УДК 552.3

ШОШОНИТОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ ГОРНОЙ ШОРИИ: ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ

Гусев А.И., Гусев А.А.

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

Приведены геологические, петрографические, геохимические и петрологические данные по шошонитовым гранитоидам Леспромхозного массива Горной Шории. На диаграммах монцогаббро, монцониты и сиениты массива локализуются в поле шошонитовой серии. В монцогаббро и монцонитах проявлен тетрадный эффект фракционирования рекдоземельных элементов М-типа. Фракционированию при формировании пород подвержены многие элементы, что выявляется по соотношениям Y/Ho, Eu/Eu*, La/Lu, Zr/Hf, Sr/Eu. Флюидный режим шошонитовых гранитоидов охарактеризован по количественным данным фугитивностей и парциальных давлений O_2, H_2O, CO_2, соотношениям logfHf/fHCl. Вычислены концентрации плавиковой кислоты во флюидах по биотитовому геофториметру. На основе приведенных данных шошонитовые гранитоиды Леспромхозного массива следует исключать из тельбесского комплекса и выделять в качестве самостоятельного.

Ключевые слова: шошонитовые гранитоиды, геохимия, петрология, тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, флюидный режим, фугитивность, парциальное давление

SHOSHONITIC GRANITOIDS OF MOUNTAIN SHORIA: GEOCEMISTRY, PETROLOGY, AND FLUID REGIME

Gusev A.I., Gusev A.A.

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

Geological, petrographic, geochemistry and petrologic data quoted on shoshonitic granitoids of Lespromkhozny massive of Mountain Shoria. Monzogabbro, monzonite and sienite of massive localized in shoshonitic sieries on figures. Tetrad-effect of fractionation rare earth elements of M-type display in Monzogabbro and monzonite. Many elemrnts exposed to fractionation at forming rocks that it discovered on ratio Y/Ho, Eu/Eu*, La/Lu, Zr/Hf, Sr/Eu. Fluid regime of shoshonitic granitoids characterized on quantitative data of fugacity and parcial pressure O_2, H_2O, CO_2, and ratio of logfHf/fHCl. The concentration of HF acid in fluids calculated on biotite geoftorimeter. Shoshonitic granitoids of Lespromkhozny massive necessary exluded from telbesskii complex and detach as in one's capacity as in the capacity of independent.

Keywords: shoshonitic granitoids, geochenistry, petrology, tetrad effect fractionation rare earth elements, fluid regime, fugacity, parcial pressure

Шошонитовые гранитоиды выявляются во многих районах Алтае-Саянской складчатой области [5]. Имеются они и в пределах Горной Шории в области распространения скарново-железорудных месторождений этого региона. К их числу относится Леспромхозный массив, расположенный в верховьях ключа Восточный Леспромхозный. Предшественники, изучавшие этот массив, включали его в различные комплексы или выделяли в качестве самостоятельного.

Актуальность проведенных исследований определяется необходимостью создания геолого-генетической модели Леспромхозного массива, основанной на современных аналитических данных с использованием информации по геохимии, петрологии и флюидному режиму магматитов, слагающих этот массив.

Морфологически массив представляет собой дайкообразное тело широтного простирания длиной до 1,5 км и шириной до 100 м. Массив приурочен к разлому в ядре антиклинальной складки, сложенной доломитами венда, песчаниками ордовика и туфами кислого состава. Леспромхозный массив сопровождается дайками шошонитового типа – спессартитов, керсантитов, что характерно для шошонитовых серий. Из пострудных даек отмечены сиенит-порфиры, эссексит-долериты и лабрадоровые порфириты. В составе массива выделяются монцогаббро, монцониты и сиениты. С массивом связано скарново-магнетитовое Леспромхозное месторождение. По данным В.М. Клярковского [2], возраст флогопита из сфалерит-магнетитовых руд Леспомхозного месторождения составляет 396 млн лет.

Монцогаббро (10%) сложены плагиоклазом (50–70%), варьирующим по составу от лабрадора № 50–60 до битовнита № 75–80. Он образует короткопризматические индивиды, местами слабозональные. Клинопироксен (10–30%) идиоморфен, образует призмочки, редко неправильные зёрна. По оптическим показателям диагностируется салит-авгитом (N_g = 1,705–1,715; N_p = 1,680...1,694; $2V$ = 50...53°; cN_g = 41...43°). В большинстве случаев он свежий и лишь местами замещается по периферии зёрен бурой роговой обманкой и листочками биотита. Ромбический пироксен уступает по распространённости клинопироксену. Диагностируется гиперстеном (N_g = 1,704...1,717;

N_p = 1,685...1,704; –2V = 52...65º; CN_g = 0...5º). Амфибол представлен бурой роговой обманкой. Калиевый полевой шпат редок (не более 5 %). Он ксеноморфен и нередко корродирует все минералы. Биотит (1–15 %) образует чешуйки и агрегаты листочков, нередко замещается хлоритом, эпидотом, лейкоксеном.

Монцониты обычно встречаются в эндоконтакте массива. Они сложены плагиоклазом, пироксеном, калиевым полевым шпатом, биотитом. Имеют отчётливую монцонитовую структуру. Из акцессориев отмечены сфен, магнетит, апатит.

Преобладающими являются сиениты. Это розовато-серые породы, состоящие из калиевого полевого шпата (55–65 %), плагиоклаза (15–25 %), роговой обманки (10–15 %), пироксена и биотита. Акцессории включают сфен, апатит, магнетит, редко – циркон. Калиевый полевой шпат представлен микроклин-пертитом прожилково-пятнистого типа (N_p = 1,519; –2V = 84°; N_m ⊥ (001 = 11...15°, N_g ⊥ (001) = 78...84°; N_p ⊥ (001) = 79...82°). Пироксен диагностируется салит-авгитом (N_g = 1,704...1,705; N_p = 1,684–1,686; CN_g = 44°, 2V = 55°, f(железистсость) = 20 %). Амфибол представлен густо окрашенной буровато-зелёной иногда с голубоватым оттенком роговой обманкой (N_g = 1,698; N_p = 1,683; CN_g = 14...17°, –2V = 80°, f = 58...60 %). Она, как правило, ксеноморфна с корродированными краями. Структура сиенитов чаще всего аллотриоморфнозернистая с элементами монцонитовой. Текстура нередко такситовая из-за сильно варьирующих размеров зёрен калиевого полевого шпата и неравномерного распределения его и темноцветных минералов.

Химический состав породных типов массива сведен в табл. 1. По сумме признаков все породы Леспромхозного массива следует относить к шошонитовой серии: резкое преобладание калия над натрием, высокие содержания Ba, Sr, высокие нормированные отношения La/Yb_N, колебания которых составляют от 2,5 до 12,3, высокая сумма щелочей $K_2O + Na_2O$ (более > 8 %).

Таблица 1

Представительные анализы породных типов Леспромхозного массива
(оксиды – масс. %, элементы – г/т)

Оксиды и элементы	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	46,9	52,15	54,35	55,21	56,08	57,11	58,01
TiO_2	0,92	0,55	0,36	0,38	0,29	0,29	0,38
Al_2O_3	16,2	18,9	18,83	18,5	17,09	17,22	18,37
Fe_2O_3	0,92	1,8	2,4	1,61	1,64	1,8	1,05
FeO	8,72	6,0	3,18	4,49	3,63	4,01	3,3
MnO	0,24	0,20	0,13	0,11	0,14	0,11	0,14
MgO	5.05	2,8	1,4	2,0	0,83	1,03	1,9
CaO	10,25	7,0	5,5	4,21	3,2	3,55	3,02
Na_2O	2,56	3,64	1,9	2,79	1,7	2,28	5,02
K_2O	3,12	4,2	8,73	7,62	10,94	9,7	7,33
P_2O_5	0,47	0,22	0,2	0,2	0,25	0,12	0,11
Сумма	99,3	99,4	99,8	99,0	99,5	99,4	99,97
Cr	47	35	30	32	30	60	55
V	165	150	100	75	70	80	65
Ni	24	22	18	12	5	4	5
Co	23	21	12	10	8	10	9
Cu	52	50	35	34	50	55	50
Zn	95	84	80	90	100	115	100
Pb	11	10	20	35	25	28	30
Ag	0,07	0,06	0,2	0,25	0,2	0,25	0,25
Sn	3	4	6	6	8	9	10
Mo	3	3	4	8	4	4,5	5,0
Be	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,5
Zr	145	150	130	125	115	100	120

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Hf	4,8	4,7	5,0	5,5	12,6	12,8	13,0
Nb	4,2	4,3	4,5	4,5	4,8	4,4	4,5
Ta	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1
Sr	475	503	620	650	700	750	800
Rb	95	100	120	140	145	165	170
Ba	487	507	755	750	1750	1800	1870
Ga	14	13	11	10	12	11	10
P	1500	1400	950	940	800	800	850
Ge	1,1	1,2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
Li	11	12	10	10	11	12	14
Sc	17	20	10	10	11	12	12
Y	14	15	10	9	6	7	6
La	14	16	17	20	46	50	53
Ce	42	44	45	48	58	65	70
Pr	8,5	9,0	9,3	9,5	15	17	20
Nd	21	22	20	26	30	35	41
Sm	6,8	6.6	6,5	6,7	6,8	7,0	7,1
Eu	1.71	1.67	1,65	1,6	1,4	1,3	1,2
Gd	6.9	6.6	6,6	6,5	6,1	6,0	6,0
Tb	1.2	1.1	1,2	1,1	0,94	0,92	0,91
Dy	5.5	5.3	5,2	5,0	4,0	4,5	4.2
Ho	1,3	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1	1,0
Er	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0
Tm	0.7	0.6	0,6	0,8	0,4	0,5	0,4
Yb	3.6	3.4	3,3	3,4	2,8	3,0	2,8
Lu	0.7	0.6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,4
La/Yb_N	2,5	3,11	3,4	3,9	10,9	11,0	12,3

Примечание. Анализы (силикатный анализ на главные компоненты, методы ICP-MS и ICP-AES – на остальные элементы) выполнены в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва); 1, 2 – монцогаббро; 3, 4 – монцониты; 5, 6, 7 – сиениты.

Для монцонитов и сиенитов наблюдается многократное против кларка накопление Co, Cu, Ag, Sn, Mo, Hf. О сильном дифференцированном распределении редкоземельных элементов в этих же породах свидетельствуют повышенные нормированные отношения La/Yb_N, колеблющиеся от 3,4 до 12,3 (см. табл. 1).

На классификационной диаграмме (рис. 1) породы Леспромхозного массива локализуются в поле шошонитовой серии, занимая поля абсарокита, банакита, шошонита. Именно по этой причине нет оснований включать Леспромхозный массив в состав тельбесского комплекса, как это предложено В.Л. Хомичёвым [3], а выделять его из тельбесского в самостоятельный комплекс.

На диаграмме Ce/Yb – Ta/Yb все фигуративные точки пород также локализуются в поле шошонитовой серии (рис. 2).

В распределении редкоземельных элементов в породных типах массива выявлен тетрадный эффект фракционирования лантаноидов, относящийся к М-типу. Характерно, что тетрадный эффект выявлен не в более эволюционированных сиенитах, а в монцогаббро и монцонитах более ранних фаз, что является необычным фактом. Значения тетрадного эффекта фракционирования и некоторые показательные соотношения элементов приведены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, тетрадный эффект в монцогаббро и монцонитах варьирует от 1,13 до 1,25, превышающий пороговое значение 1,1, указывающее на М-тип тетрадного эффекта. Сравнение некоторых соотношений элементов с таковыми в хондрите показало, что фракционирование в породах произошло не только в составе редких земель, но и в таких соотношениях, как Y/Ho, Eu/Eu*, Zr/Hf, которые значительно меньше чем в хондрите (табл. 2), а отношения La/Lu и Sr/Eu намного выше, чем в хондрите.

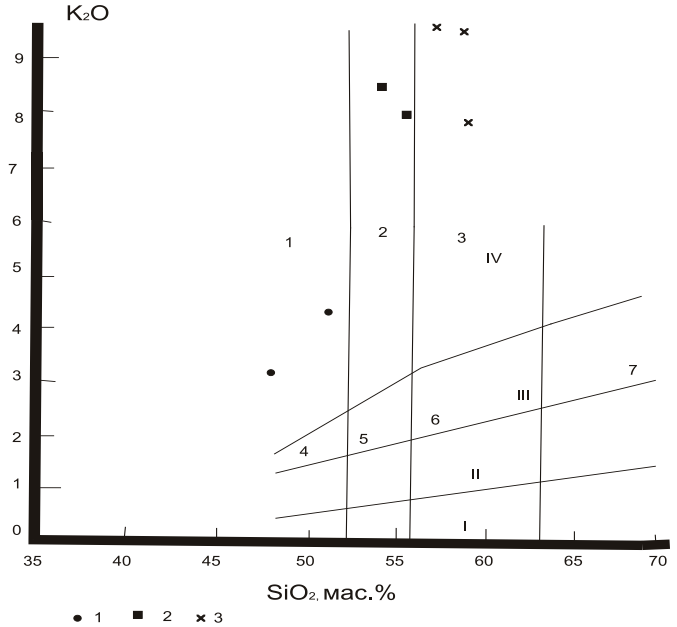

Рис. 1. Диаграмма K_2O – SiO_2 по [8] для пород Леспромхозного массива. Поля пород: 1 – абсарокит; 2 – шошонит; 3 – банакит; 4 – высоко-К базальт; 5 – высоко-К андезибазальт; 6 – высоко-калиевый андезит; 7 – высоко-К дацит по [8]. Серии пород: I – толеитовая; II – известково-щелочная; III – высококалиевая известково-щелочная; IV – шошонитовая. Породы Леспромхозного массива: 1 – монцогаббро; 2 – монцониты; 3 – сиениты

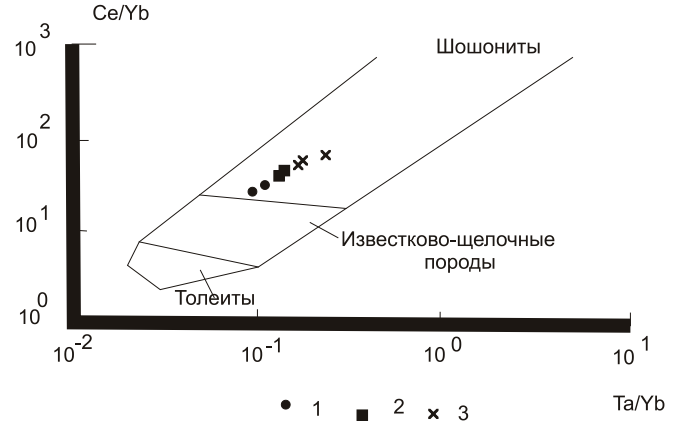

Рис. 2. Диаграмма Ce/Yb – Ta/Yb для шошонитовой серии пород Алтая. Поля пород выделены по [7]. Остальные условные обозначения как на рис. 1

Таблица 2

Отношения химических элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в породных типах Леспромхозного массива

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта	1	2	3	4	5	6	7	Хондрит
Y/Ho	11,0	10,7	7,7	6,4	5,0	6,4	6,0	29,0
Eu/Eu*	0,055	0,056	0,056	0,053	0,047	0,044	0,04	0,32
La/Lu	20,0	26,7	24,3	25,0	115,0	100,0	132,5	0,975
Zr/Hf	30,2	31,9	26,0	22,7	9,1	7,8	9,2	36,0
Sr/Eu	279,5	301,2	375,7	406,2	500,0	576.9	666,7	100,5
$TE_{1,3}$	1,24	1,18	1,25	1,13	0,95	0,99	1,01	-

Примечание. $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ по В. Ирбер [6]. $Eu^* = (Sm_N + Gd_N)/2$. Значения РЗЭ нормированы по хондриту по [4]. 1, 2 – монцогаббро; 3, 4 – монцониты; 5, 6,7 – сиениты.

Для породных типов Леспромхозного массива определены некоторые параметры флюидного режима, приведенные в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что кристаллизация пород Леспромхозного массива протекала в узком интервале температур 750–760°С. Фугитивность кислорода повышалась от монцогаббро к монцонитам и сиенитам и закономерно снижался коэффициент восстановлености флюидов от 0,15 до 0,09. Парциальное давление воды во флюидах снижалось от 1,2 до 1,0 кбар. Уменьшение парциального давления углекислоты происходило в этом же направлении от монцогаббро к сиенитам. Фугитивность воды менялась незакономерно. То же самое можно сказать и об изменении отношений lgfHF/lgfHCl. Однако от ранней фазы к поздней (от монцогаббро к сиенитам) наблюдается закономерное увеличение плавиковой кислоты во флюидах, указывающее на более благоприятные условия рудообразования и перспективы именно сиенитовой фазы для скарново-магнетитового оруденения.

Таблица 3

Некоторые параметры флюидного режима при формировании пород Леспромхозного массива

Параметры флюидного режима	1	2	3
T°C	750	760	760
$lgfO_2$	-15,9	-4,2	-2,1
fH_2O	0,995	0,985	1,05
pH_2O	1,2	1,15	1,0
pCO_2	2,0	1,85	1,5
lgfHF/lgfHCl	-1,9	-1,4	-2,0
$K_{вос}$	0,15	0,12	0,09
M_{HF}	1,05	1,5	1,55

Примечание. Т °С – температура кристаллизации; lg fO_2 – логарифм фугитивности кислорода; fHF, fH_2O – фугитивности плавиковой кислоты и воды (в кбар); pH_2O, pCO_2 – парциальное давление воды и углекислоты 9 в кбар); $K_{вост}$ – коэффициент восстановленности флюидов; M_{HF} – концентрации плавиковой кислоты во флюидах в моль/дм^3 по [1]. Породы Леспромхозного массива: 1 – монцогаббро; 2 – монцониты; 3 – сиениты.

Таким образом, в Горной Шории имеются шошонитовые гранитоиды, примером которых является Леспромхозный массив, сложенный щелочными монцогаббро, монцонитами, сиенитами, которые резко отличаются от известково-щелочных пород тельбесского комплекса, в состав которого ранее включались шошонитовые гранитоиды региона. Породы Леспромхозного массива (монцогаббро и монцониты) проявляют тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, что играет важную роль в переносе металлов во флюидах. Флюидный режим формирования породных типов шошонитовой серии имел аномальные параметры по фугитивностям, парциальным давлениям кислорода, воды, углекислоты. Важную роль в генерации и магматитов, и связанного с ними оруденения играют комплексы фтора во флюидах (концентрации плавиковой кислоты во флюидах были довольно высокими).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксюк А.А. // Петрология. – 2000. – Т. 10, №6. – С. 630–644.

2. Кляркoвский В.М. Геохронология горных областей юго-западной части обрамления Сибирской платформы. – Новосибирск: Наука, 1972. – 258 с.

3. Хомичёв В.Л., Кужельная Е.В., Хомичёва Е.С Эталон тельбесского габбро-гранитоидного комплекса (Горная Шория). – Новосибирск, 1997. – 230 с.

4. Anders E., Greevesse N. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – Vol. 53. – P. 197–214.

5. Gusev A.I. European Journal of Natural History. – 2011. – № 1. – P. 41–45.

6. Irber W. // Geochim. Cosmochim Acta. – 1999. – Vol. 63, P. 489–508.

7. Pearce J.A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R.S. (ed.). Andesites. – Wiley, Chichaster, 1982. – P. 525–548.

8. Peccerillo A., Taylor S.R. // Contrib. Mineral. Petrol. – 1976. – Vol. 58. – P. 63–81.