

Эволюция составов кислых расплавов Семейтауской вулканоплутонической структуры по данным LA-ICP-MS

Жукова И.А., Боровиков А.А., Изох А.Э., Борисенко А.С.
ИГМ СО РАН, Новосибирск, Россия, zhukova@uiggm.nsc.ru

Granite melts evolution of the Semeitau igneous series by LA-ICP-MS data

Zhukova I.A., Borovikov A.A., Izokh A.E., Borisenko A.S.
IGM SB RAS, Novosibirsk, Russia, zhukova@uiggm.nsc.ru

Summary. One of the most important problems for understanding of the ore - forming processes is a determination fluids condition and ascertain link between magmatic process and ore

formation. It is ascertain for the most of magmatic complex that ore formation more frequently associated with the late variety of magmatic rocks – porphyry intrusions and dykes, such as granite – porphyry, syenite – porphyry and ongonites (Borisenko et al., 2006; Audetat et al., 2000). Melt and fluid inclusions study by modern precise microanalytic methods give us a possibility to get a principally new information about composition, geochemical peculiarities and P-T conditions of magmatogene fluids, separated from the crystallizing melts of the Semeitau igneous series. Fluid and melt inclusions in quartz phenocrysts from quartz porphyry, trachytes and trachyrhyolites have been studied using cryometry, microthermometry, Raman-spectroscopy, electronic microprobe analysis, LA-ICP-MS and other methods.



Рис. 1. Состав кварцевого порфира и расплавных включений из кварцевых вкрапленников (по данным LA-ICP-MS и ICP-MS).

Fig. 1. Composition of quartz porphyry and melt inclusions by the LA-ICP-MS and ICP-MS data.

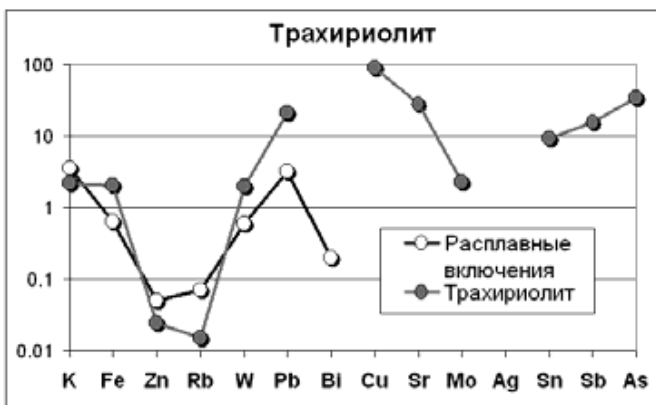


Рис. 2. Состав трахирриолита и расплавных включений из кварцевых вкрапленников (по данным LA-ICP-MS и ICP-MS).

Fig. 2. Composition of trachyrhyolite and melt inclusions by the LA-ICP-MS and ICP-MS data.

ассоциирует золото-сульфидное оруденение с повышенным содержанием мышьяка и сурьмы. Возраст установлен методом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и составляет для витрофигов 248.8 ± 0.5 млн. лет для трахитов – 248.2 ± 0.5 млн. лет (Lyons et al., 2002). Проведены работы по термометрии и криометрии флюидных включений из вкрапленников кварцевых

порфиров, трахириолитов и трахитов. Состав стекла расплавных включений определен на микроанализаторе Camebax-micro. Результаты этих исследований, а так же результаты определения газового состава включений методом Рамановской спектроскопии

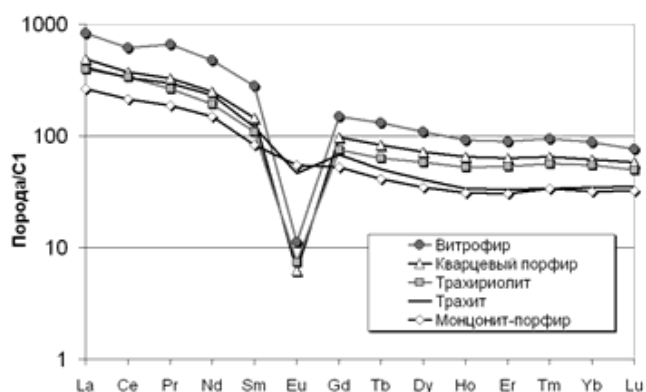


Рис. 3. Редкоземельные спектры пород Семейтау, нормированные по хондриту (McDonough and Sun, 1995).

Fig. 3. Chondrite-normalized rare earth element patterns of the Semeitau rocks. Chondrite composition after McDonough and Sun, 1995.

витрофиров и трахириолитов менее щелочной, и соответствует толеитовым кислым расплавам (табл. 2). Анализ распределения редких земель в монцонит-порфире, трахите, трахириолите, кислом витрофире и кварцевом порфире показывает наличие выраженной европиевой аномалии в кислых эфузивах, в отличие от средних пород (рис. 3). Сопоставление редкоэлементного состава трахириолитов и кварцевых порфиров с составом расплавных включений в кварцевых вкрапленниках показало, что породы обеднены такими компонентами, как As (в 5 раз), Sn (в 6 раз), W (в 6 раз), и Pb (в 1.5 раза) и обогащены Sb (в 6 раз), Zn (в 5 раз) по сравнению с первоначальным расплавом (рис. 1, 2).

В результате кристаллизации как кислых, так и средних расплавов происходило отделение сухого, окисленного, преимущественно газового флюида ($\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$) в составе которого преобладает CO_2 . Об этом свидетельствует присутствие в кварцевых вкрапленниках всех типов исследованных пород наряду с расплавными включениями, содержащими углекислоту большого количества первичных газово-жидких включений CO_2 и кроме того, кристалло - флюидных включений (также повсеместно во всех образцах наблюдаются вторичные включения CO_2) (табл. 1). Можно предположить, что именно такие характеристики флюида явились определяющими в процессе переноса им рудных компонентов и образовании пространственно-ассоциированного с комплексом Семейтау золото-сульфидного оруденения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты № 06-05-64789а, 07-05-00685, 05-05-64422, гранта Министерства образования и науки России DSP.2.1.1.702, а так же ВМТК – 2007 СО РАН.

представлены в табл. 1. Методом LA-ICP-MS исследованы расплавные включения из вкрапленников кварцевых порфиров и трахириолитов. Определялись следующие элементы: Al, K, Zn, As, Sn, Sb, W, Au, Pb, Rb (рис. 1, 2). В гранит-порфирах, трахитах и кислых витрофирах методом ICP-MS определены концентрации редких земель, LILE, HFSE элементов, а так же As, Sb, W, Zn, Sn, Pb, Mo, Au, Cu, Hg (рис. 3).

По сравнению с кварцевыми порфирами, в целом, петрогенный состав расплавных включений менее щелочной и соответствует нормальным и субщелочным кислым расплавам. Состав стекла включений из кварцевых вкрапленников

Таблица 1. Результаты криометрических, термометрических исследований, а так же данные Рамановской спектроскопии флюидных и водно-солевых включений из кварцевых вкрапленников кварцевых порфиров, трахириолитов и трахитов. Фазовый состав включений: G – стекло, V – газ, S – твердая фаза, L – жидкость. T_H – температура гомогенизации, L – в жидкую фазу, V – в газовую фазу. T_M – температура плавления твердой фазы, D – плотность, P – давление.

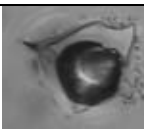












Образец	Тип включений		Экспериментальные данные	
Кварцевый порфир	I	Стекловатые расплавные включения, в газовом пузыре - CO ₂ и N ₂ (G>V+V CO ₂)	Размер 15÷100 мкм, $T_H=840\div860^\circ\text{C}$, $T_{MCO_2}=-56,6^\circ\text{C}$, данные Рамановской спектроскопии: 94% CO ₂ , 6% N ₂ (в системе CO ₂ -N ₂ -CH ₄)	
	II	Первичные, отдельно стоящие включения CO ₂ (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 10÷20 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(L)=30-31^\circ\text{C}$	
	III	Вторичные включения CO ₂ , развиваются по трещинам, характеризуются разной плотностью. Фазовый состав: (LCO ₂ +VCO ₂ +V) или (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 3÷15 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(V \text{ или } L)=+25\div+27^\circ\text{C}$, $D=0,2\div0,7 \text{ г/см}^3$, данные Рамановской спектроскопии: 100% CO ₂ (в системе CO ₂ -N ₂ -CH ₄) при гомогенизации более плотных включений зачастую наблюдаются надкритические явления	
	IV	Вторичные газопо-жидкие включения, развиваются по трещинам (L>V)	Размер 3÷10 мкм, $T_H=205\div225^\circ\text{C}$, $T_M=-0,5\div-1,4^\circ\text{C}$, $D=0,84\div0,9 \text{ г/см}^3$	
Трахириолит	I	Стекловатые расплавные включения (G>V±S)	Размер 7÷20 мкм, $T_H=960-980^\circ\text{C}$	
	II	Первичные включения CO ₂ (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 10÷20 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(V)=30-31^\circ\text{C}$	
	III	Кристалло-флюидные включения с большим количеством твердых тугоплавких анизотропных фаз (40-60% от общего объема включения) (V<L<S1+S2+...)	Размер 10÷15 мкм	
	IV	Вторичные включения CO ₂ , развиваются по трещинам, характеризуются разной плотностью (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 3÷15 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(V \text{ или } L)=?$, при гомогенизации наиболее плотных включений зачастую наблюдаются надкритические явления, $D=0,93\div0,95 \text{ г/см}^3$	
	V	Вторичные газопо-жидкие включения (L>V)	Размер 3÷10 мкм, $T_H(L)=310\div320^\circ\text{C}$	
Трахит	I	Стекловатые расплавные включения, частично раскристаллизованные (G>V±S)	Размер 10÷40 мкм	
	II	Первичные газовые включения CO ₂ (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 10÷20 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(V)=29-30^\circ\text{C}$	
	III	Вторичные включения CO ₂ , развиваются по трещинам (LCO ₂ +VCO ₂)	Размер 3÷10 мкм, $T_M=-56,6^\circ\text{C}$, $T_H(V)=30-31^\circ\text{C}$	
	IV	Вторичные газопо-жидкие включения (L>V±S)	Размер 7÷15 мкм, $T_H(L)=363\div366^\circ\text{C}$	

Таблица 2. Составы пород и стекол расплавных включений по данным РФА и микрозондового анализа.

	Na₂O	MgO	Al₂O₃	SiO₂	P₂O₅	K₂O	CaO	TiO₂	MnO	Fe₂O₃	Cl	Total
1	3,46	0,05	11,30	72,29	0,01	3,67	0,55	0,13	0,04	3,56	-	99,44
2	-	<i>0,01</i>	<i>15,02</i>	<i>73,77</i>	-	<i>3,62</i>	<i>0,38</i>	<i>0,15</i>	<i>0,01</i>	<i>1,08</i>	<i>0,15</i>	<i>95,13</i>
3	3,73	0,78	14,16	63,75	0,32	4,63	2,70	0,84	0,12	7,35	-	99,75
4	2,77	0,09	11,40	76,78	0,03	5,20	0,42	0,13	0,03	2,49	-	99,99
5	<i>0,96</i>	<i>0,00</i>	<i>14,82</i>	<i>72,40</i>	-	<i>4,25</i>	<i>0,39</i>	<i>0,19</i>	<i>0,01</i>	<i>0,20</i>	<i>0,08</i>	<i>93,29</i>
6	2,78	0,27	11,89	73,45	0,11	5,32	1,04	0,33	0,04	3,79	-	99,90
7	<i>1,81</i>	<i>0,01</i>	<i>12,92</i>	<i>73,58</i>	<i>0,01</i>	<i>4,96</i>	<i>0,67</i>	<i>0,16</i>	<i>0,04</i>	<i>1,38</i>	<i>0,09</i>	<i>95,64</i>
8	<i>1,06</i>	<i>0,01</i>	<i>15,07</i>	<i>72,84</i>	<i>0,01</i>	<i>4,25</i>	<i>0,37</i>	<i>0,16</i>	<i>0,01</i>	<i>1,03</i>	<i>0,11</i>	<i>94,87</i>
9	4,1	0,4	15,46	65,59	0,17	5,4	1,9	0,63	0,08	4,3	0,17	99,77
10	3,69	0,37	13,28	70,22	0,13	5,43	1,15	0,31	0,06	4,62	-	99,91
11	1,25	0,04	9,48	75,74	0,03	5,75	0,48	0,14	0,05	6,80	-	100,2

1 – витрофиры (n=2), 2 - стекла не гретых расплавных включений из витрофиров (n=5), 3 - монзониты (n=4), 4 - трахириолиты (n=8), 5 - стекла не гретых расплавных включений из трахириолитов (n=6), 6 - кварцевые порфиры (n=5), 7 - стекла гомогенизированных расплавных включений из кварцевых порфиров (n=11), 8 - стекла не гретых расплавных включений из кварцевых порфиров (n=26), 9 - трахиты (n=11), 10 - кварц-полевошпатовый порфир (n=1), 11 - кислый игнимбрит (n=1). Курсивом выделены составы стекол расплавных включений.

Литература:

- Борисенко А.С. Боровиков А.А. Житова Л.М. Павлова Г.Г. Состав магматогенных флюидов, факторы их геохимической специализации и металлоносности // Геол. и геофиз. 2006. Т. 47. № 12. С. 1308-1325.
- Ермолов П.В., Изох А.Э., Ревякин П.С., Борцов В.Д. Семейтауская базит-гранитоидная, вулканоплутоническая серия, Т1 // Орогенный магматизм офиолитовых поясов. Новосибирск, 1983. 208 с.
- Audetat A., Gunther D., Heinrich C.A. Magmatic-hydrothermal evolution in a fractionating granite: A microchemical study of the Sn-W-F-mineralized Mole Granite (Australia). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2000. V. 64. № 19. P. 3373 – 3393.
- Lyons J.J., Coe R.S., Zhao X., Renne P., Kazansky A.Y., Izokh A.E., Kungurtsev L.V., Mitrokhin D.V. Paleomagnetism of the Triassic Semeytau igneous series, eastern Kazakstan, *Journal of geophysical research*. 2002. V. 107. № B7.
- McDonough W. F., Sun S.-s. The composition of the Earth // *Chemical Geology*. 120. 1995. P. 223-253.