

КВАРЦ-ЭГИРИН-МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ В МЕЗОЗОЙСКИХ КАЛИЕВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ МАССИВАХ АЛДАНСКОГО ЩИТА

© 2014 г. Г. П. Дворник

Процессы кварц-эгирин-микроклинового метасоматоза проявились в пределах рябиновского, Ыллымахского и мурунского щелочных комплексов, сформировавшихся в эпоху мезозойской тектономагматической активизации Алданского щита [3, 8, 9]. В рябиновском и Ыллымахском комплексах Центрально-Алданской провинции метасоматиты эгирин-микроклинового, эгиринового, кварц-гематит-микроклинового и кварц-микроклинового состава, выделенные нами в самостоятельную формацию [10, 11], образуют многочисленные жилы и прожилки на участках распространения поздних даек и штоков щелочно-гранитной серии (грокрудитов, эгириновых граносиенитов, щелочных гранитов). Они также встречаются в зонах развития фенитов и серицит-микроклиновых метасоматитов. Наиболее поздние по времени образования породы щелочногранитной серии (грокрудиты, эгириновые граниты и граносиениты) секутся жилами кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов [11]. В пределах массивов они образуются в результате проявления процессов кремнежелезокалиевого метасоматизма на завершающем этапе постмагматической гидротермальной деятельности.

Развитие метасоматического процесса на позднем этапе в породах Рябинового массива (входящего в состав рябиновского комплекса) имело два главных направления. Первое из них характеризовалось условиями постепенного нарастания в гидротермальных растворах активности ионов трехвалентного железа и натрия при снижении на завершающей стадии потенциала калия. В этих условиях в колонке по грокрудитам в раннюю щелочную стадию формируются эгирин-микроклиновые метасоматиты и эгириниты (табл. 1). Изменение химического состава эдукта в эту стадию при образовании эгирин-микроклиновых метасоматитов выражается в привносе в зону реакции ионов железа, калия, кальция, магния, выносе ионов кремния, алюминия и повышении общей основности пород.

Второе направление отражало главную тенденцию, присущую метасоматическому процессу на всех этапах его проявления, – возникновение окислительной обстановки при высокой активности калия в растворах. В таких условиях в стадию

кислотного выщелачивания эгирин становится неустойчивым и замещается кварц-гематитовым агрегатом. При этом происходит привнос в зону реакции ионов кремния, водорода, вынос ионов натрия, железа. В позднюю щелочную стадию в обстановке привноса в элементарный объем пород (10^{-26} м³) ионов калия, алюминия, выноса ионов кремния и железа и повышения общей основности образуются кварц-микроклиновые метасоматиты (см. табл. 1).

Характерными минералогическими признаками жильных кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов позднего этапа являются присутствие белого, а под микроскопом прозрачного решетчатого микроклина-3, развитие игольчатых кристаллов эгирина. В некоторых разностях метасоматитов отмечаются альбит, железистый карбонат, в других широко распространен кварц. Микроклин-3 характеризуется высокой степенью триклинности, его показатели преломления: $n_p = 1.516$, $n_g = 1.522$. Агрегаты зерен микроклина-3 из кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов по среднему размеру зерен занимают промежуточное положение между ранними и поздними микроклинитами формации серицит-микроклиновых метасоматитов, но близки с последними по величине относительной энтропии. Микроклин-3 отличается по химическому составу (SiO_2 65.98%, TiO_2 0.01%, Al_2O_3 16.05%, Fe_2O_3 0.43%, FeO 0.40%, MnO 0.03%, MgO 0.01%, CaO 0.67%, Na_2O 0.36%, K_2O 15.12%, H_2O 0.70%), от полевых шпатов из серицит-микроклиновых метасоматитов Рябинового массива, вмещающих золотопорфиговое оруденение, более высоким содержанием кремнезема, более низкой концентрацией глинозема. Кварц-эгирин-микроклиновые метасоматиты рябиновского комплекса иногда содержат вкрапленность борнита и более редкого пирита. Для них характерны сидеро- и халькофильная геохимическая специализация, повышенные концентрации в сравнении с эдуктом меди, серебра, марганца, ванадия, более низкие значения полиметаллического индекса $(\text{Pb} \times \text{Zn}) / (\text{Cu} \times \text{Mo})$ (табл. 2).

Сходные по характеру и направленности с рассмотренными процессы проходили при формировании жильных кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов по пироксеновым граносиенитам

Таблица 1. Химический состав исходных пород и кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов (мас. %)

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	67.76	58.67	52.64	53.90	59.02	76.42	64.28	68.90	65.79	60.26
TiO ₂	0.14	0.35	0.84	0.50	0.15	0.32	0.02	0.04	0.22	0.92
Al ₂ O ₃	15.70	8.82	1.69	1.31	15.84	6.80	18.62	15.85	14.38	16.27
Fe ₂ O ₃	1.85	12.92	30.00	23.42	10.28	6.60	1.75	0.55	2.36	7.80
FeO	0.59	2.03	2.27	2.91	0.56	0.36	0.42	0.43	0.27	0.22
MnO	0.47	0.33	0.40	0.44	0.01	0.21	0.01	–	0.09	0.37
MgO	0.28	1.11	0.57	1.69	0.20	0.41	0.20	0.14	0.40	0.28
CaO	0.45	2.16	1.99	3.72	0.35	0.35	0.25	–	2.34	0.79
Na ₂ O	5.74	6.02	7.65	11.49	0.56	0.56	0.70	0.51	2.39	4.69
K ₂ O	5.94	7.12	0.56	0.29	1.61	5.65	13.14	13.34	10.68	6.59
P ₂ O ₅	–	0.01	0.01	–	0.03	0.11	0.02	–	0.05	0.09
H ₂ O	0.14	0.32	0.54	0.16	1.56	1.96	0.40	1.60	1.69	0.16
CO ₂	0.20	–	0.12	–	0.20	0.19	0.20	0.20	–	0.17
Сумма	99.26	99.86	99.28	99.83	100.07	99.94	100.01	101.56	100.68	98.64
Основность, кДж	7.7	14.7	8.3	15.2	10.9	2.7	12.9	11.6	9.0	11.4
Компонент	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	88.21	70.53	51.16	56.28	56.63	57.62	52.63	66.32	65.34	62.35
TiO ₂	0.04	0.18	0.70	0.96	1.41	0.25	5.07	0.64	0.06	0.01
Al ₂ O ₃	2.64	13.69	11.68	13.22	9.15	16.98	6.72	12.75	20.16	7.75
Fe ₂ O ₃	1.30	0.40	3.53	8.70	13.68	3.06	14.80	1.46	0.88	0.88
FeO	1.29	1.55	3.86	1.95	1.80	2.03	1.58	1.82	0.11	0.67
MnO	0.07	0.04	0.13	0.16	0.17	0.09	0.36	0.09	0.58	0.18
MgO	0.16	0.10	6.09	1.02	1.13	0.76	0.83	0.73	0.05	0.10
CaO	0.67	0.12	6.06	2.27	2.20	2.15	2.45	1.47	0.36	10.39
Na ₂ O	0.18	0.40	1.56	3.77	5.16	2.18	7.36	0.68	0.28	1.75
K ₂ O	1.99	12.27	10.26	9.64	7.73	13.09	6.10	12.99	13.18	12.14
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.76	0.23	0.12	20.06	0.40	0.07	0.04	0.03
H ₂ O	0.75	0.20	3.63	1.31	0.55	0.10	0.93	0.59	0.23	2.23
CO ₂	–	0.09	–	–	–	0.20	–	0.51	–	0.33
Сумма	97.30	99.62	99.42	99.51	99.73	98.87	99.23	100.12	101.27	99.67
Основность, кДж	–1.9	8.6	14.4	10.8	14.1	17.2	14.8	13.1	12.5	18.5

Примечание. 1–8 – рябиновский комплекс (1 – грорудит, 2 – эгирин-микроклиновый метасоматит, 3–4 – эгириниты, 5–6 – гематит-кварц-микроклиновые метасоматиты, 7–8 – кварц-микроклиновые метасоматиты) [5, 8]; 9–12 – ыльмахский комплекс (9 – пироксеновый граносиенит, 10 – эгирин-микроклиновый метасоматит, 11 – гематит-микроклин-кварцевый метасоматит, 12 – кварц-микроклиновый метасоматит) [11]; 13–20 – мурунский комплекс (13 – минетта, 14 – тингуаит-порфир, 15–16 – пироксен-микроклиновый метасоматиты, 17 – эгиринит, 18–19 – кварц-пироксен-микроклиновые метасоматиты, 20 – кварц-эгирин-микроклиновый метасоматит с чароитовой минерализацией) [1, 2, 4, 6].

ыльмахского комплекса (см. табл. 1). Образование эгирин-микроклиновых, гематит-микроклин-кварцевых метасоматитов происходило в условиях преобладания выноса компонентов из зоны реакций над их привнесом. Следует отметить, что процессы эгиринизации в щелочных гранитах и граносиенитах ыльмахского комплекса проявились менее интенсивно, чем в породах Рябинового массива, и жил эгиринового состава здесь не установлено. Белый микроклин-3 из кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов Ыльмахского массива (в составе одноименного комплекса) характеризуется высокой степенью триклинности и сходен по своим структурным параметрам с решетчатым микроклином из аналогичных метасоматитов рябиновского комплекса. Его показатели преломления: $n_p = 1.515–1.516$, $n_g = 1.521–1.523$.

В пределах ыльмахского комплекса кварц-эгирин-микроклиновые метасоматиты наибольшее

площадное распространение получили в юго-восточной части, в штоке эгириновых гранитов и граносиенитов и их эруптивных брекчий, где в стадию кислотного выщелачивания сформировались кварцевое ядро и окружающая его широкая зона повышенного окварцевания пород. В породах штока канавами вскрыты жилы, прожилки и гнезда, сложенные пироксен-микроклиновыми, микроклин-кварцевыми метасоматитами, содержащими обильную вкрапленность борнита.

В пределах мезозойского мурунского щелочного комплекса в Западно-Алданской провинции кварц-эгирин-микроклиновые метасоматиты сформировали линзовидные залежи, жилы и прожилки на участках развития поздних даек и силлов минетт, грорудитов, тингуаит-порфиров [3, 4]. В фенитовой зоне они нередко пересекают и замещают породы дайкового комплекса и являются наиболее поздними по вре-

Таблица 2. Геохимическая характеристика (10–3%) исходных пород и кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов рябиновского щелочного комплекса [8]

Элемент	1 (10)			2 (7)		3 (9)		4 (25)		5 (23)	
	Среднее	Среднее	Коэф-фициент концентрации	Среднее	Коэф-фициент концентрации	Среднее	Коэф-фициент концентрации	Среднее	Коэф-фициент концентрации	Среднее	Коэф-фициент концентрации
Литофилы											
Mo	0.28	0.12	0.43	0.10	0.36	0.24	0.86	0.28	1.00		
Sn	0.44	1.53	3.48	1.83	4.16	0.56	1.27	0.88	2.00		
Ba	41.00	33.75	0.82	50.00	1.22	192.40	4.69	364.35	8.89		
Sr	10.50	10.00	0.95	10.00	0.95	7.40	0.70	21.30	2.03		
Be	0.36	0.15	0.42	0.18	0.50	0.48	1.33	0.51	1.42		
Zr	23.50	30.00	1.28	80.00	3.40	3.30	0.14	4.87	0.21		
Халькофилы											
Cu	5.40	55.00	10.19	572.76	106.07	7.40	1.37	12.61	2.34		
Zn	5.40	23.00	4.26	17.00	3.15	1.70	0.31	5.52	1.02		
Pb	5.40	4.93	0.91	11.22	2.08	5.90	1.09	4.48	0.83		
Ag	0.09	0.09	1.00	4.18	46.44	1.04	11.56	0.24	2.67		
Сидерофилы											
Mn	22.00	87.50	3.98	144.29	6.56	18.20	0.83	26.83	1.22		
Ni	1.16	6.00	5.17	2.44	2.10	0.75	0.65	1.87	1.61		
Co	0.11	1.20	10.91	1.18	10.73	–	–	0.16	1.45		
V	9.70	82.29	8.48	43.33	4.47	24.20	2.49	28.74	2.96		
Ti	58.00	137.14	2.36	170.0	2.93	36.40	0.63	160.78	2.77		
Cr	14.30	7.29	0.51	9.22	0.64	2.80	0.20	3.91	0.27		
(Pb×Zn) (Cu×Mo)	19.29	17.18	–	3.33	–	5.65	–	7.01	–		

Примечание. 1 – грорудиты, 2 – эгирин-микроклиновые метасоматиты, 3 – эгириниты с вкрапленностью борнита, 4 – кварц-гематит-микроклиновые метасоматиты, 5 – кварц-микроклиновые метасоматиты. В скобках приведено количество проб. Геохимическая специализация кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов ыльмакского комплекса халькофильная, существенно медно-серебряная, с повышенным содержанием свинца. Полиметаллический индекс метасоматитов варьирует от 1.1 до 3.3 [11]. В минерализованном штокверке содержание меди достигает 0.8–1%, серебра – до 200 г/т. Содержание золота в жильных метасоматитах с вкрапленностью борнита низкое: по данным их пробирного анализа, оно изменяется от 0.12 до 0.29 г/т, по данным атомно-абсорбционного анализа – от 0.11 до 0.26 г/т.

мени образования метасоматическими породами. Эгирин-микроклиновые, эгириновые и кварц-микроклиновые метасоматиты мурунского комплекса по химическому, минеральному составу и кислотно-основным свойствам, выраженным величиной общей основности, близки аналогичным метасоматитам рябиновского и ыльмакского комплексов в Центрально-Алданской провинции (см. табл. 1). В южном экзоконтактовом фенитовом ореоле Маломурунского массива кварц-эгирин-микроклиновые метасоматиты образовали линзовидные и жильные тела, вмещающие чароитовую минерализацию месторождения Сиреневый Камень, расположенного на участке пересечения кольцевых и линейных разломов северо-восточного и северо-западного простирания на площади около 12 км² [3, 4]. Месторождение состоит из 26 участков, представляющих собой отдельные проявления чароита. В составе чароитовых пород (чароититов) установлено около 30 минералов, которые разделены на четыре группы [3].

1. Породообразующие минералы – кварц, микроклин, эгирин, рихтерит.

2. Щелочные кальциевые силикаты: чароит, пектолит, тиноксит, токкоит, апофиллит, мизерит, канацит, федорит.

3. Акцессорные минералы – титанит, батисит, болефит, барит.

4. Рудные минералы – борнит, халькопирит, халькозин, галенит, сфалерит, самородная медь.

Чароититы по времени образования (100–85 млн лет) значительно моложе фенитов, контролируются локальными разрывными структурами и отличаются повышенной концентрацией циркония, титана, стронция, бария, ниобия [3]. Чароитовые породы также характеризуются более низкими значениями отношения изотопов стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70745\text{--}0.70786$) в сравнении с породами дайкового комплекса ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70785\text{--}0.70799$) [6]. В результате исследований первичных флюидных включений в кварце чароитовых пород на месторождении Сиреневый Камень [7] установлены термодинамические условия формирования кварц-эгирин-микроклиновых метасоматитов с чароитовой минерализацией: $T = 635\text{--}565^\circ\text{C}$, $P = 400\text{--}60$ МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бирюков В.М., Бердников Н.В.* О парагенетической связи чароитовой минерализации с щелочным метасоматозом // Зап. ВМО. 1992. Ч. 121, № 6. С. 59–76.
2. *Борисов А.Б., Евдокимов М.Д.* Фениты района чароитовых месторождений Мурунского массива // Зап. ВМО. 1984. Ч. 113, № 4. С. 485–497.
3. *Гадиятов В.Г., Маршинцев В.К.* Цветные камни Якутии и их месторождения. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2000. 328 с.
4. Калиевый щелочной магматизм Байкало-Становой рифтогенной системы / В.П. Костюк, Л.И. Панина, А.Я. Жидков и др. Новосибирск: Наука, 1990. 239 с.
5. *Кочетков А.Я., Пахомов В.Н., Попов Б.А.* Магматизм и метасоматизм Рябиновского рудоносного щелочного массива (Центральный Алдан) // Магматизм медно-молибденовых рудных узлов. Новосибирск: Наука, 1989. С. 79–110.
6. *Покровский Б.Г.* Корова контаминация мантийных магм по данным изотопной геохимии // Тр. ГИН РАН. Вып. 535. М.: Наука, 2000. 238 с.
7. *Прокофьев В.Ю., Воробьев Е.И.* Р-Т-условия образования стронций-бариевых карбонатитов, чароитовых пород и торголитов мурунского щелочного массива (Восточная Сибирь) // Геохимия. 1991. № 10. С. 1444–1452.
8. *Угрюмов А.Н., Дворник Г.П.* Щелочные рудоносные метасоматиты Рябиновского массива (Алданский щит) // Сов. геология. 1984. № 9. С. 84–94.
9. *Угрюмов А.Н., Дворник Г.П., Балахонов В.С.* Рудоносные кварц-эгирин-полевошпатовые метасоматиты в щелочных гранитоидах Ыллымахского вулканоплутона (Алданский щит) // Гранитоидные вулканоплутонические ассоциации: петрология, геодинамика, металлогения. Информ. мат-лы Всерос. совещ. Сыктывкар, 1997. С. 140–141.
10. *Угрюмов А.Н., Дворник Г.П., Балахонов В.С.* Метасоматическая зональность мезозойского полигенного и полихронного Ыллымахского медно-золоторудного узла (Алданский щит) // Метасоматизм и рудообразование: мат-лы Всерос. конф. Екатеринбург, 1997. С. 73–75.
11. *Угрюмов А.Н., Дворник Г.П., Балахонов В.С.* Метасоматическая зональность мезозойского полигенного и полихронного Ыллымахского золоторудного узла (Алданский щит) // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. Вып. 13. Екатеринбург, 2001. С. 153–163.