

ЦИРКОНОЛИТ, БАДДЕЛЕИТ, ЧЕВКИНИТ, ИЛЬМЕНИТ, ЦИРКОН,
ТОРИТ, ОРТИТ, МОНАЦИТ ОСТРОВОДУЖНЫХ АНОРТИТ-
БИТОВНИТОВЫХ КВАРЦЕВЫХ ГАББРО-НОРИТ-ДОЛЕРИТОВ
ИНТРУЗИВА АЮ-ДАГ, КРЫМ

**Спиридонов Э.М. (ernstspiridon@gmail.com), Филимонов С.В.,
Коротаева Н.Н., Семиколенных Е.С.**

Московское отделение. МГУ им. М.В. Ломоносова

ZIRCONOLITE, BADDELEITE, CHEVKINITE, ILMENITE, ZIRCON,
THORITE, ORTHITE, MONAZITE OF THE ISLAND-ARC ANORTHITE-
BYTOWNITE QUARTZ
GABBRO-NORITE-DOLERITES AT AYU-DAG INTRUSIVE, KRIMEA

Spiridonov E.M., Filimonov S.V., Korotaeva N.N., Semikolennych E.S.

Moscow branch. Moscow State University

Горный Крым – часть Альпийско-Гималайского складчатого пояса. В покровно-складчатых структурах мезозойского Горного Крыма развиты островодужные среднеюрские раннебайосский Первомайско-Аюдагский габброидный интрузивный комплекс, позднебайосская Бодракско-Карадагская базальт-андезит-дацит-риолитовая вулканическая серия и позднеюрский Кастельский гранитоидный комплекс (Спиридонов и др., 1990). Первомайско-Аюдагский комплекс объединяет небольшие по размерам гипабиссальные интрузивы – штоки (ранее их часто именовали лакколитами) и дайкообразные тела гиперстен-авгитовых габбро-норит-долеритов и габбро-норит-диоритов, обычно кварцевых и кварцсодержащих, оливиновых габбро-норит-долеритов, реже пикритов, кварцевых диоритов, с шлирами и жилками гранодиоритов, плагиогранитов и гранофировых гранитов.

Интрузив горы Аю-Даг 3х2 км сложен средне- и крупнозернистыми кварцевыми габбро-норит-долеритами с полосчатыми и складчатыми текстурами магматического течения и такситовыми текстурами, обусловленными неравномерным распределением плагиоклаза, пироксенов и титаномагнетита. Причина широкого распространения кварца – обилие анортита и битовнита, бедных кремнезёмом. Преобладающую часть объёма пород слагают анортит с оторочками битовнита, битовнит, авгит и гиперстен. Промежутки между ними выполняют лабрадор, андезин, ферроавгит, феррогиперстен, титаномагнетит, ильменит. С ильменитом ассоциируют редкий титанистый биотит с 4-5 масс. % TiO_2 , хлор-гидроксил-фторапатит с 1 % Sr и 0,5 % лёгких лантанидов, моноклинный пирротин Fe_7S_8 , циркон, ортит с каймами редкоземельного эпидота, торит. Наиболее поздние образования – кварц и/или гранофировые срастания кварц - олигоклаз и кварц - ортоклаз-микрпертит.

Повышенные содержания минала шпинели - герцинита в титаномагнетите свидетельствуют о том, что он кристаллизовался из недосыщенного кремнезёмом расплава. О том, что на ранних стадиях кристаллизации аюдагская магма была недосыщена кремнезёмом свидетельствует наличие бадделеита – оксида циркония, цирконолита - сложного оксида титана – циркония – железа – иттрия, чевкинита – сложного оксида – силиката титана – железа – лантанидов.

Ильменит. Ранний ильменит из сростаний с титаномагнетитом содержит до 1 масс. % MgO и 0.5-2 % MnO, беден миналом гематита. Поздний ильменит содержит до 0.5 % MgO и 4-7 % MnO, 3-6 % минала гематита. Столь низкие содержания минала гематита в ильмените свидетельствуют о низкой активности воды в аюдагской магме.

Цирконолит-(Y) 3O. Цирконолит развит в щелочных магматитах и высокощелочных метасоматитах (Бородин и др., 1956; Кухаренко и др., 1965; Капустин, 1971; Ivanikov et al., 1998). В нещелочных магматитах, по-видимому, установлен впервые. В аюдагских габброидах слагает призматические кристаллы длиной до 80 микрон и их сростания. Состав минерала отвечает $(Y_{0.71}Ca_{0.40}Nd_{0.19}Ce_{0.14}Th_{0.10}Gd_{0.07}Sm_{0.06}Na_{0.05}U_{0.04}La_{0.04}Pr_{0.02}Sc_{0.01}Fe^{3+}_{0.16})_{1.99}(Fe^{2+}_{0.70}Fe^{3+}_{0.24}V_{0.04}Mn_{0.02})_1(Zr_{1.87}Nb_{0.05}Ti_{0.04}Hf_{0.02}Ta_{0.02})_2Ti_{3.01}O_{14}$, или $\sim(Y,Ca,REE)_2Fe^{2+}_1Zr_2Ti_3O_{14}$. Состав отвечает цирконолиту 3O (Strunz, Nickel, 2001). Отличается преобладанием Y в первой кристаллохимической позиции и Nd над Ce.

Чевкинит-(Ce) относительно широко распространён, слагает сложно и секториально зональные призматические кристаллы длиной до 100 микрон. Состав минерала –

$(Ce_{1.53-1.69}La_{0.77-0.95}Nd_{0.46-0.50}Pr_{0.11-0.15}Y_{0.07-0.16}Sc_{0.06-0.08}Sm_{0.03-0.04}Gd_{0.03-0.04}Ca_{0.57-0.64})_{3.97-4}(Ti_{2.83-2.97}Fe^{3+}_{0.45-0.73}Al_{0.17-0.20}V_{0.06-0.20}Th_{0.07-0.13}Zr_{0-0.12}Hf_{0-0.02})_{4-4.03}(Fe^{2+}_{0.90-0.97}Mg_{0-0.10}Mn_{0-0.04})_1[Si_{3.90-4}Al_{0-0.10}O_{22}]$.

Значительная часть чевкинита замещена ортитом-(Ce).

Возможно, цирконолит и чевкинит сохранились в габброидах Аю-Дага, поскольку в интрузиве слабо проявлены поздние- и послемагматические процессы.

Бадделеит слагает уплощённые призматические кристаллы длиной до 60 микрон. Образует сростания с чевкинитом, включения в халькопирите и биотите. Содержит 1.7-5.6, в среднем 2.8 масс. % HfO₂, 0.7-2.1, в среднем 1.4 % Nb₂O₅, следы U и Th. Состав бадделеита Аю-Дага - $(Zr_{0.93-0.95}Hf_{0.01-0.03}Nb_{0.01-0.02}Fe_{0-0.03}Ti_{0.01-0.02})_1O_2$.

Циркон представлен кристаллами двух генераций. Циркон-I (реститовый) образует обильные мелкие кристаллы, интенсивно корродированные, с множеством лакун, с нарушенной зональностью, с включениями мелких зёрен торита и сростания с торитом. В ряде образцов габброидов Аю-Дага развит почти исключительно реститовый циркон. Очевидно, именно для циркона этого типа получена оценка возраста более 2 млрд лет (Шнюкова, 2013). Циркон-I обогащён гафнием, содержит до

5.1 масс. % HfO_2 , величина $\text{ZrO}_2:\text{HfO}_2$ в нём доходит до 12. Циркон-II (новообразованный) слагает призматические кристаллы с правильной зональностью, беден и крайне беден гафнием содержит 0.5-1.5 масс. % HfO_2 , величина $\text{ZrO}_2 : \text{HfO}_2$ 125-41, средняя 46. Содержит 1.5-1.8 % Nb_2O_5 .

Торит представлен кристаллами двух генераций. Торит-I (реститовый) слагает обильные мелкие зёрна в ассоциации с цирконом-I. В ряде образцов габброидов Аю-Дага развит почти исключительно данный торит. Торит-I содержит 3.9-8.1, в среднем 6.1 масс. % UO_2 , величина $\text{ThO}_2 : \text{UO}_2 = 8-18$, в среднем 13. Содержит до 1.7, в среднем 1.1 % Y_2O_3 , до 1.1, в среднем 0.7 % P_2O_5 , примеси Sc, Nd, Sm, Dy, Ho, Er. Типичный состав торита-I - $(\text{Th}_{0.88-0.93}\text{U}_{0.05-0.07}\text{Y}_{0.01-0.04})_1[\text{Si}_{0.96-0.99}\text{P}_{0.01-0.04}\text{O}_4]$. Торит-II слагает огранённые призматические кристаллы, выросшие на циркон-II. Беден ураном, содержит 1.5 масс. % UO_2 , величина $\text{ThO}_2 : \text{UO}_2$ 45. Содержит 1 % Y_2O_3 , 0.4 % P_2O_5 , примесь Gd. Типичный состав торита-II отвечает $(\text{Th}_{0.95}\text{U}_{0.02}\text{Y}_{0.03})_1[\text{Si}_{0.98}\text{P}_{0.02}\text{O}_4]$.

Ортит-(Ce) слагает секториально зональные призматические кристаллы длиной до 150 микрон, часто с реликтами чевкинита. Содержит 0.5-4.4 масс. % V_2O_3 , 1.1-3.4 % TiO_2 . Типичный состав ортита - $\text{Ca}_1(\text{Ce}_{0.51}\text{La}_{0.29}\text{Nd}_{0.14}\text{Pr}_{0.04}\text{Sc}_{0.01}\text{Y}_{0.01})_1(\text{Fe}^{2+}_{0.96}\text{Mg}_{0.04})_1(\text{Al}_{1.50}\text{Fe}^{3+}_{0.32}\text{Ti}_{0.07}\text{Fe}^{2+}_{0.06}\text{V}_{0.04})_2[\text{O}/\text{OH}/\text{Si}_{0.96}\text{Al}_{0.04}\text{O}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$. Нередко ортит окружён каймой зонального редкоземельного эпидота, бедного V и Ti. Типичный состав REE-эпидота-(Ce) - $(\text{Ca}_{1.48}\text{Mn}_{0.02})_{1.50}(\text{Ce}_{0.21}\text{Nd}_{0.10}\text{La}_{0.08}\text{Y}_{0.04}\text{Pr}_{0.02}\text{Sm}_{0.02}\text{Gd}_{0.01}\text{Sc}_{0.01})_{0.49}\text{Fe}^{2+}_{0.51}(\text{Al}_{1.85}\text{Fe}^{3+}_{0.63}\text{Ti}_{0.01}\text{V}_{0.01})_{2.50}[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$.

Послемагматические образования в интрузивных породах Аю-Дага развиты слабо. Это хлорсодержащие амфиболы - гастингсит и эденит и биотит - лепидомелан с 2-2.5 масс. % хлора, замещающие магматические пироксены; пирит, замещающий пирротин; тонкая вкрапленность халькопирита; гораздо более редкие мельчайшие зёрна галенита, сфалерита, кобальтистого арсенопирита, крайне редкого гессита, В участках развития пирита фиксируется монацит. Состав монацита-(Ce) отвечает формуле $(\text{Ce}_{0.47}\text{La}_{0.25}\text{Nd}_{0.14}\text{Pr}_{0.04}\text{Sm}_{0.01}\text{Gd}_{0.01}\text{Ca}_{0.04}\text{Th}_{0.02}\text{Zr}_{0.02})_1[\text{PO}_4]$.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 16-05-00241).