

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

ПЕТРО-ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ МЕТАБАЗАЛЬТОВ ШЕЛЬДЯНСКОЙ ТОЛЩИ 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 метатолентам и щелочным metabasaltsам предположительно венда-раннего кембрия Горного Алтая. Базальтоиды относятся к высокотитанистым разновидностям. Показана принадлежность metabasaltsов к щелочным базальтоидам океанических островов (типа симаунтов), сформировавшимся за счёт небольшой степени частичного плавления шпинелевых и гранатовых лерцолитов. Геохимические данные подтверждают участие и плюмового источника и аномалии типа Dupal в их генерации. С базальтоидами связано эксгалационно-осадочное оруденение меди с золотом и платиноидами.

Ключевые слова: метатоленты, metabasaltsы, петро-геохимия, петрология, частичное плавление, мантийный обогащённый источник, шпинелевые лерцолиты, гранатовые лерцолиты, золото, платиноиды

PETRO-GEOCHEMISTRY, PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION OF METABASALTS SHELDJANSKAJA SLICE OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

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

Petrography, petro-geochemistic data on metatholeiite and alkali metabasalts of Sheldjanskaja slice Vendian-Early Cambrian 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 garnet and spinel lherzolite. The geochemical data confirm participation and plume sources in it generation and anomalies type Dupal. Exhalite-sedimentation ore mineralization with gold and platina metals related with basalts.

Keywords: metatholeiite, metabasalts, petro-geochemistry, petrology, partial melting, mantle rich source, spinel and garnet lherzolite, gold, platina metals

Петрология и петро-геохимия метаморфизованных базальтоидов ранних этапов Горного Алтая является неоднозначной, что негативно сказывается на оценке их рудоносности и вызывает различные мнения у разных исследователей по многим вопросам [1]. Актуальность изучения metabasaltsов шельдянской толщи терехтинского метаморфического комплекса определяется тем, что с ними в пространственной и парагенетической связи отмечаются эксгалационно-осадочные проявления золота и других металлов [1]. Цель исследования – изучить петрологию и петро-геохимию metabasaltsов шельдянской толщи терехтинского метаморфического комплекса, а также связанного с ними оруденения.

Результаты исследований. Шельдянская толща ($V-C_1$?) охарактеризована Е.С. Левицким и Ю.С. Перфильевым в пределах Терехтинского горста (Терехтинской СФЗ). По данным Е.С. Левицкого (1955), данная толща в бассейне рек Банной, Черной и реки Шельдян со структурным несогласием залегает на терехтинских метаморфических сланцах. Нами в левом борту реки Ночной обнаружен контакт шельдянской толщи и терехтинских метаморфических сланцев. Контакт действительно не соглас-

ный и фиксируется пачкой конгломератов мощностью до 10 м., выше которых залегает шельдянская толща.

В бассейне среднего течения реки Ночной (ручьи Шельдян, Светлый Ключ) широко распространены metabasaltsовые (по metabasaltsам, значительно менее – по туффитам и, возможно, туфам основного состава) метаморфические сланцы альбит-эпидот-хлоритового, альбит-хлорит-актинолитового, актинолит-эпидот-альбитового и альбит-хлоритового состава, ассоциированные с серицитовыми микрокварцитами, кварцево-слудистыми и хлорит-серицит-микрокварцитовыми сланцами. В меньшей степени развиты метатерригенные blastopсаммитовые и blastopелитовые (по углисто-глинистым сланцам) метаморфиты и метадолериты. Типичные metabasaltsы опробованы нами по стратотипическому разрезу реки Шельдян и на водоразделе рек Шельдян и Ключ Светлый. Metabasaltsы массивные, местами порфиробластовые образуют полосы шириной от 5 до 70 м. и представляют собой бывшие потоки лав. По составу среди них выделяются 2 группы пород: низкощелочные разновидности близки к метатолентам, а высокощелочные – к щелочным metabasaltsам. Представительные анализы таких лав сведены в таблицу.

Представительные анализы метабазальтов шельдянской толщи
(оксиды – масс. %, элементы – г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	46,3	44,8	45,9	47,1	44,61	44,78	45,65	46,12
TiO ₂	3,3	3,85	3,88	2,97	3,98	4,02	3,97	3,95
Al ₂ O ₃	14,05	14,57	14,52	13,95	13,93	13,91	15,65	15,69
Fe ₂ O _{3t}	12,65	12,85	12,74	12,97	12,86	12,45	11,98	12,02
MnO	0,23	0,21	0,20	0,24	0,26	0,22	0,25	0,31
MgO	7,28	7,11	7,04	7,23	6,45	6,44	6,4	6,32
CaO	6,83	6,74	6,77	6,45	6,12	6,11	5,98	5,86
Na ₂ O	2,7	2,9	2,45	2,32	5,98	6,12	5,97	6,2
K ₂ O	0,25	0,18	0,3	0,45	0,87	0,93	0,92	0,95
P ₂ O ₅	0,55	0,6	0,46	0,65	0,53	0,59	0,45	0,55
Ga	22,3	29,1	24,5	23,2	20,2	18,5	21,0	26
Rb	5,5	5,4	6,0	7,9	20,1	19,8	30	48
Sr	23	91	191	228	322	217	285	560
Y	52	55	49	37	38	37	28	50
Zr	285	372	275	160	195	225	130	260
Nb	25	35	26	14	20	50	30	22
Mo	0,6	1,6	0,9	0,3	0,2	1,1	1,6	1,3
Sn	4,1	4,0	3,6	2,6	2,1	2,1	2,0	2,2
Cs	0,23	0,21	0,3	0,4	0,7	0,9	1,0	2,8
Ba	50	68	105	135	245	410	165	400
La	21,1	38,2	24,1	14,0	18,5	30,5	47	20,5
Ce	47,3	82,5	53,3	31,1	41	72,3	88	46
Pr	7,1	12,7	8,2	4,9	6,2	9,5	12,5	7,5
Nd	31,5	55,6	36,2	22,5	26,5	41,1	45,5	35
Sm	7,9	13,1	9,1	6,5	7,2	9,0	10,0	9,5
Eu	2,25	4,3	2,9	2,3	2,3	3,2	3,4	3,0
Gd	9,5	13,1	10,1	8,1	8,7	9,5	8,9	11,5
Tb	1,6	2,0	1,7	1,3	1,3	1,5	1,2	2,0
Dy	8,2	12,1	8,8	7,2	7,2	7,9	6,7	10,1
Ho	1,7	2,2	1,8	1,5	1,5	1,5	1,1	2,0
Er	4,2	5,7	4,5	3,6	3,7	3,8	2,7	5,3
Tm	0,6	0,9	0,6	0,5	0,55	0,54	0,35	0,7
Yb	3,3	5,0	3,7	2,8	2,9	3,1	2,1	4,3
Lu	0,46	0,7	0,5	0,4	0,4	0,45	0,35	0,6
Hf	7,8	10,8	8,1	5,4	6,2	6,7	4,2	8,0
Ta	1,3	2,3	1,5	1,1	1,2	3,1	2,1	1,4
W	1,5	1,37	1,1	0,8	0,3	1,2	2,1	2,4
Th	1,9	3,3	22	1,2	1,4	4,7	2,3	1,9
U	0,9	1,1	1,8	0,5	0,5	1,2	1,0	0,4
Co	64	62	58	55	70	71	69	70
Sc	51	52	49	47	56	58	59	60
Ni	22	23	21	20	30	33	35	32
Cr	49	50	47	45	55	60	61	60
ΣTR	198,7	303,1	214,5	143,7	165,9	230,9	257,8	208,0
Ba/Nb	2,0	1,94	4,04	9,6	12,25	8,2	5,5	18,2
La/Nb	0,84	1,09	0,93	1,0	0,93	0,73	1,6	0,93
La/Sm	2,7	2,9	2,6	2,2	2,5	3,4	4,7	2,1
Zr/Y	5,5	6,7	5,6	4,3	5,1	6,1	4,6	5,2
Zr/Nb	11,4	10,6	10,5	11,3	9,7	4,5	4,3	11,8
U/Th	0,47	0,33	0,36	0,42	0,36	0,26	0,43	0,21

Примечание. Fe₂O_{3t} – общее содержание двух и трёхвалентного железа. Породы шельдянской толщи: 1-4 – метатолиты, 5-8 – щелочные метабазальты.

Отношение U/Th в породах ниже 1 (от 0,26 до 0,47), указывающее на не изменённый наложенными процессами состав пород (табл. 1).

Все вулканитовые породы шельдянской толщи характеризуются высокими содержаниями суммы редких земель (ΣTR) – от 143,7 до 303,1 г/т, и всех мантийных элементов (Co, Sc, Ni, Cr).

На диаграмме Ba/Nb – La/ Nb фигуративные точки составов пород тяготеют к различным полям (рис. 1). Метатолериты

тяготеют к MORB и к промежуточным составам между MORB и OIB. А один анализ попадает в поле примитивной мантии (PM). Большая часть фигуративных точек щелочных метабазальтов попадает в поле Дюпаль OIB, тем самым показывая, что щелочные метабазальты шельдянской толщи относятся к базальтоидам океанических островов и близки к обстановке Dupal аномалии базальтов океанических островов. В этом плане они близки метабазальтам засурьинской свиты.

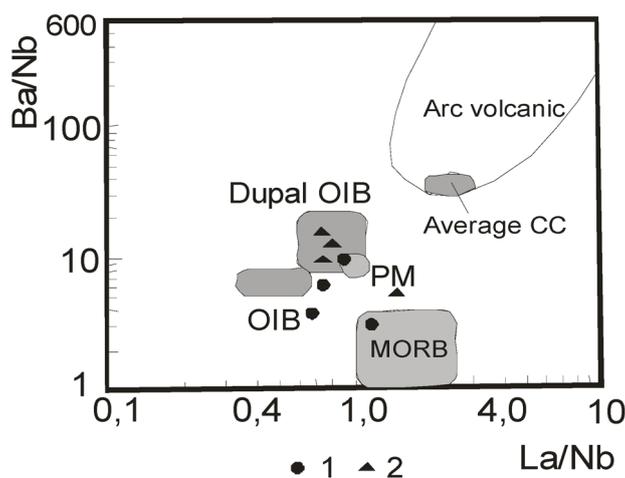


Рис. 1. Диаграмма Ba/Nb – La/Nb по [6] для метатолеритов и метабазальтов шельдянской толщи. Данные по примитивной мантии (PM) по Sun, McDonough [10]; средней континентальной коры (CC) по [4,5]; данные по OIB, MORB, Dupal OIB по [10]; данные по составам вулканических дуг по [6, 7]. Породы шельдянской толщи: 1 – метатолериты, 2 – щелочные метабазальты

Соотношение лантана и самария, нормированных на содержания в верхней коре, показывает, что большая часть анализов по-

род попадает в поле обогащённой мантии и один анализ в поле деплетированной мантии (рис. 2).

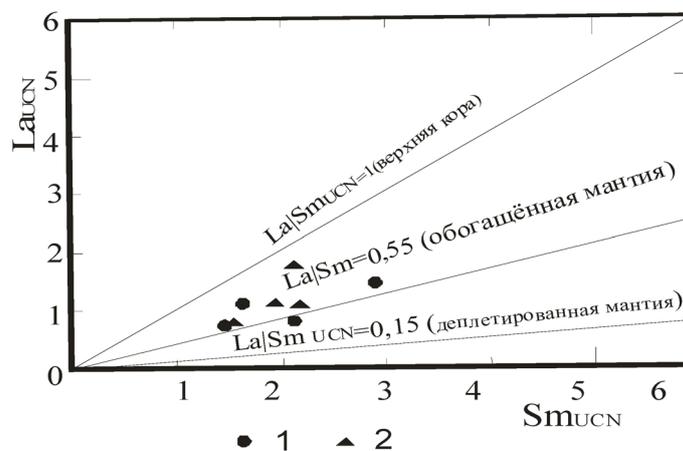


Рис. 2. Диаграмма LaUCN – Sm UCN по [7,8] для метатолеритов и метабазальтов шельдянской толщи. LaUCN и Sm UCN – значения концентраций лантана и самария, нормализованные верхнекоревые значения по [5]. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

На диаграмме La/Sm – La составы метатолитов тяготеют к трендам гранатового и шпинелевого лерцолита типа N-MORB. Щелочные metabазальты шельдянской

толщи тяготеют к трендам шпинелевого лерцолита E-MORB, а также гранатовым и шпинелевым лерцолитам N-MORB (рис. 3).

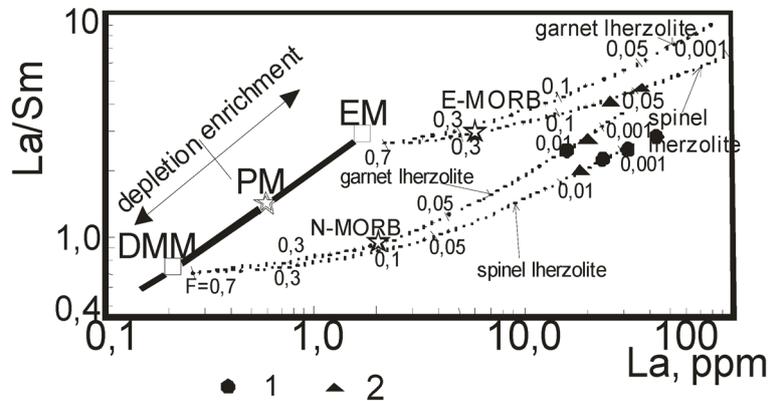


Рис. 3. Диаграмма La/Sm – La по [3] для метатолитов и metabазальтов шельдянской толщи. DMM – деплетированный мантийный источник MORB. PM – примитивная мантия; EM – обогащённый мантийный источник; E-MORB – и N-MORB – составы обогащённых (E) и нормальных (N), базальтов срединно-океанических хребтов; точечные линии – тренды плавления источников DMM и EM, засечки с цифрами на точечных линиях – степень частичного плавления для соответствующих мантийных источников. Условные те же, что на рис. 1

По соотношению Zr/Y – Zr/Nb составы пород попадают на линию смешения OIB плюма–N-MORB ближе к среднему составу щелочного океанического ба-

зальта (OIB), указывая на плюмовый источник происхождения и метатолитов и щелочных metabазальтов шельдянской толщи (рис. 4).

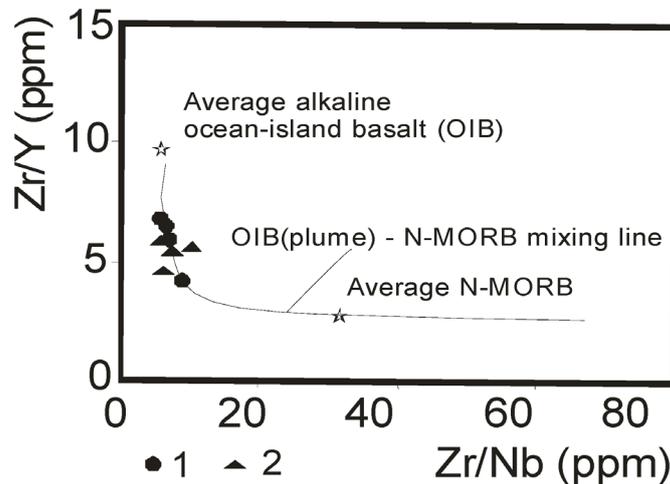


Рис. 4. Диаграмма Zr/Y – Zr/Nb по [9] для метатолитов и metabазальтов шельдянской толщи. Звёздочками отмечены: Average alkaline ocean basalt (OIB) – средний состав щелочного океанического базальта (OIB); Average N-MORB – средний состав нормального океанического базальта (COX); OIB (plume) – N-MORB mixing line – линия смешения плюмовых (OIB) базальтов и нормальных базальтов COX.

Рудная минерализация. В составе толщи выявляются три типа оруденения: 1 – стратиформное кварц-гематит-сульфидное; 2 – кварцит-гематит-сульфидное; 3 – жильное кварц-сульфидное

Стратиформное оруденение проявления Надежда, расположенного в левом борту Ключа Светлого, представлено перемежающимися согласными с вмещающими породами прослоями кварц-пиритового, хлорит-гематит-пиритового, кварц серицитового составов. Прослой местами смяты в складочки с размахом крыльев от 10 до 50 см. Нередко отмечается более мелкая гофрировка прослоев. Мощности прослоев варьируют от 3 до 15 мм. Местами в зоне отмечаются кварц-карбонатные линзы и прожилки с сульфидами. Общая мощность таких согласных рудных тел среди metabasalts и метатуфов варьирует от нескольких метров до 20-25 м. Наиболее обогащённые части представлены хлорит (10-15)-гематит (35-55%) – пиритовыми (15-20%) прослоями, где также отмечаются редкие включения халькопирита, сфалерита, халькозина и борнита. Местами в таких прослоях обнаруживаются мелкие выделения золота. Содержания компонентов в рудах составляют: меди от 0,1 до 0,5%, цинка – от 0,2 до 0,9%, мышьяка от 50 до 600 г/т, сурьмы от 20 до 50 г/т, висмута от 1 до 10 г/т, кобальта от 20 до 30 г/т, никеля от 20 до 150 г/т, золота от 0,05 до 2,1 г/т, иттрия – от 80 до 150 г/т, иттербия от 20 до 95 г/т, серебра – от 3 до 30 г/т, платины от 5 до 7,5 мг/т, палладия от 3 до 5,3 мг/т. Оруденение сопровождается шлиховыми потоками золота и сопутствующими минералами – халькопиритом, халькозином, галенитом, сфалеритом, пироморфитом.

Кварцит-гематит-сульфидное оруденение распространено меньше предыдущего. Кварциты имеют мозаичную микроструктуру с прожилками пирита мощностью 2-5 мм, сопровождающимся кварцем и хлоритом. В зонах отмечаются гнезда кальцита и анкерита. Местами в кварцитах отмечается мелкая тонкая вкрапленность пирита, представленная фрамбоидальными выделениями и кластерами фрамбоидов. В поздних прожилках кварца с кальцитом наблюдаются гематит, спекулярит, пирит 2 генерации (кубический и пентагон-додекаэдрический) в ассоциации с эпидотом, пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом. Мощности таких зон варьируют от 5 до 15 м. Содержания компонентов составляют: меди – от 0,05 до 0,3%, ртути от 10 до 30 г/т, бора от 100 до 500 г/т, бария от 200 до 700 г/т, золота – от 0,1 до 2 г/т, серебра – от 5 до 40 г/т. Эти зоны рудной минерализации весьма

похожи на эксгальционно-осадочное золото-сульфидное оруденение среди яшмоидов засурьинской свиты в районе Маралихи [Гусев, 2003]. Спекулярит распространён в гидротермальных жильных проявлениях кварца с кальцитом, халькопиритом. Стратиформный тип оруденения со спекуляритом является новым типом оруденения по спекуляриту для Алтайского региона [2].

Оба типа оруденения представляют собой эксгальционно-осадочные образования, формировавшиеся на границах metabasalts и метатуфов.

Интерпретация результатов. Приведенные данные показали, что metabasalts шельдянской толщи формировались за счёт частичного плавления обогащённого мантийного астеносферного источника (преимущественно, шпинелевых и гранатовых лерцолитов E-MORB и N-MORB) в обстановке океанических островов (типа симаунтов) при участии плюмового компонента, схожего с аномалией Dupal. Во всех случаях наблюдается небольшая степень частичного плавления источников (0,05-0,01).

Петрология, петро-геохимия metabasalts указывают на мантийную природу их генерации. Повышенные концентрации в метатолитах и щелочных metabasaltoids мантийных элементов, предопределяет и появление в рудных образованиях, с ними связанных, таких элементов, как платина и палладий.

Заключение

Метатолиты и щелочные metabasalts шельдянской толщи относятся к высокотитанистым базальтам, формировавшимся путём частичного плавления обогащённого мантийного источника в обстановке океанических островов при участии плюмовой обстановки близких к аномалии Dupal. Парагенетически связанное эксгальционно-осадочное сульфидное оруденение с золотом и платиноидами может иметь значительно большие масштабы при их изучении.

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. Месторождения спекулярита Горного Алтая // Руды и металлы, 2007. – № 2. – С.33-42.
3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. Pang K.-N., Zhou M.-F. et al. Erratum to “Flood basalt-related Fe-Ti oxide deposits in the Emeishan large igneous province, SW Chin” // *Lithos*, 2013. – V. 119. – Pp. 123-136.

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

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

9. 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.

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

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