

УДК 552.3:550.4:550.42:550.93

АНОРОГЕННЫЕ ЩЕЛОЧНЫЕ ГРАНИТОИДЫ МАЙОРСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

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

Приведены геологические, геохимические и петрологические данные по щелочным гранитоидам майорского комплекса среднего девона. В его составе описаны 4 фазы внедрения: 1) роговообманковые габбро, габбро-нориты и габбро-диориты; 2) кварцевые диориты, гранодиориты амфибол-биотитовые; 3) биотит-амфиболовые граниты, субщелочные и рибекитовые граниты; 4) субщелочные лейкограниты, лейкограниты. Петрогеохимическими особенностями гранитоидов майорского типа являются повышенная щёлочность и наличие щелочного амфибола – рибекита. Пространственно и парагенетически с майорскими гранитами, относящимися к анорогенной геодинамической обстановке формирования, ассоциирует железорудное и редкоземельное оруденение и щелочные метасоматиты. В экзоконтакте с Майорским массивом сформировались везувиан-гранат-пироксеновые скарны.

Ключевые слова: гранитоиды, рибекитовые граниты, анорогенная обстановка, оруденение, железо, редкие земли, скарны, флюорит

THE ANOROGENIC ALKALIC GRANITOIDS OF MAYORSKIY COMPLEX OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

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

The geological, geochemical and petrological data on alkalic granitoids of mayorskii complex of middle Devonian lead in paper. 4 phases of introduction described in it composition: 1) hornblende gabbro, gabbro-norites and gabbro-diorites; 2) quartz diorites, granodiorites amphibole-biotite; 3) biotite-amphibole granites, subalkalic and riebeckite granites; 4) subalkalic leucogranites, leucogranites. Petrogeochemical peculiarities of granitoids of mayorskiy type are high alkali and presence of alkali amphibole – riebeckite. Iron ore and rare earth elements mineralization and alkali metasomatic rocks associated space and paragenetic. Granitoids of mayorskiy complex ascribe to anorogenic setting. Skarns of vezuvian-garnet-pyroxene formed in the exocontact of Mayorskiy massif.

Keywords: granitoids, riebeckite granites, anorogenic setting, ore mineralization, iron, rare earth elements, skarns, fluorite

Майорский габбро-гранит-лейкогранитовый комплекс среднего девона объединяет небольшие гипабиссальные массивы, развитые в пределах Чарышского блока Чарышско-Чуйской структурно-фациальной зоны (петротипический Майорский, Чесноковский массивы) и Коргонского наложенного прогиба (Коргонский, Еловский, Щебнюхинский, Сергеевский массивы). Значительным распространением гранитоиды майорского комплекса пользуются и в других районах: верховья р. Ночной, по рекам Абай, Коксе, Банной, Щебете и другим. Важность изучения массивов этого комплекса определяется несколькими факторами:

1 – в его состав некоторыми исследователями включены совершенно разнородные гранитоиды, образующиеся в различных геодинамических обстановках и петрологических режимах магмогенерации, что не содействует их объективной минерагенической оценки;

2 – щелочные гранитоиды майорского комплекса знаменуют специфическую геодинамическую обстановку формирования и ассоциирующего с ним оруденения;

3 – некоторые геологи предполагают, что майорские гранитоиды являются гипабиссальными комагматами соответствующим эффузивам коргонского комплекса.

Нами получены новые данные, позволяющие уточнить некоторые традиционные петрологические представления на изучаемые гранитоиды, их геодинамическую принадлежность. Наиболее корректно это можно сделать на примере петротипического Майорского массива при наличии хорошего аналитического материала.

Для майорского комплекса серийной легендой и схемой корреляции выделяются четыре фазы внедрения:

1) роговообманковые габбро, габбро-нориты и габбро-диориты (3%);

2) кварцевые диориты, гранодиориты амфибол-биотитовые;

3) биотит-амфиболовые граниты, субщелочные и рибекитовые граниты (20%);

4) субщелочные лейкограниты, лейкограниты (77%), иногда порфириовидные, микропегматитовые.

В Майорском ареале закартированы кроме одноименного массива: Чалинский, Вагинский и другие. С.П. Шокальский [3]

к майорскому комплексу относил также и Усть-Тулатинский массив.

Петротипический Майорский массив (площадью 150 км²) сложен двумя фазами внедрения:

1 – биотит-амфиболовыми меланогранитами, рибекитовыми, эгирин-рибекитовыми гранитами;

2 – лейкогранитами, микропегматитовыми лейкогранитами.

Массив представляет собой штокообразное discordантное тело, прорывающее отложения силура. Контакты с вмещающими отложениями неровные, извилистые. Известняки и известковистые алевролиты ороговикованы в экзоконтактной полосе на ширину 300–350 м, отмечается развитие рудных (магнетит) гранат-везувиан-пироксеновых и эпидот-амфиболовых скарнов с флюоритом, халькопиритом. Преобладают обычно катаклазированные неравнозернистые миароловые граниты, дающие постепенные переходы к субщелочным, рибекитовым и эгирин-рибекитовым разностям на юге интрузива в краевых и купольных частях, осложняющих западную часть массива.

Меланограниты и граниты 1 фазы Майорского массива состоят из грубопертитового щелочного полевого шпата (45%), кварца (33%), плагиоклаза № 0 – 16 (15%), высокожелезистого ($f = 64-96$) низкоглиноземистого биотита (15%), амфибола ряда катафорит-рибекит-озаннит (5-8%), пироксена (салит, титанавгит, эгирин-авгит) (менее 5%). Биотит гранитоидов первой фазы характеризуется повышенной железистостью ($f = 65,1$), не высокой глиноземистостью ($l = 32,2$), низкими значениями алюминия в октаэдрической координации ($Al_{VI} = 0,18$). Акцессорные минералы представлены магнетитом, ильменитом, цирконом, флюоритом, ортитом, колумбитом, сфеном, чевкинитом, фергюсонитом, бастнезитом, касситеритом. Структура графическая, микропегматитовая. Породы характеризуются повышенной щелочностью ($Na_2O + K_2O = 7,73-8,13$), агпаитностью ($K_{AG} = 0,89$), железистостью ($F = 86$), низкой анортитовостью ($c = 0,6$), умеренной глиноземистостью (коэффициент Шенда = 1,05). Содержание редких элементов высокое (г/т), типичное для анорогенных А-типов гранитов ($Zr = 280-269$, $Nb = 24-28$, $Y = 37-33$, $Sr = 376-150$, $Rb = 90-130$). Отношение FeO_4/MgO составляет 6,03–7,34 и низкие концентрации CaO (1,37–0,73) также характерны для А-типа гранитов. Отношение

Nb/Ta в меланогранитах самое низкое (5,85) из всех пород Майорского массива. Степень дифференцированности РЗЭ не высокая (отношение $La/Yb_N = 3,75$). Отмечается заметная позитивная аномалия по церию.

Рибекитовые граниты розовато- и желтовато-серой окраски. В их составе преобладает призматический полевой шпат (50–60%), в значительном количестве (до 30-35%) отмечается кварц. Характерным темноцветным минералом является амфибол, равномерно распределенный в породе с редкими гломеропорфировыми скоплениями. Его содержания варьируют от 5 до 10% при среднем значении 6-8%. Спорирачески отмечаются астрофиллит, эгирин. Характерна гипидиоморфнозернистая структура, местами переходящая в аллотриоморфнозернистую. Амфибол представлен крупными (до 0,5–1 см) удлиненно-призматическими кристаллами почти чёрного цвета с буровато-синим оттенком. Пересчёт на структурную формулу химического состава амфибола показал, что по величине катионной группы ($X = 2,11-2,15$) он близок к рибекиту (для рибекита $X = 2$, а для арфведсонита $X = 3$). Кроме того, близость к рибекиту устанавливается и по отсутствию алюминия в октаэдрической координации (Al_{VI}). Микропертитовый полевой шпат образует в гранитах призматические кристаллы. По химизму полевой шпат характеризуется почти равными количествами натрия и калия при некотором преобладании последнего (таблица).

Дифрактометрия полевых шпатов позволяет относить их к варьирующему ряду от $Ab_{45}Or_{55}$ до $Ab_{60}Or_{40}$. При этом в микропертитовых кристаллах отмечается несколько более высокая доля альбитовой фазы. В качестве акцессориев в рибекитовых гранитах присутствуют ильменит (до 1600 г/т), пирит, халькопирит, флюорит, монацит, циркон (бурый и бесцветный), эпидот, гранат, сфен, фергюсонит, пироксид. Резкое преобладание ильменита и отсутствие магнетита и гематита в рибекитовых гранитах указывает на более восстановительные условия их кристаллизации. По этому параметру рибекитовые граниты можно отнести к ильменитовой серии по С. Ишихара [9, 10]. Характерной петрохимической особенностью рибекитовых гранитов является незначительное обогащение алюминием, повышенное отношение FeO_4/MgO (19) и непересыщенность щелочами (петрохимический показатель «с» А.Н. Заварицкого положителен), сумма щелочей составляет

8,11 при преобладании калия (см. таблицу). В рибекитовых гранитах максимальные содержания (г/т) из всех пород массива: циркония – 540, иттрия – 88, лантана – 69, ниобия – 34, галлия – 22,1. Для рибекитовых гранитов установлена наиболее высокая дифференциация РЗЭ (отношение $La/Yb_N = 4,45$). В них же и наиболее высокое отношение ниобия к танталу (20,0),

что свойственно ювенильным щелочным породам [1]. На диаграммах в спектре распределения РЗЭ наблюдается слабый правосторонний наклон кривой с едва заметной негативной аномалией по европию и позитивной по церию. Негативная европиевая аномалия, возможно, указывает на фракционирование полевого шпата в расплаве.

Представительные анализы пород Майорского и Усть-Тултинского массивов

Оксиды, масс. %, элементы, г/т	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
SiO ₂	71,78	74,49	73,95	75,86	76,45
TiO ₂	0,33	0,22	0,24	0,18	0,09
Al ₂ O ₃	13,87	12,95	12,14	12,05	12,26
Fe ₂ O ₃	0,73	0,89	1,88	1,07	0,61
FeO	2,43	1,46	1,71	1,21	1,52
MnO	0,08	0,06	0,10	0,08	0,03
MgO	0,55	0,33	0,21	0,18	0,25
CaO	1,37	0,75	0,51	0,49	0,72
Na ₂ O	3,42	3,34	3,82	3,36	4,31
K ₂ O	4,31	4,79	4,29	4,72	3,52
P ₂ O ₅	0,24	0,08	0,05	0,17	0,04
Zr	280	269	540	350	284
Be	1,9	2,5	2,6	2,8	5,5
Y	37	33	88	29	84
Nb	24	28	34	24,5	97
Ga	17,4	17,6	12,9	16,4	28
Rb	90	130	175	190	244
Li	10,7	15,8	21,4	45,3	58,6
Ba	750	500	420	150	25,5
Sr	376	150	148	170	16,7
Ta	4,1	2,6	1,7	2,7	3,4
B	8,5	14	16,3	18,5	22,7
V	12,6	2,5	1,8	2,3	3,3
Cu	19,2	13,1	10,4	8,1	21,4
Mo	2,1	1,2	0,9	1,1	2,3
Sn	6,2	6,3	7,1	8,2	10,3
Zn	46,4	50	58,4	85,3	43,3
Pb	41,1	13,4	16,5	24,3	34,2
La	9,1	8,8	8,7	9,8	5,2
Ce	47,4	48,4	50,2	31,2	11,5
Pr	7,2	7,1	5,5	5,2	9,2
Nd	20,3	20,1	19,8	24,1	4,5
Sm	4,5	4,4	4,3	7,5	1,0
Eu	1,4	1,3	1,3	0,7	0,5
Gd	6,1	5,8	5,2	8,4	0,85
Tb	0,9	1,0	1,2	1,1	0,20
Dy	2,9	2,8	2,7	6,3	0,91
Ho	0,5	0,44	0,4	1,2	0,20
Er	1,5	1,4	1,8	3,2	0,71
Tm	0,20	0,19	0,5	0,6	0,15

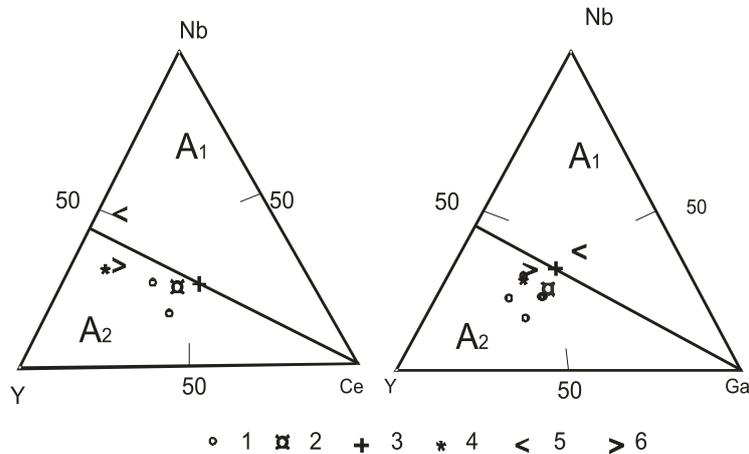
Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Yb	1,6	1,5	1,3	2,4	1,5
Lu	0,3	0,29	0,3	0,5	0,17
Eu/Eu*	0,059	0,057	0,06	0,02	0,12
La/Yb _N	3,75	3,87	4,45	2,7	2,29
Nb/Ta	5,85	10,8	20,0	9,1	28,5

Примечание. Майорский массив: 1 – меланограниты 1 фазы, 2 – биотитовые граниты 1 фазы, 3 – рибекитовые граниты 1 фазы, 4 – лейкограниты 2 фазы; Усть-Тулатинский массив: 5 – лейкограниты 2 фазы. Нормализация некоторых РЗЭ проведена относительно концентраций в хондрите по [4]. $Eu^* = (Sm_N + Gd_N)/2$. Анализы на РЗЭ выполнены методом ICP-ms в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва).

В Усть-Тулатинском массиве отсутствуют граниты со щелочными амфиболами и пироксенами (рибекит, эгирин). Петро-

геохимические параметры лейкогранитов этого массива контрастно отличаются от таковых Майорского (рисунок, таблица).



Диаграммы Y-Nb-Ce и Y-Nb-Ga по Дж. Эби [5]

для гранитоидов майорского ареала. Поля гранитоидов по Дж. Эби [5]:

A_1 – анорогенные гранитоиды A_1 – типа мантийных горячих точек и плюмов; A_2 – анорогенные гранитоиды A_2 – типа постколлизийных обстановок. Майорский массив: 1 – щелочные рибекитовые граниты 1 фазы, 2 – амфибол-биотитовый гранит 1 фазы, 3 – биотитовый гранит 1 фазы, 4 – лейкограниты 2 фазы; Усть-Тулатинский массив: 5 – лейкограниты; Чалинский массив: 6 – лейкограниты

В экзоконтактах рибекитовых гранитов установлены жилоподобные образования послемагматических рихтерит-эгирин-альбитовых и эгириновых метасоматитов с редкометалльной минерализацией. В южном экзоконтакте меланогранитов 1 фазы Майорского массива образовались магнетитовые везувиан-гранат-пироксеновые скарны. С гранитоидами Елиновского и Аскатинского массивов связаны жильные проявления флюорит-редкоземельной минерализации.

Лейкократовые гранитоиды, относимые ко второй фазе внедрения, как правило, слагают самостоятельные трещинные массивы, реже отдельные неправильной формы тела, куполовидные поднятия среди ранних фаз внедрения. Роговообманково-биотитовые субщелочные лейкограниты с переходом к лейкогранитам и гранитам представляют

собой розовые средне-, реже крупнозернистые роговообманково-биотитовые порфировидные породы с гранитовой и микрографической структурами. Характерно обилие миароловых пустот, мечевидный облик биотита. В миароловых пустотах изредка отмечаются флюорит, шеелит, пирит, халькопирит. В сравнении с гранитоидами предыдущей фазы, породы слегка обеднены щелочами и не содержат щелочных амфиболов. В них более высокие содержания калия (см. таблицу). Они отличаются минимальными содержаниями кальция, галлия, ниобия, бария, меди и максимальными – лития, бора, олова, цинка. Биотит лейкогранитов характеризуется высокой железистостью (до 72,4) и метаалюминиевым составом (Al_2O_3 до 16,32%). При этом алюминий в октаэдрической координации в структуре био-

тита имеет высокий уровень ($Al_{VI} = 0,46$); он отличается более высокой глинозёмистостью ($l = 36,7$), чем биотиты первой фазы внедрения. Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, магнетитом, цирконом, фергусонитом, редко флюоритом, шеелитом, турмалином, пиритом. Структура гипидиоморфнозернистая, микрографическая. Петрохимическая особенность лейкогранитов заключается в самом низком содержании оксида кальция и более высоком соотношении калия к натрию в группе щелочей. Отношение FeO_i/MgO в лейкогранитах составляет 12 и наряду с другими петро-геохимическими параметрами указывает на принадлежность к аноרגенным гранитам А-типа. В лейкогранитах наблюдается наиболее низкая дифференциация РЗЭ (отношение $La/Yb_N = 2,7$) среди пород Майорского массива (см. таблицу). Кривая распределения спектра РЗЭ имеет слабый правосторонний наклон с резкой негативной аномалией лютеция и несколько меньшей европия.

Среднедевонский возраст комплекса определен серийной легендой по изотопной датировке (381 ± 4 млн лет), полученной U/Pb-методом по цирконам [2]. Гранитоиды прорывают покровные, субвулканические и экструзивные фации коргонского комплекса, и в тоже время, продукты перемива плагиигранитов «инского типа» отмечаются в гальке конгломератов из верхней части коргонской свиты.

На диаграммах Y-Nb-Ce и Y-Nb-Ga (см. рисунок) гранитоиды Майорского массива попадают в поле A_2 -типа, формирующихся в постколлизийных обстановках по Дж. Эби [5, 6]. В то же время лейкограниты Усть-Тулатинского массива относятся на основании соотношений указанных элементов к A_1 -типу, геодинамическая обстановка формирования которых характерна для мантийных горячих точек и плюмтектоники. По составу биотитов все разновидности гранитоидов Майорского массива также отнесены к A_2 -типу [5, 6].

Для пород Майорского и Усть-Тулатинского массивов рассчитаны некоторые параметры флюидного режима. Температуры кристаллизации пород в массивах были различны. Меньшими значениями отличались граниты и лейкограниты Усть-Тулатинского массива. В них значительно выше концентрации плавиковой кислоты во флюидах, что не могло не сказаться на более высокой рудоносности Усть-Тулатинского массива. По мере снижения температур кристаллизации пород от ранней фазы кристаллизации к поздней менялась кислотно-

основная характеристика флюидов. В заключительных дериватах она была намного кислотней (параметр Y_B), а биотит становился более железистым и глинозёмистым, с относительно большей долей алюминия в октаэдрической координации.

Выводы

Гранитоиды Майорского массива на первых этапах становления диагностируются типичными агпайтовыми гранитами со щелочными амфиболами и пироксенами. Рибекитовые граниты с пертитовым щелочным полевым шпатом являются гиперсольвусными моношпатовыми гранитами, а в заключительных фазах, представлены умеренно-щелочными, не содержат щелочных темноцветных минералов. В ходе эволюции магматизма химизм пород менялся существенно, что, вероятно, связано с процессами фракционирования минералов в глубинном очаге. На основе приведенных данных напрашивается вывод о том, что гранитоиды Усть-Тулатинского массива не могут рассматриваться в составе майорского комплекса. Это граниты другого типа, знаменующие своим становлением функционирование глубинных очагов, вызванных процессами плюмтектоники. Они отличаются многими петрогеохимическими параметрами и несут отличный тип оруденения от майорских гранитоидов: существенно молибден-вольфрамовое. В то время как парагенетически с майорскими гранитами, относящимися к аноргенной геодинамической обстановке формирования, ассоциирует железорудное и редкоземельное оруденение и щелочные метасоматиты. Железорудная минерализация, ассоциирующая с майорскими гранитоидами, характеризуется повышенными содержаниями редких земель. В ассоциации с Елиноским и Аскатинским массивами, относящимися к майорскому комплексу, проявлено флюорит-редкоземельное оруденение.

Список литературы

1. Бородин Л.С., Осокин Е.Д., Блюм И.А. // Геохимия, 1972. – №1. – С. 64-75.
2. Владимиров А.Г., Козлов М.С., Шокальский С.П. // Геология и геофизика. – 2001. – Т.42. – №8. – С. 1157-1178.
3. Шокальский С.П. Петрогеохимическая типизация гранитоидов Северо-Западного Алтая: автореф. дис. ... к.г.м.н. – Новосибирск, 1990. – 19 с.
4. Anders E., Greevesse N. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V.53. – P. 197-214.
5. Eby G.N. // Lithos. – 1990. – Vol. 26. – P. 115-134.
6. Eby G.N. // Geology. – 1992. – Vol. 20. – P. 641-644.
7. Henderson P. Inorganic Geochemistry. – Pergamon, Oxford, 1982. – 312 p.
8. Ishihara S. // Min. Geol. – Tokyo, 1977. – Vol. 27. – P. 293-305.
9. Ishihara S. // Econom. Geology. – 1981. – 75-th Anniversary Volume. – P. 458-484.