

УДК552.3

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И РУДОНОСНОСТЬ КЫЗЫЛТАШСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

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

В статье приведены данные по петрографии, геохимии, петрологии и рудоносности пород среднедевонского кызылташского комплекса Горного Алтая. В составе комплекса описаны 6 фаз от габброидов до лейкогранитов с флюоритом. Комплекс признаков свидетельствует о принадлежности пород комплекса к шошонитовой серии. По соотношениям изотопов стронция и неодима родоначальный расплав близок к мантийному источнику типа EM II. Мантийно-короевое взаимодействие при формировании пород комплекса происходило в результате контаминации мантийной базальтовой магмой терригенного компонента коры. В лейкогранитах заключительных фаз проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ M- типа. Рудоносность комплекса проявлена в формировании скарнового и жильного оруденения Pb, Zn, Cu, Mo, W.

Ключевые слова: петрография, геохимия, петрология, шошонитовая серия, изотопы Sr, Nd, мантийно-короевое взаимодействие, скарны, жилы, Pb, Zn, Cu, Mo, W

PETROLOGY, GEOCHEMISTRY AND ORE MINERALIZATION OF KIZILTASHSKII COMPLEX OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

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

Data on petrography, geochemistry, petrology and ore mineralization of rocks Middle Devonian kiziltashskii complex of Mountain Altai lead in paper. Six phases described in composition of complex from gabbroids to leucogranites with fluorites. Complex features show about implement to shoshonitic series. The parental melt is near to mantle resource type EM II. The mantle-crust interaction at forming of rocks complex happen in result contamination mantle by basaltic magma of terrigenous component of crust. The tetrad effect fractionation of REE M- type display in leucogranite of concluding phase. Ore mineralization of complex show in forming of skarn and lode ore mineralization Pb, Zn, Cu, Mo, W.

Keywords: petrography, geochemistry, petrology, shoshonitic series, isotopes of Sr, Nd, mantle-crust interaction, skarns, lodes, Pb, Zn, Cu, Mo, W

Актуальность изучения петрологии, геохимии и рудоносности кызылташского комплекса определяется неоднозначной трактовкой его объёма и геодинамической обстановки формирования. Кызылташский габбро-диорит-гранодиорит-граносиенит-гранит-лейкогранитовый комплекс (D_2k) ранее рассматривался в ранге единого магматического комплекса, но в результате проведения работ по ГДП-200 севере Горного Алтая указывалось на полиформационность последнего, что, по мнению Ю.А. Туркина, может служить основанием для выделения двух субкомплексов [5]. По мнению автора статьи, разделение единого комплекса на два субкомплекса не правомочно. Породы кызылташского комплекса встречаются в нескольких массивах: Кызылташском, Чистинском, Лягонском, Цыганском, Кележе-Еличек и других.

Цель исследования – провести комплексное изучение вещественного состава породных типов массивов комплекса и получить объективную информацию по его петрологии, геохимии и рудоносности.

Результаты исследований. Кызылташский комплекс на территории Алтай-

ского края представлен породами шести фаз внедрения [3]. Габбро, габбродолериты и долериты первой фазы внедрения слагают мелкие штоки и дайки внутри Турочакского плутона, а также в виде крупных ксенолитов присутствуют в северной части Кызылташского массива, где представлены интенсивно амфиболизированными породами апогабброфитовой и аподолеритовой структуры с реликтами клинопироксена и зонального плагиоклаза. Они состоят из сосюритизированного лабрадора (38–50%), частично замещенного актинолитом, клинопироксена, определяемого авгитом (12–16%), обыкновенной роговой обманки (25–35%), биотита (до 10%) и магнетита (до 5%). В небольших количествах присутствует титаномagnetит (титаноморфит), в единичных зёрнах – сфен, апатит. По химическому составу базиты кызылташского комплекса характеризуются умеренно низкой титанистостью, умеренной и относительно высокой глинозёмистостью ($al'=1-1,1$), низкой железистостью ($f=55$) и повышенной щёлочностью. Коэффициент апгаитности в породах не высок и составляет 0,49–0,50. Интенсивно амфиболизиро-

ванные габброиды при тех же петрохимических параметрах имеют незначительно более высокую титанистость и щёлочность. На диаграмме TAS фигуративные точки амфиболизированных и менее изменённых раннекызылташских габброидов располагаются в поле составов пород нормальной щёлочности, а на диаграмме AFM фиксируется их принадлежность известково-щелочной серии с трендом базальтов островных дуг энсиалического типа.

Ко второй фазе внедрения относятся монцодиориты, диориты, кварцевые диориты и гранодиориты. В весьма незначительном количестве в составе данного комплекса присутствуют кварцевые монцодиориты, на территории региона закартированные на водоразделе рек Кашкара и Б. Речка в краевой части Чистинского массива в виде тела площадью 1,5 кв. км с неравномерным шлирово-такситовым распределением темноцветов, практически нацело замещённых вторичными хлоритом и актинолитом, и со скоплениями крупнокристаллического эпидота. Фазовых взаимоотношений данных пород с вмещающими гранитоидами не зафиксировано. Порода состоит из таблитчатых и длинно-призматических кристаллов альбита (60-70%), развитого по основному плагиоклазу и часто насыщенного зёрнами и землистыми скоплениями эпидота. В виде оторочки вокруг них развит калиевый полевой шпат (20-30%), а в межзерновом пространстве – кварц (5-10%). Иногда присутствует биотит (1-3%), а в альбите фиксируется апозональное строение. В целом породы имеют призматическизернистую и бостонитовую структуру, переходящую в аподолеритовую структуру отдельных участков. Данные породы характеризуются высоким уровнем щёлочности с резким преобладанием натрия над калием и высокой степенью окисленности железа.

Монцодиориты розовато-серые, средне – крупно зернистые, массивные. Структура: гипидиоморфнозернистая с элементами пойкилитовой, монцонитовой. Отмечаются порфировидные разности. Размер зерен слагающих минералов от 0,8 до 2,5 мм. Минеральный состав кварцевых монцонитов: калиевый полевой шпат 27-35%, плагиоклаз 45-60%, роговая обманка 0-15%, кварц 10%. Роговая обманка по составу отвечает переходной разности между эденитом и обыкновенной роговой

обманкой. Акцессорные минералы: апатит, сфен, магнетит и редко циркон. Калиевый полевой шпат пелитизирован, наблюдается слабо выраженная пятнистая микропертитовая структура. Минеральный состав более меланократовых монцодиоритов: калиевый полевой шпат – 20-30%, плагиоклаз – 37-42%, биотит – до 10%, роговая обманка – до 20-30%, в единичных шлифах моноклинный пироксен (до 20%), по составу отвечающий диопсиду. Акцессорные минералы (сфен, лейкоксен, титаномagnetит, циркон, апатит, рудный) – 1%.

Гранодиориты отличаются от диоритов и монцодиоритов более высоким содержанием кварца и более низкими – амфибола, сфена, титаномagnetита, что также выражено в повышенной их щёлочности ($\text{Na}_2\text{O} = 4,55\%$, $\text{K}_2\text{O} = 2,42\%$ при $\text{SiO}_2 = 66,4\%$) при более низких содержаниях MgO (1,25%) и CaO (1,47%).

Последующие фазы внедрения объединяют большую группу различных по размерам и форме массивов и даек в ограничениях и по периферии Каянчино–Каракокшинской группы грабенов. Данные магматические образования латерально и во времени наращивают ареалы ранне-среднедевонского магматизма, прорывая породы венд–раннепалеозойского и среднепалеозойского структурных этажей. Пространственное положение массивов гранитоидов кызылташского комплекса характеризуется подчинённостью зонам крупных тектонических нарушений. Взаимоотношения между различными петрографическими разновидностями гранитоидов имеют типичный интрузивный характер, а также фациальные переходы с плавными структурно-петрографическими сменами.

Гранитоиды кызылташского комплекса представлены граносиенитами, субщелочными гранитами, субщелочными лейкогранитами и лейкогранитами нормального ряда как средне-мелкозернистой, так и порфировой (гранит-порфиры) структуры, находящимися в фациальных взаимоотношениях и частой перемежаемости на фоне общей структурной и вещественной неоднородности гранитоидных массивов. При этом обычны небольшие колебания и равенство содержаний натрия и калия, что выражено развитием в породах примерно равных количеств кислого плагиоклаза и калишпата различной степени упорядоченности. Фиксируется незначительное

преобладание натрия над калием в граносиенитах, субщелочных гранитах, и обратные их соотношения – в лейкократовых разностях умеренно-щелочной серии. В то же время типичной особенностью кызылташских гранитоидов является доминирующее развитие в порфировидных и порфировых фенокристаллах, на фоне гранофириной, реже гипидиоморфнозернистой и аплитовидной основной массы, кислого плагиоклаза таблитчатой и длиннопризматической формы. Калиевый полевой шпат в крупных зёрнах фиксируется очень редко, часто развит в виде каёмки и пятен в альбите, ксеноморфных и неправильных зёрен со структурами коррозии и замещения плагиоклаза. Но наиболее обычной формой его проявления являются совместные с кварцем гранофириные и пегматоидные срастания. Тёмноцветный минерал представлен небольшим количеством, отдельными чешуйками резко плеохроизирующего биотита (классифицирующегося сидероплезитом с глинозёмистостью от 25,2 до 35,9 и железистостью от 59,5 до 69,8) и, в отдельных случаях, в граносиенитах и гранитах – единичными зёрнами и гранулированными скоплениями амфибола.

Граносиениты состоят из (%) интенсивно альбитизированного, нередко апозонального плагиоклаза (40-60), калиевого полевого шпата – ортоклаза (20-30), обычно образующего каймы вокруг более крупных кристаллов плагиоклаза и кварца (15-20), присутствующего в неправильных зёрнах и идиоморфного по отношению к полевым шпатам. В качестве тёмноцветного минерала фиксируется столбчатый клинопироксен салитового ряда (2-3), иногда зерна амфибола и листочки биотита. Характерно высокое содержание сфена (до 2%) в виде крупных зёрен и скоплений. Структура породы порфировидная, участками монцонитовая. Это низкотитанистые породы, умеренно глинозёмистые, с более высокой агпаитностью (0,89), чем в предыдущих разностях пород.

По результатам работ последних лет химический состав кызылташских гранитоидов позволяет подавляющее их большинство относить к породам кали-натровой умеренно-щелочной серии при подчинённом положении лейкогранитов нормального ряда (аляскитов), характеризующихся повышенной кремнекислотностью и содержанием кварца (40-45%). На диаграмме TAS фигуративные точки данных пород при го-

модромной последовательности располагаются широкой полосой, обнаруживая тренд дифференциации, направленный из области высокощелочных пород в поле составов пород нормальной щёлочности, соответствующий тренду гранит-граносиенитовой формации. На многокомпонентной диаграмме Батчелора и Боудена гранитоиды более низкой кремнекислотности совместно с кварцевыми монцодиоритами располагаются в поле составов позднеорогенных и синколлизионных гранитов, субщелочные лейкограниты, вместе с тем, более соответствуют анорогенным обстановкам, а лейкограниты нормального ряда максимально приближены к полю посторогенных гранитоидов.

Граниты пятой фазы биотитовые светло-серой окраски с розоватым оттенком, мелкокристаллические. Структура пород порфировидная, с гипидиоморфнозернистой основной тканью в сочетании с гранофири-сферолитовой и микрографической микроструктурами. Состав (%): плагиоклаз – 30, кварц – 30, КППШ – 30, биотит (плюс хлорит по биотиту) – 10. Акцессории: магнетит, сфен, турмалин, редко – сульфиды. Интрателлурическая фаза представлена таблитчатым плагиоклазом размерами 0,4-1 мм. Диагностируется олигоклазом № 29, до андезина № 34. Встречаются зональные кристаллы по прямому типу. В основной ткани последовательность кристаллизации выстраивается в ряд: биотит – олигоклаз II (№ 15-16) – КППШ – кварц. Схема плеохроизма биотита от коричневого по Ng до светло-желтоватого по Nr. Сферолитовые образования и микропегматоидные срастания состоят из кварца и КППШ.

Лейкограниты шестой фазы умеренно-щелочные светло-розовой окраски, мелко-среднезернистые. Структура порфировидная, основной ткани – гипидиоморфнозернистая с элементами микрографической, реже – гранофири-сферолитовой. Плагиоклаз I фенокристов определён как олигоклаз № 27; плагиоклаз II основной ткани породы диагностируется олигоклазом № 12-13. Последовательность кристаллизации: олигоклаз I (№ 27) – биотит – олигоклаз II (№ 12-13) – кварц – КППШ. Цвет биотита и схема его плеохроизма такая же, как в биотитовых гранитах. Спектр акцессориев: магнетит, сфен, турмалин, апатит. Для лейкогранитов характерно минимальное содержание суммы редкоземельных элементов (82,77 г\т).

Представительные анализы породных типов кызылташского комплекса
(оксиды в мас. %, элементы – в г\т)

№ проб	K-23	K-34	K-45	K-52	K-65	Ш-850	8-742	8-749	8-741
n/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	47,36	49,80	62,22	63,46	66,39	72,04	73,11	74,14	76,21
TiO ₂	1,63	1,73	1,02	0,97	0,58	0,28	0,33	0,29	0,22
Al ₂ O ₃	16,10	15,27	15,25	14,88	15,42	14,18	13,59	13,22	12,76
Fe ₂ O ₃	12,32	11,53	5,20	6,42	4,76	2,53	2,99	2,11	1,69
MnO	0,18	0,05	0,02	0,13	0,13	0,10	0,13	0,10	0,09
MgO	6,29	5,63	1,49	1,91	1,26	0,42	0,31	0,31	0,10
CaO	5,87	8,14	5,12	2,04	1,51	0,43	0,35	0,39	0,19
Na ₂ O	4,66	3,57	6,12	4,56	4,18	5,04	4,41	4,83	3,49
K ₂ O	1,96	1,59	3,07	2,87	2,44	4,27	4,09	4,25	4,36
H ₂ O	0,21	0,23	0,87	0,56	0,59	0,53	0,68	0,56	0,80
P ₂ O ₅	0,12	0,13	0,28	0,32	0,34	0,04	0,07	0,05	0,03
Сумма	98,76	99,77	99,87	99,84	99,96	99,86	100,06	100,24	99,94
Cs	2,1	2,2	3,0	2,9	2,7	1,42	0,8	1,1	0,9
Rb	27	28	142	95	152	131	147	171	174
Sr	425	427	126	158	128	43,0	73	70	33
Y	17,5	19,4	24,8	21,3	25,2	32,0	16,9	32,6	17,7
Zr	51	51,2	53	77	53	132	110,0	116,8	88,1
Nb	12,6	13,1	10,4	7,8	11,1	14,3	14,2	15,1	14,6
Ba	325	331	255	306	260	690	853	700	607
La	17,6	18,2	25,2	47,1	26,1	30,9	29,1	28,0	15,6
Ce	37,6	38,8	39,3	55,4	40,5	64,5	48,2	73,6	34,3
Pr	4,3	4,6	5,6	6,3	5,5	8,09	6,32	7,05	3,66
Nd	18,5	19,4	22,2	41,5	22,0	31,3	22,6	26,7	14,0
Sm	3,7	3,9	4,5	11,2	4,3	6,16	3,64	5,00	2,56
Eu	1,3	1,2	1,02	2,9	1,04	1,05	0,64	0,76	0,35
Gd	3,6	3,8	5,1	7,5	5,1	5,76	3,00	4,56	2,23
Tb	0,6	0,62	0,81	1,1	0,8	1,03	0,54	0,85	0,45
Dy	3,1	3,13	3,41	3,6	3,4	5,82	2,72	4,92	3,17
Ho	0,61	0,63	0,8	0,75	0,73	1,30	0,65	1,15	0,73
Er	1,9	1,91	2,12	1,9	2,1	3,80	1,95	3,63	2,31
Tm	0,28	0,3	0,36	0,31	0,36	0,65	0,36	0,66	0,38
Yb	1,7	1,8	2,22	1,86	2,2	3,77	2,44	4,46	2,60
Lu	0,28	0,3	0,35	0,28	0,35	0,58	0,39	0,66	0,42
Hf	1,4	1,42	3,5	8,9	3,2	4,57	4,38	4,46	3,32
Ta	1,2	1,21	1,5	1,1	1,4	0,99	1,11	1,07	0,95
Th	7,2	7,0	8,6	8,0	9,1	8,96	6,36	14,9	6,40
U	3,1	3,3	3,7	2,6	3,5	1,45	0,53	2,06	0,65
U/Th	0,43	0,47	0,43	0,32	0,04	0,16	0,08	0,14	0,10
La/Yb _N	7,7	7,6	7,5	20,0	7,8	5,5	8,1	4,2	4,1
Eu/Eu*	0,13	0,13	0,05	1,0	0,05	0,5	0,6	0,5	0,4
ΣPЗЭ	112,6	118,0	137,8	203,0	115,74	164,71	122,63	161,99	82,77

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории ОИГТиГ СО РАН (г. Новосибирск). К-23, К-34 – габбро; К-45 – кварцевый сиенит; К-52 – кварцевый монцодиорит; К-65 – гранодиорит; Ш-850 – гранит; 8-742, 8-749, 8-741 – лейкограниты.

В породах заключительных фаз (лейкогранитов и лейкогранитов с флюоритом) проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа [2].

По соотношениям $\epsilon_{Nd}(T)$ и $\epsilon_{Sr}(T)$ граниты кызылташского комплекса тяготеют к первичному обогащённому мантийному источнику типа EM II (рис. 1). Интерпретация этого источника (высокие отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ и низкие значения ϵ_{Nd}) обычно связывается с допущением о вовлечении в магмогенерацию терригенных осадков. Следовательно, мантийный источник родоначальной щелочно-базальтовой магмы в глубинном очаге в процессе дифференциации

сопровождался контаминацией корового материала в виде терригенных осадков. Таким образом, на лицо мантийно-коровое взаимодействие щелочной базальтовой магмы и корового терригенного материала, которое характеризовалось тем, что в глубинном очаге не создавался гомогенный расплав, а гетерогенный, который и генерировал дериваты, попадающие в различные по щёлочности поля на диаграммах. Эта неоднородность расплава приводила к тому, что последующий гидротермальный процесс создавал сложный комплекс оруденения, в котором сочетались халькофильные (Cu, Pb, Zn и редкометалльные (Mo, W) типы оруденения.

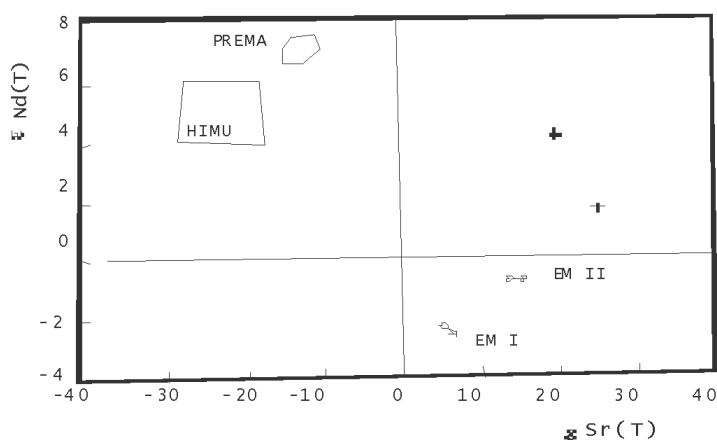


Диаграмма $\epsilon_{Sr}(t) - \epsilon_{Nd}(t)$ для гранитов Кызылташского массива

Типы мантии по Зиндлеру и Харту [6]: EM I и EM II – обогащённая мантия типов I и II; PREMA – примитивная мантия; HIMU – мантия с высоким изотопным уран-свинцовым отношением.

Пространственно и парагенетически с массивами гранитоидов комплекса связано жильное кварц-полиметаллическое оруденение, скарновое полиметаллическое, жильное медно-молибденовое, жильное молибден-вольфрамовое.

Наиболее изученным является Месторождение ключа Кварцевого, расположенного в западном экзоконтакте Цыганского массива гранитоидов, где вскрыто 5 кварцевых жил мощностью от 0,15 до 3 м и протяжённостью от 80 до 240 м. Жилы имеют юго-западное простирание (220°) с падением на СЗ под углами $40-45^\circ$. Руды представлены галенитом, сфалеритом, реже халькопиритом. Содержание свинца от 0,15 до 15,58%, цинка до 2,75%, меди до 0,05%. Спектральным анализом установлены Mo,

V и Ag. Запасы свинца подсчитаны по 3-м жилам в количестве 82,59 т по категории C_1 и 700 т по категории C_2 при среднем содержании свинца 0,15-2,69%; запасы забалансовые.

Интерпретация результатов. У предшественников, изучавших гранитоиды сложного габбро-гранитоидного кызылташского комплекса, получены неоднозначные трактовки его объёма и генерации. В нашем исследовании также отмечены различные положения фигуративных точек породных типов на петрохимических диаграммах и положение в приграничной зоне между известково-щелочным и умеренно-щелочным полями указывают на сложные процессы, участвовавшие в его формировании. Тем не менее, отрывать существенно габбровые дериваты от более поздних – гранитоидных нет никаких данных. На всех диаграммах наблюдается единый тренд от более щелочных основных разностей к умеренно-щелочным кислым дериватам.

На серийных диаграммах породы кызылташского комплекса также занимают пограничное положение между известково-щелочным и умеренно-щелочным полями. Так на диаграмме $K_2O - SiO_2$ тренд эволюции дифференциатов направлен от абсарокита и высоко- калиевого базальта (габброиды) к банакитам шошонитовой серии (гранодиориты – граниты – лейкограниты) и высококалиевым дацитам (лейкограниты) высоко-калиевой известково-щелочной серии. По петро-геохимическим данным и составам биотитов гранитоиды комплекса близки к шошонитовой серии [1, 4].

Заключение

Таким образом, в объём кызылташского комплекса следует включать и габброидные образования, так как последние по геологическим данным и на петрохимических диаграммах образуют единый ряд дериватов глубинного очага. В формировании расплавов просматриваются черты мантийно-

корового взаимодействия мантийной магмы и контаминация терригенного материала, что приводило к генерации различных типов оруденения Pb, Zn, Cu, Mo, W.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания, 2010. – № 4. – С. 57-59.
2. Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания, 2011. – № 5. – С.45-49.
3. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.
4. Gusev A.I. The shoshonitic granitoids of Altai-Sajan folded area: petrology and ore mineralization // European Journal of Natural History, 2011. – № 1. – P. 41-45.
5. Туркин Ю.А., Федак С.И. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая. – Томск: STT, 2008. – 460 с.
6. Zindler A., Hart S.R. Chemical geodynamics // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1986. – V.14. – P.493-571.