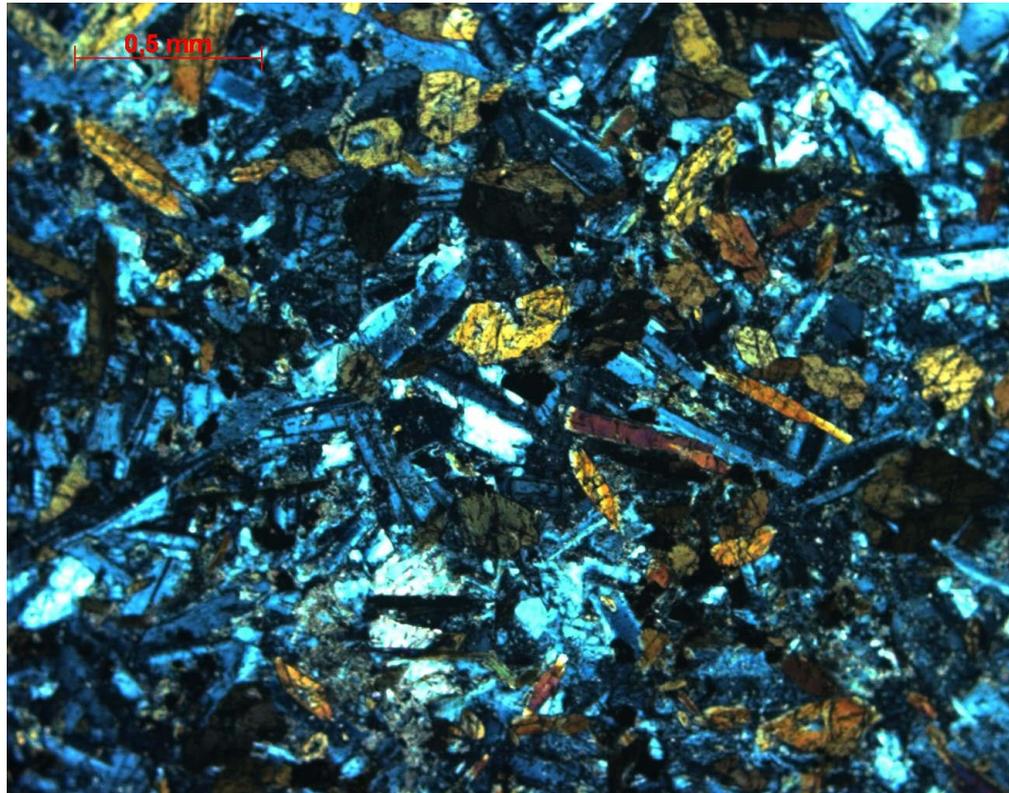
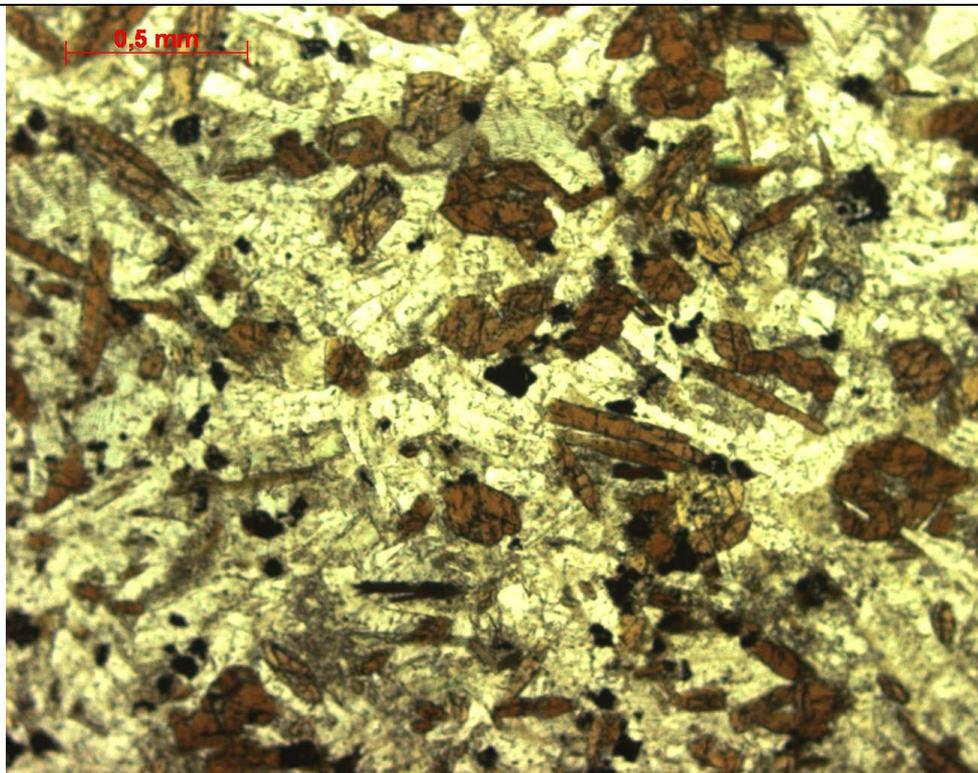


Рис. 4. Силлообразный интрузив оливиновых габбро-норит-долеритов у реки Бодрак, Крым. Керсутит-гастингситовые лампрофиры из жилы среди габброидов. В проходящем свете, сверху – при 1 никеле, внизу – при скрещенных николях.

Состав главных типов магматических амфиболов по (Leake et al., 2003):

- паргасит - $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- гастингсит - $\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Ti})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- керсутит - $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Ti}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}](\text{OH}, \text{O})_2$

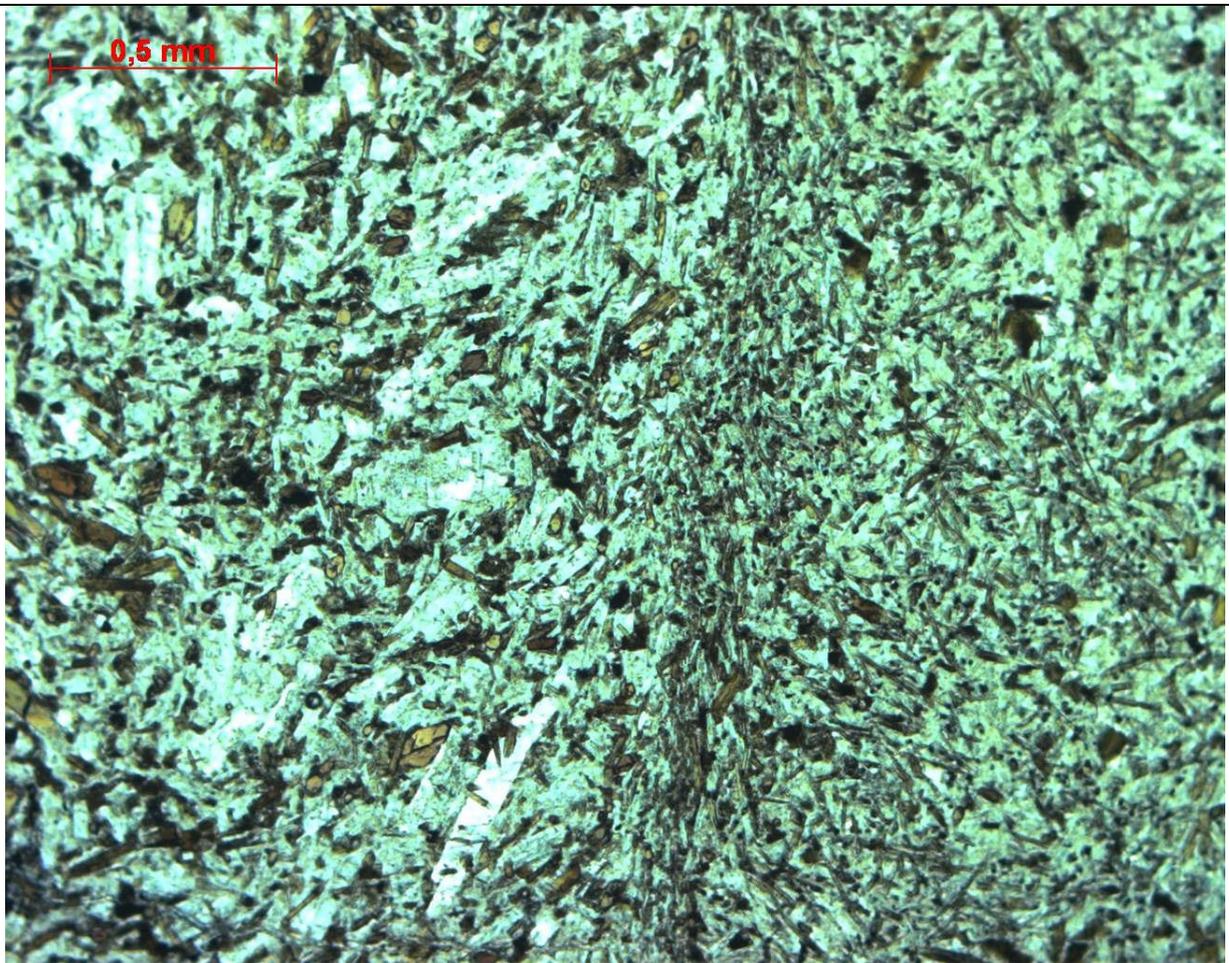


Рис. 5. Силлообразный интрузив оливиновых габбро-норит-долеритов у реки Бодрак, Крым. Два поколения жил керсутит-гастингситовых лампрофиров в габброидах. Отчётливо проявлена флюиальность. В проходящем свете при 1 никеле.

Обогащённый титаном магматический амфибол керсутит - характерный минерал щелочных магматических пород (Заварицкий, 1955; Sørensen, 1997; Philpotts, Ague, 2009). Низкотитанистый керсутит наблюдался нами в целом ряде известково-щелочных габброидов Казахстана и Урала. И в данном крымском варианте наблюдается развитие низкотитанистого керсутита в магматических породах известково-щелочного типа. Состав бодракского керсутита – $(\text{Na}_{0.64-0.72}\text{K}_{0.13-0.15})_{0.79-0.86} (\text{Ca}_{1.78-1.84}\text{Sr}_{0.06-0.09}\text{Y}_{0.03-0.06})_{1.87-1.95} (\text{Mg}_{2.59-2.78}\text{Fe}^{2+}_{1.20-1.36}\text{Mn}_{0.02}\text{Sc}_{0.01-0.02})_4 (\text{Ti}_{0.46-0.49}\text{Fe}^{3+}_{0.31-0.44}\text{Al}_{0.08-0.24})_1 [(\text{Al}_{2.19-2.07}\text{Si}_{5.81-5.93})_8\text{O}_{22}] (\text{OH}_{1.99-2} \text{Cl}_{0.01-0})_2$; железистость этого амфибола – 36.6-40.5. Особенности состава бодракского керсутита – низкие содержания титана и хлора, наличие заметных количеств стронция, иттрия и скандия, отсутствие хрома и фтора. Состав бодракского гастингсита – $(\text{Na}_{0.69-0.70}\text{K}_{0.15})_{0.83-0.86} (\text{Ca}_{1.68}\text{Sr}_{0.08}\text{Y}_{0.05})_{1.81} (\text{Mg}_{2.31-2.33}\text{Fe}^{2+}_{1.59-1.61}\text{Mn}_{0.05}\text{Sc}_{0-0.01})_4 (\text{Fe}^{3+}_{0.44-0.53}\text{Ti}_{0.34}\text{Al}_{0.13-0.17})_1 [(\text{Al}_{1.90-1.78}\text{Si}_{6.10-6.22})_8\text{O}_{22}] (\text{OH})_2$; железистость этого амфибола – 47.9-49.1. Таким образом, в ходе кристаллизации в составе магматических амфиболов в оливиновых габбро-норит-долеритах Бодракского интрузива и в жилах лампрофиров среди них заметно снижалось содержание титана, магния, скандия, хлора, возрастало содержание железа, как двух-, так и трёхвалентного, и марганца.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 19-05-00490).

Литература

Заварицкий А.Н. Изверженные горные породы. М.: изд. АН СССР. 1955. 480 с.

Лебединский В.И. Пластовые интрузии в таврической серии и их роль в геологической истории Горного Крыма // Изв. АН СССР. Сер. геолог. 1962. № 4. С. 32-39.

Милеев В.С., Барабошкин Е.Ю., Розанов С.Б., Рогов М.А. Тектоника и геодинамическая эволюция Горного Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2009. Т. 84. Вып. 3. С. 3–21.

Муратов М.В. Геология Крымского полуострова. М.: Недра, 1973. 192 с.

Попов С.П. Минералогия Крыма. М.: изд. АН СССР, 1938. 352 с.

Спиридонов Э.М., Семиколенных Е.С., Лысенко В.И., Филимонов С.В., Кортаева Н.Н., Кривицкая Н.Н. Армоколлит-содержащие островодужные плагиоцерциты и оливиновые габбро-норит-долериты Балаклавы, Крым // Вестн. МГУ. Серия геолог. 2019а. № 5. С. 39-52.

Спиридонов Э.М., Семиколенных Е.С., Филимонов С.В., Кортаева Н.Н., Кривицкая Н.Н. Чевкинит-(Ce) и перрьерит-(Ce) островодужных кварцевых габбро-норит-долеритов интрузива Аю-Даг, Горный Крым // Зап. РМО. 2019б. Ч. 148. № 5. С. 57-72.

Спиридонов Э.М., Фёдоров Т.О., Ряховский В.М. Магматические образования Горного Крыма. Статьи 1 и 2 // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1990. Т. 65. Вып. 4. С. 119-134. Вып. 6. С. 102-112.

Спиридонов Э.М., Филимонов С.В., Семиколенных Е.С., Кортаева Н.Н., Кривицкая Н.Н. Цирконолит, бадделеит, циркон и торит островодужных анортит-битовнитовых кварцевых габбро-норит-долеритов Аю-Дага, Крым // Вестн. МГУ. Серия геолог. 2018. № 5. С. 70-78.

Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии. Новосибирск: изд. НГУ. 2004. 194 с.

Leake В.Е. et al. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's 1997 recommendation // Canad. Mineral. 2003. Vol. 41. P. 1355-1362.

Philpotts A.R., Ague J.J. Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press. 2009. 667 p.

Sørensen H. The agpaite rocks: an overview // Mineral. Mag. 1997. Vol. 61. P. 485-498.