

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ ТАРАНТУЛИТОВ МАЙОРСКОГО МАССИВА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные о минеральном, химическом составе и петрологии тарантулитов Майорского массива, представляющих собой результат ликвации сильно пересыщенных летучими компонентами кислых расплавов, обогащённых хлором, бором, фтором и другими компонентами. Тарантулиты характеризуются повышенными концентрациями Y, Zr, Hf, Nb, Ta. В них сравнительно низкие концентрации Ba, Sr, Rb. Из главных петрогенных компонентов в них весьма низкие концентрации TiO₂, MgO, Al₂O₃. Сумма щелочей в тарантулитах также низкая и варьирует от 2,25 до 3,3 мас. %, при этом натрий преобладает над калием. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа, варьирующий от 1,29 до 1,41. Пространственно с тарантулитами связаны метасоматиты с редкометалльным и редкоземельным оруденением.

Ключевые слова: тарантулиты, внутрикамерная ликвация, пересыщенность летучими компонентами, тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов М-типа, оруденение редких и редкоземельных элементов

GEOCHEMISTRY AND PETROLOGY OF TARANTULITE MAIORSKII MASSIF OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru

Data for mineral, geochemistry composition and petrology of tarantulites Maiorskii intrusive massif that it is present of result liquation strong oversaturated by volatile components of acid melts, reaching chlorous, borum, fluor and other volatile components. Tarantulites characterized high concentration of Y, Zr, Hf, Nb, Ta. Comparatively low concentrations of Ba, Sr, Rb register in it. There are extremely low concentrations of TiO₂, MgO, Al₂O₃ from basic petrogenic components. Sum alkali in tarantulites are low and vary from 2,25 to 3,3 mas. % and sodium predominated over kalium. Tetrad effect fractionation of rare earth elements of M-type display in it and vary from 1,29 to 1,41. Alkali metasomatites with rare metals and rare earth metals ore mineralization related with tarantulites in space.

Keywords: tarantulites, intercameral liquation, oversaturated by volatile components, tetrad effect fractionation of rare earth elements M- type, ore mineralization of rare metals and rare earth metals

К тарантулитам относятся крайне кремнекислые магматические породы, содержащие более 70% кварца, или более 80% SiO₂ [9]. Тарантулиты – это аляскиты, содержащие 70 и более % кварца. Впервые были описаны на руднике Миссури, Тарантул-Спринг, штат Невада, США. Обычно тарантулиты формируются в осложняющих куполообразных поднятиях, где создаются специфические условия расщепления кислой магмы под влиянием насыщенности различными летучими компонентами. Эти особенности нередко создают условия для образования кварцевых жил, грейзенов и других рудоносных образований. Такие особенности отмечены нами при формировании тарантулитов в составе Алахинского месторождения и в других редкометалльных массивах Горного Алтая, особенно агпаитового ряда [1-7]. Цель исследования – осветить особенности геохимического состава и петрологии тарантулитов, обнаруженных нами в составе Майорского массива.

Результаты исследований. Тарантулиты обнаружены нами в юго-восточной части

Майорского массива на горе Полагалова (1676 м.), где местами под фрагментами провеса кровли лейкократовых гранитоидов массива, а также в краевых частях Чальского массива, относящегося также к майорскому комплексу. Основные особенности разновидностей пород Майорского массива охарактеризованы нами ранее [7]. Главными особенностями этих гранитоидов являются повышенные концентрации иттрия, циркония, гафния, ниобия, тантала, а также низкие концентрации бария и стронция [7]. В тарантулитах наблюдается аллотриоморфнозернистая микроструктура, метами порфириовидная с вкрапленниками кварца, редко альбит-олигоклаза. Местами отмечена псевдосферолитовая структура основной ткани. В последней отмечены кроме кварца, единичные выделения альбита и калиевого полевого шпата, редкие выделения щелочной роговой обманки. Представительные анализы тарантулитов Майорского массива сведены в табл. 1. В целом тарантулиты в своём составе унаследуют микроэлементный состав пород предыдущих фаз массива. Для них также характерны повышен-

ные концентрации Y, Zr, Hf, Nb, Ta. В них сравнительно низкие концентрации Ba, Sr, Rb. Из главных петрогенных компонентов в них весьма низкие концентрации TiO_2 , MgO , Al_2O_3 . Сумма щелочей также низкая

и варьирует от 2,25 до 3,3 мас. %, при этом натрий преобладает над калием. В породах отношения U/Th менее 1 (от 0,08 до 0,6), указывающие на сравнительно не изменённый их состав наложенными процессами.

Таблица 1

Представительные анализы тарантулитов и лейкогранитов Майорского массива
(оксиды в масс.%, элементы в г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	76,78	81,9	82,2	83,88	85,1	84,5
TiO ₂	0,17	0,1	<0,01	0,1	<0,01	0,1
Al ₂ O ₃	12,75	10,2	10,1	10,07	9,6	9,9
Fe ₂ O ₃	1,1	0,5	0,48	0,55	0,21	0,25
FeO	0,95	0,7	0,63	0,65	<0,01	0,45
MnO	0,03	0,03	0,02	0,03	<0,01	0,02
MgO	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,13
CaO	0,58	0,7	0,71	0,74	2,5	1,2
Na ₂ O	3,14	2,1	1,92	1,88	2,1	1,97
K ₂ O	3,85	1,2	1,06	1,11	0,15	0,96
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02
Ga	12,2	9,7	9,5	9,2	9,1	9,1
Rb	154	57	54	55	50	53
Ba	55	43	42	48	37	42
Sr	239	171	166	165	150	157
Y	38	15,8	15,1	14,5	13,5	14,1
Zr	213	170	166	165	160	166
Nb	18,6	18,0	18,1	17,6	17,0	17,8
Mo	0,84	1,68	1,5	1,2	1,0	1,1
Sn	2,0	1,05	1,04	0,96	0,99	0,97
Cs	2,4	1,21	1,2	1,1	1,0	1,12
La	306	254	250	245	235	240
Ce	11,7	9,9	9,7	9,7	9,0	9,5
Pr	50	26	24,5	24	23	23,5
Nd	3,6	2,8	2,7	2,6	2,3	2,4
Sm	12,1	8,6	8,5	8,3	7,9	8,0
Eu	2,7	1,68	1,63	1,5	1,3	1,4
Gd	0,17	0,1	0,09	0,11	0,09	0,1
Tb	2,8	1,69	1,67	1,65	1,45	1,6
Dy	0,56	0,35	0,32	0,33	0,3	0,31
Ho	3,5	2,1	1,98	2,0	1,5	1,9
Er	0,78	0,44	0,42	0,4	0,33	0,35
Tm	0,44	1,6	1,54	1,5	1,2	1,4
Yb	3,1	1,75	1,8	1,66	1,4	1,5
Lu	0,45	0,25	0,23	0,24	0,2	0,25
Hf	6,6	4,8	4,5	5,6	5,3	5,4
Ta	4,93	4,9	4,2	4,1	4,0	4,2
W	2,2	1,37	1,32	1,3	1,35	1,4
U	2,7	1,85	0,9	0,88	1,0	0,9
Th	30,9	23,0	1,5	1,51	1,97	1,56
U/Th	0,087	0,08	0,6	0,58	0,51	0,57
ΣTR	435,9	327,06	320,18	313,49	298,47	306,31
(La/Yb) _N	65,1	95,9	92,3	97,2	111,3	105,8
(La/Sm) _N	15,49	18,09	18,02	18,08	18,22	18,38
Eu/Eu*	1,18	1,03	1,02	0,95	0,87	0,93

Примечание. Анализы выполнены в Лаборатории ИМГРЭ (г. Москва).

Сумма редкоземельных элементов в тарантулитах относительно высокие (от 298,47 до 327,06) и сопоставимы с таковыми в лейкогранитах, а нормированные к хондриту отношения $(La/Yb)_N$ значительно выше, чем в лейкогранитах. Это указывает на то, что степень дифференцированности распределения лёгких РЗЭ к тяжёлым в тарантулитах выше. Степень дифференцированности лёгких к средним РЗЭ также высокая в тарантулитах $(La/Sm)_N$

варьирует от 18,02 до 18,38). Соотношение Eu/Eu^* в тарантулитах или меньше единицы (0,87-0,95), или немного выше (1,03 – 1,02), указывая на негативную, или слабо позитивную аномалию европия (табл. 1).

На канонической диаграмме $(Na_2O+K_2O) - SiO_2$ для вулканогенных пород тарантулиты Майорского массива попадают в поле силекситов (аналогов тарантулитов для вулканических пород) (рис. 1).

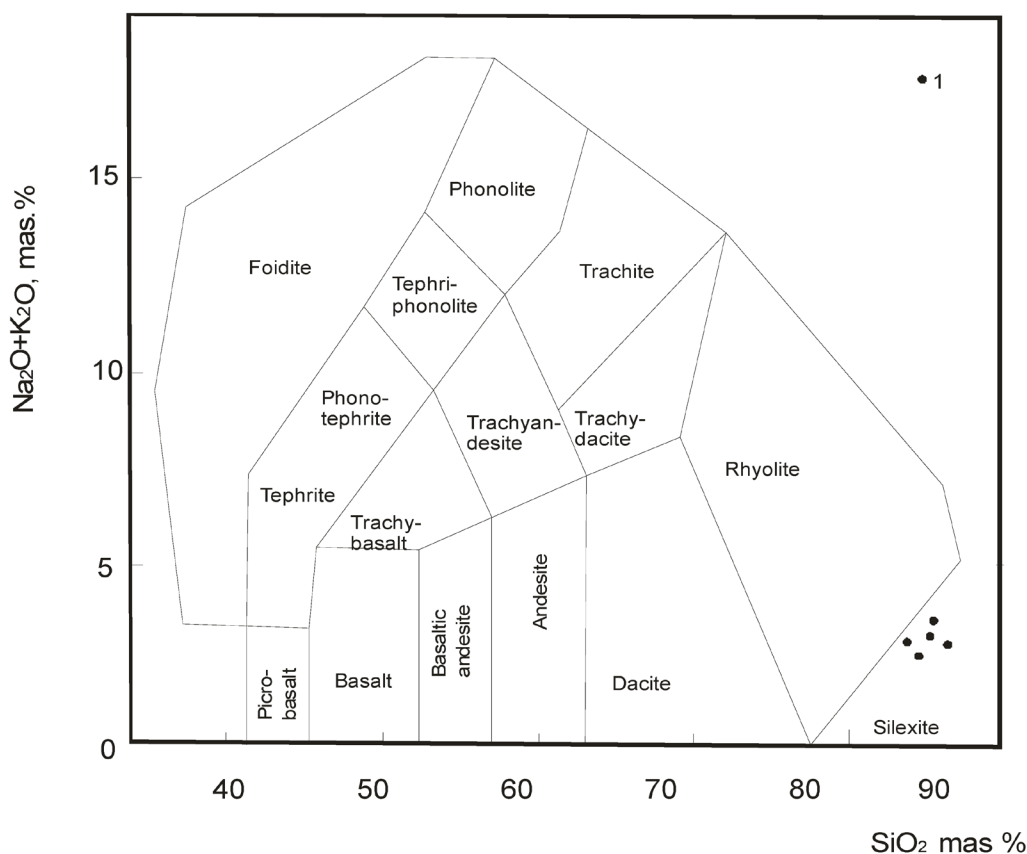


Рис. 1. Диаграмма $(Na_2O+K_2O) - SiO_2$ для тарантулитов Майорского массива:
1 – Тарантулиты

В тарантулитах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа, вели-

чины которого и некоторые отношения элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) РЗЭ в лейкогранитах и тарантулитах Майорского массива

Отношения элементов и значения ТЭФ в тарантулитах	1	2	3	4	5	6	Отношения в хондритах
Y/No	10,87	7,52	7,63	7,25	9,0	7,42	29,0
Zr/Hf	32,3	35,4	36,9	29,5	30,2	30,7	36,0
La/Nb	16,45	14,11	13,81	13,92	13,82	13,48	30,75
La/Ta	62,07	51,84	58,5	59,75	58,75	57,1	17,57
Sr/Eu	88,5	101,8	101,84	110	115,4	112,1	100,5
Eu/Eu*	1,18	1,03	1,02	0,95	0,87	0,93	0,32
Sr/Y	6,29	10,82	10,99	11,38	11,1	11,13	4,62
TE _{1,3}	1,4	1,33	1,36	1,29	1,41	1,31	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [11]; Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. Значения в хондритах приняты по [10].

Тетрад-эффект фракционирования РЗЭ М-типа обнаруживается чаще всего в высоко эволюционированных гранитоидных системах на поздних стадиях дифференциации, при гидротермальных изменениях и в различных типах минерализации. В нашем случае тетрадный эффект проявлен на за-

ключительной стадии высоко эволюционированного гранитного расплава в результате ликвации.

На диаграмме Zr/Hf – TE_{1,3} проявлен тренд увеличения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ с увеличением отношений Zr/Hf в тарантулитах (рис. 2).

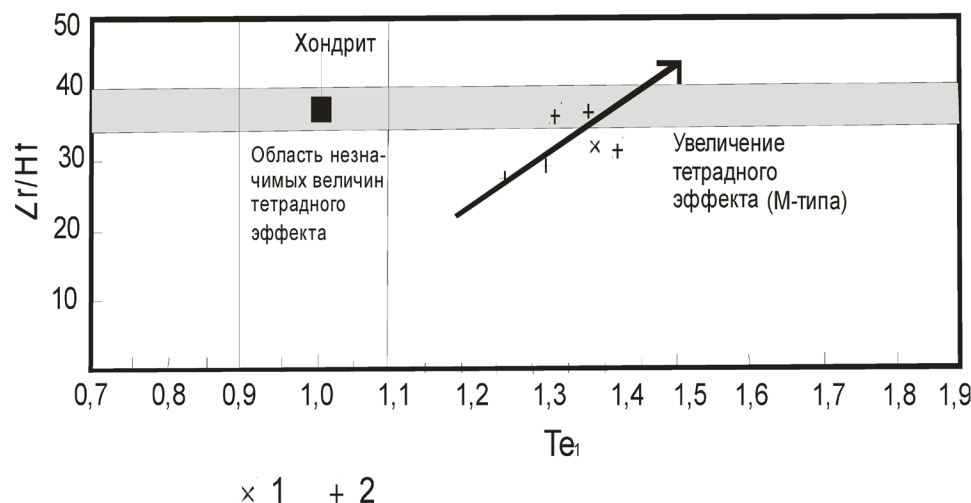


Рис. 2. Диаграмма Zr/Hf – TE_{1,3} для тарантулитов Майорского массива: 1 – Лейкограниты, 2 – тарантулиты

На диаграммах La/Nb – TE₁ и La/Ta – TE₁ тренды для ионно-замещающих элементов Nb и Ta в кристаллических решетках минералов имеют противоположные, параллельные тренды.

Так на диаграмме La/Nb – TE_{1,3} проявлен отчётливый тренд уменьшения величины тетрадного эффекта с уменьшением отношений La/Nb (рис. 3).



Рис. 3. Диаграмма $La/Nb - TE1$ для тантулитов Майорского массива. Условные обозначения те же, что на рис. 2

На диаграмме $La/Ta - TE_{1,3}$ тантулиты образуют тренд, в котором наблюдается увеличение величин тетрадного эффекта

фракционирования РЗЭ с увеличением значений La/Ta (рис. 4).

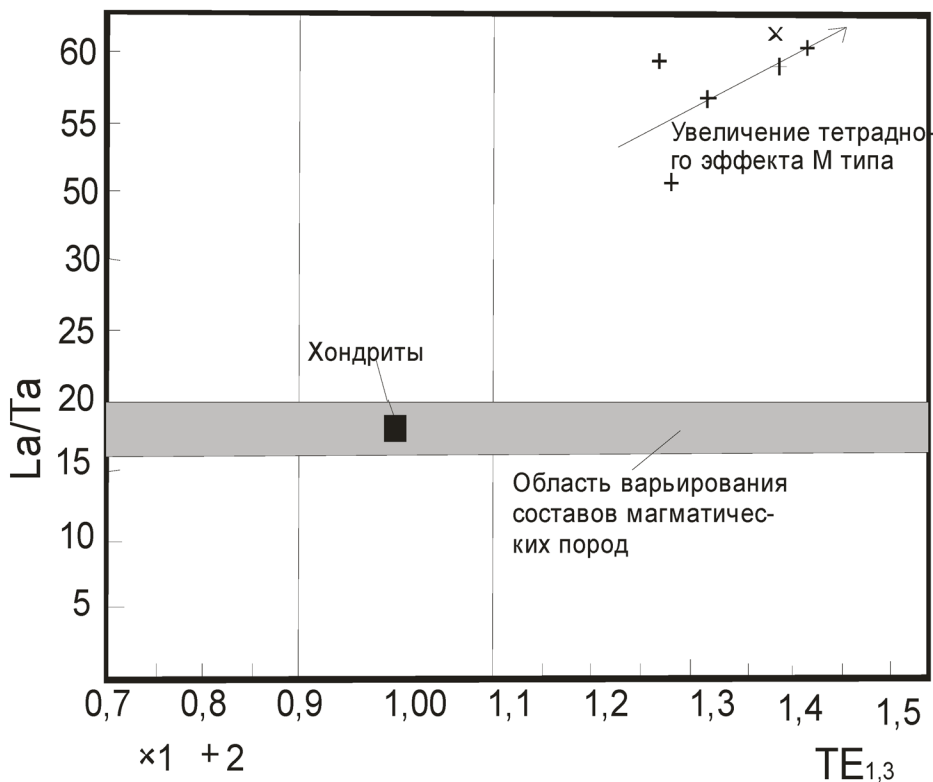


Рис. 4. Диаграмма $La/Ta - TE1$ для тантулитов Майорского массива. Условные обозначения те же, что на рис. 2

Минерогения тарантулитов выражена в том, что с ними пространственно связаны жилородные образования послемагматических рихтерит-эгириин-альбитовых и эгириновых метасоматитов с редкометалльной и редкоземельной минерализацией. В метасоматитах содержания иттрия варьируют от 0,1 до 0,3%, циркония от 0,2 до 1%.

Интерпретация результатов. Перенасыщенность летучими компонентами приводила к тому, что на заключительных фазах становления Майорского массива в апикальных частях куполовидных поднятий, где кристаллизовались лейкограниты заключительной фазы, формировались ультракислые граниты – лейкограниты и тарантулиты (с содержанием SiO_2 более 80%), которые, по сути, становились рудными в апикальной части штока лейкократовых гранит-порфиров горы Полагалова, где кристаллизовались и более поздние – альбититы, щелочные метасоматиты и грейзенизированные породы. На заключительных стадиях существования ультракислых гранитных систем, обогащённых хлоридными растворами в большей степени, чем фторидные, содействуют выносу из таких расплавов щелочных металлов, способствуя эволюции расплавов в сторону обогащения их кремнезёмом и образования ультракислых отщеплений типа тарантулитов [8, 9]. Направленность процесса к генерации ультракислых тарантулитов обуславливалась обогащённостью расплава солями щелочных металлов, отличающихся высокой растворимостью (Y, Zr, Nb, Ta, Rb, Li и других металлов) и способностью понижать температуры кристаллизации магм, что весьма характерно для агпаитовых магм анорогенных обстановок формирования [1-3, 7]. Характер проявления ультракислой ветви в лейкократовых гранит-порфирах с образованием тарантулитов и полосчатых обособлений кварца указывает на ликвационный внутрикамерный механизм их формирования. Всё это обусловило образование комплексного уникального оруденения Zr, Ta, Nb, в апикальной части штока, где в последующем проявились грейзенизированные породы, турмалин-слюдисто-квар-

цевые метасоматиты, альбититы с повышенными концентрациями редких земель, циркония и редких металлов.

Заключение

Таким образом, тарантулиты Майорского массива развиты в апикальных частях куполообразных поднятий лейкогранитов заключительной фазы. Генерация тарантулитов связана с ликвацией сильно перенасыщенных флюидами кислых расплавов, в которых основную роль играли комплексы хлора, бора, фтора. С тарантулитами связано редкометалльное (Zr, Ta, Nb) и редкоземельное оруденение в щелочных метасоматитах рихтерит-эгириин-альбитовых и эгириновых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Петрология редкометалльных магмородно-метасоматических систем Горного Алтая // Известия Томского политехнического университета.- Томск. 2005. – № 4. – Том 307. – С. 43-47.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения, 2005. – №23. – С. 119-129.
3. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания, 2009. – № 4. – С.54-57.
4. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания, 2011- № 5. – С.45-49.
5. Гусев А.И. Петрология и оруденение анорогенных гранитоидов Алахинского штока Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2013. -№ 6. – С.170-175.
6. Гусев А.И. Уникальное комплексное тантал-ниобий-рубидий-цезий-литиевое Алахинское месторождение Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии, 2013. – № 6. – С.181-185.
7. Гусев А.И. Щелочные гранитоиды Майорского массива и их потенциальная рудоносность (Горный Алтай) // Отечественная геология, 2014. – № 1. - С.33-40.
8. Комин М.Ф., Ефимов В.Ф., Клаповская Л.И. Методические рекомендации по прогнозной оценке лития. – М.: ИМГРЭ, 2005. – 18 с.
9. Маракушев А.А. Петрогенезис. – М.: Изд-во «Недра», 1988. – 293 с.
10. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. 1989, v.53, pp. 197-214.
11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. 1999. – V.63. – №3/4. – Pp. 49-71.