УДК 553.3.4.078:553.2:551.73 ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ГЕНЕРАЦИИ МЕТАБАЗАЛЬТОВ ЗАСУРЬИНСКОЙ СВИТЫ ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

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

Приведены петрографические, петро-геохимические данные по метабазальтам засурьинской свиты позднего кембрия – раннего ордовика Горного Алтая. Базальтоиды относятся к высокотитанистым разностям. Показана принадлежность метабазитов к щелочным базальтоидам океанических островов (типа симаунтов), формировавшимся за счёт небольшой степени частичного плавления шпинелевых лерцолитов. Геохимические данные подтверждают участие и плюмового источника в их генерации. С базальтоидами связано эксгаляционно-осадочное оруденение с золотом.

Ключевые слова: метабазальты, исландиты, петро-геохимия, петрология, частичное плавление, мантийный обогащённый источник, шпинелевые лерцолиты, золото

PETROLOGY AND GEODINAMIC SETTING OF GENERATION METABASALTS ZASURINSKAJA SUITE OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

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

Petrographyc, petro-geochemistric data on metabasalts of Zasurinskaja suite Latter Cambrian- Early Ordovician of Mountain Altai lead. Basalts treat to high titanium variety. Accessory of metabasalts to alkaline basalts of ocean islands (type seamount) showed, forming for count little degrees partial melting spinel lherzolite. The geochemical data confirm participation and plume sources in it generation. Exhalite-sedimentation ore mineralization with gold related with basalts.

Keywords: metabasalts, icelandites, petro-geochemistry, petrology, partial melting, mantle rich source, spinel lherzolite, gold

Геодинамическая обстановка формирования терригенных и вулканогенно-терригенных комплексов кембрий-ордовикского этапа Горного Алтая является неоднозначной и вызывает различные мнения у разных исследователей [1, 5]. Актуальность изучения метабазальтоидов свиты определяется тем, что с ними в пространственной и генетической связи отмечаются эксгаляционноосадочные проявления золота и других металлов [1, 3]. Цель исследования – изучить петрологию и геодинамическую обстановку генерации метабазальтоидов засурьинской свиты.

Петрология и геодинамическая обстановка генерации метабазальтов

Засурьинский базальтовый комплекс (\mathcal{C}_3 - \mathcal{O}_1 zs) объединяет вулканогенные породы засурьинской свиты, субвулканические образования и силлы долеритов, габбро-долеритов, амфиболизированных высокотитанистых габброидов, развитых вдоль южного и западного обрамления Маралихинского блока (бассейны pp. Чарыш, Сосновка, Молчаниха) и среди олистостромовых фаций Слюдянского блока Талицкой СФЗ. Основной объем комплекса составляют зелено-серые, реже вишневые массивные и миндалекаменные базальты афировой и порфировой (титан-авгит, соссюритизированный плагиоклаз) структуры с апоинтерсертальной основной массой. Они образуют пачки мощностью до 200 м среди тонкообломочных терригенных пород, обычно в ассоциации с сургучно-красными и лиловыми яшмоидами. Изредка среди базальтов, а также в олистоплаках среди крупнообломочных фаций (г. Поворот) отмечаются пестроцветные туфы основного и среднего состава. Силлы долеритов наблюдаются как среди покровных фаций, так и среди терригенных пород (чарышской свиты в районе с. Усть-Пустынка). Видимая мощность тел достигает 0,5 км при протяженности свыше 3 км, при этом отмечается слабое ороговикование вмещающих терригенных пород.

Базальты и долериты относятся к высокотитанистым толеитам (TiO₂ = 1,8%, AL₂O₃ = 14,7%, FeO*/MgO = 2,1, MgO = 6,4%, K₂O = 0,3%, P₂O₅ = 0,26%), реже к глиноземистым субщелочным разностям (TiO₂ = 2,1,%, AL₂O₃ = 17,5%, K₂O = 1,1%). Лавы и туфы среднего состава уклоняются к исландитам (N₂O = 6,5%; TiO₂ = 2,5% при SiO₂ = 55%). По редкоэлементному составу базальты сопоставимы с толеитами различных типов СОХ и океанических островов по [5].

По нашим данным метабазальты засурьинской свиты следует относить к базальтам океанических островов (рис. 1). Метадолериты также попадают в 2 поля:

толеитов океанических островов или симаунтов и щелочных базальтов океанических островов или щелочных базальтов симаун-TOB.



Рис. 1. Диаграмма TiO2 – 10MnO – 10 P2O5 для метабальтов и метадолеритов засурьинской свиты:

1 – метабазальты, 2 – метадолериты. Поля базальтоидов: OIT – толеитов океанических островов или симаунтов; MORB – MORB – базальтов; IAT – островодужных толеитов; BON – бонинитов; САВ – островодужных известково-шелочных базальтов; ОІА – шелочных базальтов океанических островов или щелочных базальтов симаунтов

На диаграмме Zr/4 – 2Nb – Уметав поля Е-типов MORB и N-типов MORB базальты засурьинской свиты попадают и вулканических дуг (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма Zr/4 – 2Nb – Y по[10] для метабазальтов засурьинской свиты Поля базальтоидов: І-А – внутриплитных щелочных базальтов; ІІ-А – внутриплитных щелочных базальтов и внутриплитных толеитов; B – E – типов MORB; C – внутриплитных толеитов и вулканических дуг; D – N – типов MORB и вулканических дуг

Следует отметить, что принадлежность базальтов соседнего Слюдянского блока, локализованных среди отложений раннеордовикско-раннесилурийской базальт-кремнисто-сланцевой и силурийскораннедевонской кремнисто-терригенной толщ, к данному комплексу не доказана и в определенной степени условна. Базальтоиды могут представлять не олистостромовые или меланжевые образования среди склоновых фаций ордовика-девона, а синхронные с осадконакоплением вулканогенные фации. В частности, для этих базальтов характерна устойчиво более высокая титанистость (ТіО₂ = 2,9%) и значительное количество субщелочных разностей, что сближает их с рифтогенными базальтоидами или магматическими проявлениями горячих точек

и океанических островов. Возраст комплекса устанавливается в соответствии с Алтайской серийной легендой в интервале поздний кембрий – арениг по стратиграфическому положению засурьинской свиты, определен-

ному по зональным видам конодонтов и радиоляриям из пластов красноцветных яшм, ассоциирующих с метабазальтами [4].

Представительные анализы базальтоидов засурьинской свиты приведены в таблице.

№ проб.												
Компо-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ненты												
Si0,	48,13	48,23	49.31	47.32	47,85	47,84	46,68	48,28	48,35	47,53	44,52	47,93
TiO	1,98	2,15	2,56	3,07	2,99	2,46	2,34	2,34	2,32	2,89	3,06	2,01
Al ₂ 0 ²	13,79	14,91	18,9	16,42	15,95	14,14	15,99	15,28	17,68	15,36	14,54	15,41
FeO*	13,93	11,6	9,15	13,73	14,19	12,02	13,98	13,29	9,04	13,3	14,27	5,14
MnO	0,26	0,23	0,14	0,20	0,21	0,19	0,26	0,17	0,27	0,31	0,23	0,23
MgO	6,99	8,92	5,9	5,12	5,09	7,89	7,91	5,04	6,54	6,79	5,19	7,58
CaO	10,81	8,51	9,3	7,21	5,44	7,13	5,00	6,05	7,56	5,57	8,64	6,33
Na ₂ 0	2,13	2,98	3,1	3,31	4,24	0,94	3,42	4,31	3,13	4,13	2,79	3,4
К,0	0,15	0,95	0,68	1,00	0,27	0,05	0,65	0,25	1,05	0,72	0,12	0,44
P.0.	0,16	0,21	0,64	0,38	0,37	0,32	0,25	0,30	0,62	0,7	0,34	0,39
Be	1,1	1,12	1,4	1,01	2,6	2,1	1,48	1,42	1,28	2,5	0,97	0,54
Sc	28	31	26	24,0	25	33	47,0	34,0	20	34	40	36,0
V	225	228	241	232,0	230	283	353,0	280,0	175	255	340	282,0
Cr	23	18	17	14,0	15,3	250	116,0	241,0	101	154	119	225,0
Co	31	33	35	36,0	43	47	53,0	51,0	21	45	62	47,0
Ni	10,6	11	12	5,8	8,6	122	59,0	145,0	65	74	68	141,0
Ga	20	19,1	18,6	21,0	22	21	23,0	17,9	16,4	24	23	25,0
Rb	4,1	13,5	21	24,00	5	1,55	12,90	4,60	13	14,1	2,5	1,15
Sr	232	491	302	459,0	488	406	270,0	196,0	552	180	207	790,0
Y	40,0	32	53	29,00	29	36	32,00	34,00	26	59	45	38,00
Zr	112	160	330	183,0	182	203	157,0	177,0	255	351	227	190,0
Nb	15,0	19,1	52	26,00	25	22	15,90	17,70	51	34	22	21,00
Cs	1,8	1,76	2,1	1,94	0,68	0,22	1,53	0,38	0,76	1,77	0,26	0,14
Ba	30,0	498	205	293,0	117	87	237,0	84,0	752	190	50	36,0
La	6	15,1	42	19,90	22	19	14,40	15,70	35	33	18,7	17,90
Ce	14,5	30	77	42,0	48	43	33,0	36,0	65	/6	44	41,0
Pr	4,3	4,5	9,2	6,20	6,4	5,9	4,50	5,00	8,3	10,2	6	5,60
Nd	10	15,1	24	25,00	28	26	21,00	23,00	29	48	27	26,00
Sm	4,0	4,5	5,6	5,60	6,3	6,4	4,90	5,30	5,4	11,2	6,8	6,20
Eu	1,0	1,9	2,4	1,89	2,3	2,4	$\frac{2,10}{5,00}$	$\frac{1,78}{620}$	1,/8	3,0	2,4	2,30
	0,0	4,0	0,5	$\frac{5,50}{0.02}$	0,1	/,1	5,60	6,20	3,2	12,5	8,5	0,90
10 Du	1,05	0,9	1,1	5.50	0,95	1,2	5.00	1,04	0,84	11.0	1,33	1,1/
<u> </u>	<u> </u>	$\frac{3,7}{1,2}$	0,2	0.00	3,0	0,9	3,90	0,00	4,0	22	$\frac{8,0}{1.72}$	0,80
<u>П0</u> Er	1,1 2.5	1,2	1,3 2.1	0,99	1,11	1,34	1,21	1,55	0.0/	2,3	1,75	2.80
	$\frac{2,3}{0.08}$	2,90	3,1	2,90	0.46	4	0.50	0.52	2,4	002	4, /	3,60
Vh	1 2	0,00	0,4 27	0,42 2.50	28	28	3 10	3 20	2,55	5.5	15	3.60
	-4,2	0.38	$\frac{2,7}{0.4}$	0.38	0.43	0.54	0.46	0.40	0.33	0.8	0.66	0.54
Hf	3.86	35	61	4 50	51	53	3 90	4 80	55	8.9	6	4 70
Ta	0.37	0.8	32	1 53	177	1 45	1.06	1 18	$\frac{3,3}{2,9}$	$\frac{0, j}{2, 2}$	1 4 2	1.25
W	12	13	11	0.41	24	27	0.58	0.37	0.82	147	0.92	0.44
Th	1.96	0.4	55	230	2, - 26	1.85	1 39	1.56	5	31	1.82	1.60
U	0.61	0.2	0.9	0.59	0.77	0.57	0.45	0.44	1 19	0.92	0.53	0.51
U/Th	0.31	0.5	0.16	0.25	0.30	0.31	0.32	0.28	0.24	0.29	0.29	0.32
Ba/Nh	20	26.0	3.9	11 26	4 68	3.95	14.9	4 74	14 74	5 58	2.27	1 71
La/Nb	04	0 79	0.81	0.76	0.88	0.86	0.91	0.89	0.69	0.97	0.85	0.85
La/Sm	1.5	3.3	7.5	3.55	3.49	2.97	2.94	2.96	6.48	2.95	2.75	2.89
Zr/Y	2.8	5.0	6.2	6.3	6.3	5.6	4.9	5.2	9.8	5.9	5.0	5.0
Zr/Nb	7.5	8,4	6.4	7.0	7.3	9.2	9.9	10.0	5.0	10.3	10.3	9.0
La	0.2	0.5	1.4	0,66	0.73	0,63	0,48	0,52	1,17	1.1	0,62	0.59
Smush	0,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,1	1,2	1,2	2,5	1,5	1,4

Химический состав базальтоидов засурьинской свиты

Примечание. Fe₂O₃t – общее суммарное содержание двух- и трёхвалентного железа.

В представительных анализах отношения U/Th весьма низкие и их величины указыают на не изменённость пород вторичными наложенными процессами (табл. 1).

На диаграмме Ba/Nb – La/Nb фигуративные точки составов базальтоидов дают широкий разброс в районе полей OIB и Dupal OIB (рис. 3), тем самым показывая, что метабазальты засурьинской свиты относятся к базальтоидам океанических островов и близки к обстановке Dupal аномалии базальтов океанических островов.



Рис. 3. Диаграмма Ba/Nb – La/Nb по [11] для метабазальтов засурьинской свиты Данные по примитивной мантии (PM) по Sun, McDonough [15]; средней кнтинентальной коры (CC) по [16]; данные по OIB, MORB, Dupal OIB по [8]; данные по составам вулканических дуг по [7]. 1 – метабазльты засурьинской свиты

Соотношение La и Sm, нормированных на верхнее-коровые значения, указывает на то, что метабазальты засурьинской свиты образованы в результате плавления обогащённгой мантии (рис. 4).



Рис. 4. Диаграмма LaUCN – Sm UCN по [12, 13] для метабазальтов засурьинской свиты LaUCN и Sm UCN – значения концентраций лантана и самария, нормализованные на верхнее-коровые значения по [9]. Остальные условные обозначения см. на рис. 3

На диаграмме La/Sm – La составы пород попадают на линию плавления шпинелевого лерцолита обогащённого базальта MORB с небольшой степенью частичного плавления (0,05-0,1) и лишь один анализ попадает на линию плавления гранатового лерцолита базальта N-MORB также с небольшой степенью частичного плавления (~0,05) (рис. 5).



Рис. 5. Диаграмма La/Sm – La no [5] для метабазальтов засурьинской свиты: DMM – деплетированный мантийный источник MORB. PM – примитивная мантия; EM – обогащённый мантийный источник; E-MORB – и N-MORB – составы обогащённых (E) и нормальных (N), базальтов срединно-океанических хребтов; точечные линии – тренды плавления источников DMM и EM, засечки с цифрами на точечных линиях – степень частичного плавления для соответствующих мантийных источников. 1 – метабазальты засурьинской свиты

На диаграмме Zr/Y – Zr/Nb составы пород попадают на кривую смешения базальтов океанических остро-

вов плюмовой природы и нормальных базальтов срединно-океанических хребтов (рис. 6).



Рис. 6. Диаграмма Zr/Y – Zr/Nb no [14] для метабазальтов засурьинской свиты. Звёздочками отмечены: Average alkaline ocean basalt (OIB) – средний состав щелочного океанического базальта (OIB); Average N-MORB – средний состав нормального океанического базальта (COX); OIB (plume) – N-MORB mixing line – линия смешения плюмовых (OIB) базальтов и нормальных базальтов COX. 1 – метабазальты засурьинской свиты

Интерпретация результатов. Наши результаты свидетельствуют, что генерация метабазальтов происходила не в области СОХ, как считают некоторые авторы [6]. Приведенные данные показали, что метабазальты засурьинской свиты формировались за счёт частичного плавления обогащённого мантийного астеносферного источника (преимущественно, шпинелевых лерцолитов) в обстановке океанических островов (типа симаунтов) при участии плюмового компонента. Генерация всех дериватов засурьинской свиты проходила в соответствии с феннеровским трендом фракционирования, что подтверждается появлением в заключительных фазах исландитов.

С метабазальтоидами связаны проявления цветных металлов с золотом, местами сопровождающихся силицилитами, яшмоидами и кремнями. Местами в таких проявлениях имеется сходство с эксгаляционно-осадочным сульфидным оруденением с золотом венд-кембрийского уровня в Салаире (проявление Сунгайское) [2].

Заключение

Метабазальты засурьинской свиты относятся к высокотитанистым базальтам, формировавшимся путём частичного плавления обогащённого мантийного источника в обстановке океанических островов при участии плюмовой обстановки. Парагенетически связанное эксгаляционно-осадочное сульфидное оруденение с золотом может иметь значительно большие масштабы.

Список литературы

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во STT, 2003. – 308 с.

2. Гусев А.И. Салаиро-Алтае-Тувинский уровень стратиформного оруденения типа SEDEX // Современные наукоёмкие технологии, 2011. – №4. – С. 23-27. 3. Гусев А.И. Металлогения золота: на примере Горного Алтая и Горной Шории // Gamburgh: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 370 с.

4. Ивата К., Сенников Н.В., Буслов М.М. Позднекембрийско-раннеордовикский возраст базальтово-кремнистотерригенной засурьинской свиты (северо-западная часть Горного Алтая) // Геология и геофизика, 1997 – Т. 38. – № 9. – С. 1427-1444.

5. Aldanmaz E., Pearce J.A., Thirlwall M.F., Mitchell J.G. Petrogenetic evolution of late Cenozoic, postcollision volcanism in western Anatolia, Turkey // Journal of Volcanology and Geothermal Research., 2000. – V. 102. – P. 67-95.

6. Buslov M.M., Fujiwara Y., Safonova I.Yu. et al. The junction zone of the Gorny Altai and Rudny Altai terranes: structure and evolution //Russian Geology and Geophysics, 2000. – V. 41. – N $_{2}$ 3. – pp. 377-390.

7. Jahn B.M., Zhang Z.Q. Archean granulite gneisses from eastern Hebei province, China: rare earth geochemistry and tectonic implication // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1984. – V. 85. – Pp. 224 – 243.

8. Le Roux A.P. Geochemical correlation between Southern African kimberlites and South Atlantic hot spot // Nature. – 1986. – V. 324. – Pp. 243-245.

9. McLennan S.M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust // Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2001. – V. 2. – Paper 2000GC000109. – 24 p.

10. Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeites with the Nb-Zr-Y diagram // Chem. Geol., 1986-V. 56-Pp. 207-218.

11. Pang K.-N., Zhou M.-F. et al. Erratum to «Flood basaltrelated Fe-Ti oxide deposits in the Emeishan large igneous province, SW Chin» // Lithos, 2013. – V. 119. –Pp. 123-136.

12. Pearce J.F. A user's guid to basalt discrimination diagrams//Geological Ass. Of Canada Short Course Notes, 1996. – V. 12. – Pp. 79-113.

13. Putirka K., Busby C.J. The tectonic significance of high-K2O volcanism in the Sierra Nevada, California // Geology, 2007. – V. 35. – Pp. 923-926.

14. Saccani E., Arimzadeh Z., Dilek Y., Jahaniri A. Geochronology and petrology of the Early Carboniferous Misho Mafic Complex (NW Iran), and implications for the melt evolution of Paleo-Tethyan rifting in Western Cimmeria // Lithos, 2013. – V. 175-176. – Pp. 264-278.

15. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication and processes Magmatism in the Ocean Basins // Geollogical Society of London. Special Publication. – 1989. – № 42. – Pp. 313-345.

16. Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: composition and evolution. – Boston: Blackwell Scientific Publications. – 1985. – Pp. 209-230.