

ШОШОНИТОВЫЕ ГРАНИТОИДЫ СИНЮШИНСКОГО МАССИВА АЛТАЯ

Гусев А.И., Гусев А.А.

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

Приведены геологические, геохимические и петрологические данные по шохонитовым гранитоидам Синюшинского массива Алтай. В составе массива выделены 3 фазы: 1 – кварцевые сиениты, гранодиориты, граносиениты; 2 – граниты, умеренно-щелочные граниты; 3 – лейкограниты, умеренно-щелочные лейкограниты с флюоритом. Породные типы массива отнесены к высококалливой известково-щелочной и калиевой шохонитовой сериям. Для них характерны высокие значения дифференцированности редкоземельных элементов, проявление тетрадного эффекта фракционирования редкоземельных элементов W- и M-типов. Высокая обводненность и насыщенность летучими компонентами создавали благоприятные предпосылки для формирования различных типов скарнового, жильного гидротермального, кварцево-грейзенного и пегматитового оруденения вольфрама, молибдена, висмута, меди, железа, золота, бериллия, тантала, ниобия.

Ключевые слова: гранитоиды, шохонитовая серия, тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов, руды, молибден, вольфрам, медь, бериллий, висмут, тантал, ниобий

THE SHOSHONITIC GRANITOIDS OF SINIJUSHINSKII MASSIVE OF ALTAI

Gusev A.I., Gusev A.A.

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

The geological, geochemical and petrological data lead on shoshonitic granitoids of Sinijushinskii massive of Altai. Three phases detached in composition of massive: 1 – quartz sienites, granodiorites, granosienites; 2 – granites, subalkalic granites; 3 – leikogranites, sunalkalic with fluorite. The rock types of massive referred to high calium calc-alkalic and calium shoshonitic petrogenetic series. The high meanings of differentiation rare earth elements and display of tetrad effect rare earth elements W- and M-types. The high watering and saturated by volatile components created favourable suppositions of forming differ types ore mineralization of skarns, lode hydrothermal, quartz-greisen and pegmatites of molibdenium, tungsten, copper, beryllium, bismuth, tantalium, niobium.

Keywords: granitoids, shoshonitic series, tetrad effect fractionation of rare earth elements, ores, molibdenium, tungsten, copper, beryllium, bismuth, tantalium, niobium

Интрузивные породы Синюшинского ареала имеют габбро-сиенит-гранодиорит-гранит-лейкогранитовый состав ($q\zeta, \gamma, \epsilon\eta, P_2-T_1s$), контролируются долгоживущими разрывными нарушениями Северо-Восточной зоны смятия и локализуются в пределах сопряженных частей Рудно-Алтайской структурно-формационной зоны (массивы: Саввушинский и Волчь Шкили), Чарышского блока (Синюшинский, Угловой массивы) и Коргонского наложенного прогиба (Тигерекский, Коровихинский, Убино-Белореченский массивы). Ареал формировался в 5 фаз и имеет более сложный состав, чем считалось ранее: 1 фаза – габбро; 2 фаза – диориты и монцодиориты; 3 фаза – сиениты, кварцевые сиениты, гранодиориты и граносиениты; 4 фаза – граниты и умеренно-щелочные граниты; 5 фаза – лейкограниты и умеренно-щелочные лейкограниты с флюоритом. Жильная фаза представлена дайками аплитов, аляскитов и пегматитов. Наиболее ранние породные типы первых двух фаз внедрения обнаружены нами в приконтактовой южной части Тигирекского массива на территории Казахстана, а также в районе г. Россыпной в виде ксенолитов различных размеров от 20 см в поперечнике и до нескольких метров.

Здесь же обнаружены и ксенолиты гранодиоритов. Следует отметить, что габброиды и диориты имеют крупнокристаллическое сложение, характерное для первых фаз внедрения интрузивов. В целом набор породных типов близок таковому для интрузий Айского ареала [Гусев, Гусев, 2011], которые являются типичными представителями шохонитовой серии пород.

Характерной особенностью пород Синюшинского массива является то, что они практически не затронуты катаклизмом, за исключением локальных зон дробления и милонитизации субширотного простирания, более поздних по отношению к Северо-Восточной зоне смятия.

Гранитоиды мелких тел представлены преимущественно роговообманково-биотитовыми гранодиоритами и меланогранитами с подчиненным количеством граносиенитов и кварцевых монцонитов. Кварцевые сиениты 1 фазы Синюшинского массива слагают небольшие тела в южной части и представляют собой серые, желтовато-серые среднезернистые массивные и гнейсовидные порфировидные породы с вкрапленниками калишпата размером от 1-2 до 3-5 см, составляющими до 50-60% объема породы. Они состоят из микроклин-перти-

та (35-50%) высокой степени упорядоченности ($\Delta = 0,9$), идиоморфного (№ 23-26) и интерстициального (№ 12-7) олигоклаза, кварца (10-5%), биотита (10-20%), единичных зерен роговой обманки и диопсида. Акцессорные минералы представлены апатитом, сфеном, цирконом, рутилом, магнетитом, ильменитом. Для пород характерны повышенная титанистость ($TiO_2 = 1,2\%$), агпаитность (0,7), низкая глиноземистость (индекс Шенда = 0,84), умеренная известковистость (0,3).

Биотитовые и роговообманково-биотитовые граниты второй фазы слагают основные объемы Синюшинского (102 км²), Саввушинского (208 км²), Тигерекского (133 км²), Убино-Белореченского (42 км²) массивов, массив Волчьих Шкили (1,7 км²). Интрузивы имеют куполообразную и штокообразную форму с крутопадающими контактами, прорывают и метаморфизуют стратифицированные образования широкого диапазона (от позднего кембрия до среднего девона), интрузивные образования змеиногорского, усть-беловского и боровлянского комплексов. Среди гранитов доминируют розовато-серые порфирированные средне-крупнозернистые разновидности. Вкрапленники калишпата достигают размеров 8 см по удлинению и составляют от 5 до 40% объема породы. Меланократовые граниты более характерны для глубокоэродированных массивов (Саввушинский, Тигерекский массивы), лейкократовые – для слабоэродированных; иногда проявлена обратная зональность. Вдоль контактов массивов обычно прослеживается оторочка мелкозернистых лейкогранитов. Магнитное поле сильно дифференцированное положительное, от 1500–2000 нТл в глубокоэродированных массивах, до 300–500 нТл в куполах. Характерны отрицательные гравитационные аномалии, интенсивность которых уменьшается с увеличением глубины эрозионного среза.

Порфирированные граниты состоят из кварца (25-30%), микроклина (30-35%), слабозонального олигоклаза № 18-25, иногда андезина № 30-37 (30-37%), биотита (5-15%), роговой обманки (0-10%). Акцессорные минералы (по данным О.В. Мурзина, в г/т) представлены магнетитом (1501-9030), ильменитом (23-910), сфеном (1,4-1995), апатитом (22-137), колумбитом-танталитом (12-66), монацитом (7,3-8,7), ортитом (4-80), флюоритом (ед. зн. – 135). Породы характеризуются умеренной щелочностью ($Na_2O = 3,8\%$, $K_2O = 3,4\%$), глиноземистостью (индекс Шенда = 1,01), известковистостью (0,2), агпаитностью (0,7).

По содержанию редких элементов (в г/т) они близки гранитам главной фазы Белокурихинского комплекса ($Co = 2,2$, $Cr = 16$, $Sr = 101$, $Ba = 260$, $Rb = 326$, $Li = 63$, $Cs = 11$), характерно повышенное содержание редких щелочей и низкие концентрации бария и стронция.

Субщелочные лейкограниты и лейкограниты заключительных фаз слагают Углово-вой массив (13 км²) и небольшое линейно-вытянутое тело в пределах Синюшинского и Тигерекского массивов. Вмещающие породы представлены гранитоидами ранних фаз, ороговикованными отложениями ордовика и силура. Породы обладают розоватой окраской, средне-крупнозернистой равномерной текстурой, массивной структурой, состоят из кварца (30-35%), плагиоклаза (20-25%), микроклина (40-45%) и биотита (3-5%). Характерна повышенная щелочность (в среднем $Na_2O = 3,6\%$, $K_2O = 4,4\%$) высокая агпаитность (0,85), умеренная глиноземистость (индекс Шенда = 1,04) крайне низкая известковистость (0,06). По петрохимическим особенностям и содержанию редких элементов (г/т, данные О.В. Мурзина: $Sr = 127$, $Ba = 190$, $Rb = 169$, $Li = 29$, $Cs = 2,6$, $Nb = 58$, $Se = 101$) лейкократовые гранитоиды существенно отличаются от гранитоидов главной фазы. С гранитными куполами связаны грейзеновые, скарновые, кварцево-жильные вольфрамомолибден-бериллиевые месторождения, тантал-ниобиевые пегматитовые проявления и пункты минерализации. Химический состав пород представлен в табл. 1.

На диаграмме Л.С. Бородина в координатах A_0-A_c фигуративные точки пород разных массивов показывают близкое положение. Породы Синюшинского массива не содержат ранних фаз внедрения, представленных габброидами и монцонитами и почти целиком попадают в поле известково-щелочной серии, а заключительные лейкограниты – в поле умеренно-щелочной серии и образуют тренд почти перпендикулярный общей кислотности пород (рис. 1).

На диаграмме K_2O-SiO_2 породные типы Синюшинского массива попадают в поля шошонитовой серии и высококалиевой известково-щелочной (рис. 2).

Позднепермско-раннетриасовый возраст пород ареала устанавливается в соответствии с серийной легендой и схемой корреляции и подтверждается радиологическими данными, полученными U/Pb-методом по цирконам из гранитов купола Волчьих Шкили ($244 \pm 2,5$ млн. лет) и гранитов Синюшинского массива ($251,1 \pm 4,6$ млн. лет).

Химический состав пород Синюшинского массива

Порода	Фаза	<i>n</i>	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Гранодиорит	1	7	64,79	1,03	15,06	6,17	0,36	1,56	3,36	3,42	3,81	0,24
			2,26	0,44	1,70	2,49	0,54	1,22	1,28	0,5	3,0	0,14
Граносиенит		4	65,45	0,75	15,64	4,88	0,12	0,99	2,36	3,61	5,77	0,23
			1,73	0,37	1,70	2,51	0,01	0,61	0,90	0,99	3,14	0,1
Кварцевый сиенит	1	2	64,05	0,60	16,32	3,68	0,13	0,93	2,74	3,70	5,80	0,26
Гранит	2	38	71,71	0,42	13,94	3,00	0,09	0,64	1,94	3,11	4,20	0,14
			2,37	0,21	0,78	1,35	0,04	0,30	0,81	0,41	0,9	0,17
Субщелочной гранит		9	73,75	0,27	13,28	2,18	0,05	0,39	1,16	3,43	5,1	0,08
			2,64	0,23	0,69	1,13	0,03	0,29	0,54	0,67	1,09	0,02
Лейкогранит		16	75,38	0,23	12,53	2,45	0,07	0,27	1,02	3,21	4,23	0,1
			1,07	0,11	0,46	0,62	0,03	0,18	0,37	0,42	0,40	0,17
Субщелочной лейкогранит		21	74,82	0,20	12,87	2,11	0,06	0,33	0,75	3,65	4,86	0,05
			0,90	0,08	0,33	0,56	0,02	0,15	0,34	0,77	0,27	0,02
Лейкогранит	3	3	75,93	0,24	12,30	2,84	0,10	0,24	1,02	3,08	3,88	0,08
			0,52	0,09	0,14	0,55	0,03	0,20	0,21	0,23	0,45	0,06
Субщелочной		3	75,49	0,14	12,70	1,98	0,06	0,26	0,72	3,89	4,54	0,11
Лейкогранит с флюоритом	4		0,41	0,06	0,21	0,38	0,01	0,18	0,11	0,49	0,20	0,13

Примечание. В числителе – средние содержания компонентов, в знаменателе – стандартное отклонение; *n* – количество проб.

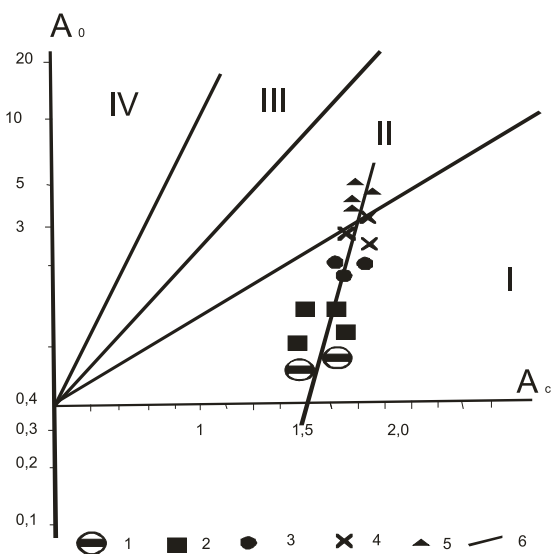


Рис. 1. Петрохимическая диаграмма в координатах $A_c - A_o$ Л.С. Бородина [1] для пород Синюшинского массива.

Петрохимические серии:

I – известково-щелочная; II – умеренно-щелочная; III – щелочная; IV – высокощелочная.

Породы Синюшинского массива:

1 – кварцевые сиениты; 2 – граниты; 3 – граниты умеренно-щелочные; 4 – лейкограниты; 5 – лейкограниты умеренно-щелочные; 6 – породный тренд Синюшинского массива

Микроэлементный состав породных типов Синюшинского массива представлен в табл. 2.

Следует отметить, что в наиболее дифференцированных лейкогранитах с флюоритом наблюдаются более высокие концентрации Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Yb, Lu и низкие концентрации Sr, Ba, Li, Rb. Все породные типы характеризуются высокими отношениями тория к урану, превышающие 1 (от 2,5 до 5,45), указывающие на слабые гидротермальные изменения пород. Во всех проанализированных породах наблюдаются повышенные значения отношений $(La/Yb)_N$, свидетельствующие о сильно дифференцированном распределении редкоземельных элементов. В гранитах, лейкогранитах и лейкогранитах с флюоритом выявлен тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов M-типа (значение $TE_{1,3}$ превышает 1,1), что указывает на высокую обводненность Синюшинского массива и максимально высокие концентрации летучих компонентов (и в первую очередь, – фтора и бора) в магмогенных флюидах. Об этом свидетельствуют часто встречающиеся умеренно-щелочные лейкограниты с флюоритом, а также обильные нодулы турмалина размерами от 1 до 5 см в поперечнике. В гибридной породе – граносиените, слабо проявлен W-тип тетрадного эффекта (значение $TE_{1,3}$ менее 0,9), указывающий на значительную роль вадозных вод, заимствованных из вмещающих пород, при формировании этих пород.

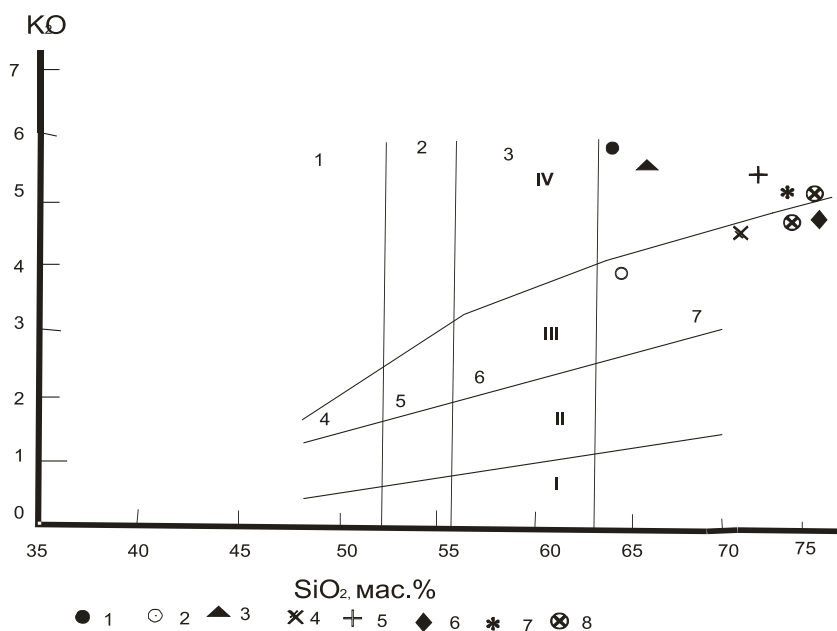


Рис. 2. Диаграмма $K_2O - SiO_2$ для породных типов Синюшинского массива.
 Поля пород: I – абсарокит; 2 – шошонит; 3 – банацит; 4 – высоко-К базальт;
 5 – высоко-К андезибазальт; 6 – высоко-калиевый андезит; 7 – высоко-К дацит по [7].
 Серии пород: I – толеитовая; II – известково-щелочная; III – высоко-К известково-щелочная;
 IV – шошонитовая. Породные типы Синюшинского массива: 1 – кварцевый сиенит;
 2 – гранодиорит; 3 – граносиенит; 4 – гранит; 5 – умеренно-щелочной гранит; 6 – лейкогранит;
 7 – умеренно-щелочной лейкогранит; 8 – лейкогранит с флюоритом

Таблица 2
 Микроэлементный состав (в г/т) породных типов Синюшинского массива

Компо- ненты	Породы					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Li	54,1	38,0	25,0	55,0	19,0	12,8
Rb	134,0	129,0	320,0	319,0	25,2	21,2
Cs	3,8	2,9	9,7	12,8	2,1	2,1
Ba	350	760	330,0	300,0	36	27,1
Sr	485	640	180,0	177	19,0	15,2
Zr	250,0	245,0	80,0	127,0	130,0	205,0
Hf	7,0	7,9	4,8	5,4	4,6	4,8
Nb	24,0	34,0	22,0	20,2	34,0	65,0
Ta	3,2	2,2	4,7	2,2	3,6	4,6
Th	28,0	24,1	38,2	59,0	43,1	48,0
U	8,0	9,6	7,0	21,6	15,1	14,0
Y	32,0	19,4	19,0	22,0	25,0	17,9
La	32,0	73,1	59,0	63,40	50,0	81,1
Ce	96,0	87,0	65,8	86,20	67,1	67,2
Pr	6,9	6,5	11,1	12,3	12,0	12,1
Nd	26,0	24,1	22,2	27,20	21,3	22,1
Sm	25,5	24,1	22,2	3,80	20,7	13,2
Eu	7,0	1,2	0,61	0,84	10,56	11,4

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Gd	3,7	3,4	3,4	4,00	11,1	17,1
Tb	0,61	0,55	0,56	0,58	10,55	12,5
Dy	24,5	3,3	3,7	12,6	22,6	23,6
Ho	0,8	0,78	0,7	0,9	6,8	7,8
Er	3,3	2,9	0,44	0,39	12,1	14,9
Tm	3,7	1,23	0,46	0,37	2,1	2,4
Yb	3,6	2,7	2,8	3,01	5,0	11,1
Lu	0,64	0,45	0,52	0,65	1,43	1,61
Co	9,3	9,1	2,2	1,8	3,0	1,1
Cr	24,0	23,5	18,0	13,3	21,0	5,2
Sc	21,0	19,5	8,5	7,1	10,0	1,3
Ga	22,2	23,6	22,8	22,9	18,4	18,6
Cu	18,9	20,0	15,1	14,9	18,3	8,8
Sn	3,4	1,9	4,9	4,7	5,1	5,3
W	2,9	1,5	2,8	2,9	3,3	3,8
Mo	2,5	0,9	3,2	3,3	3,0	3,4
Be	2,8	1,9	4,4	4,3	9,0	3,7
Th/U	3,5	2,5	5,45	2,73	2,85	3,43
(La/Yb) _N	5,87	18,59	13,91	13,9	6,6	4,82
TE _{1,3}	1,85	0,85	1,03	1,33	1,58	1,43

Пр и м е ч а н и е. Анализы выполнены в Лаборатории ИМГРЭ методом ICP-MS (г. Москва). Породы Синюшинского массива: 1 – гранит, 2 – граносиенит, 3 – лейкогранит, 4 – лейкогранит, 5 – лейкогранит с флюоритом, 6 – лейкогранит с флюоритом. TE_{1,3} – тетрадный эффект по В. Ирбер [4]. Значения РЗЭ нормированы по хондриту по [3].

В заключении следует отметить, что шошонитовые гранитоиды Синюшинского массива характеризуются высоко дифференцированным типом распределения редкоземельных элементов, высокой обводненностью и обогащённостью летучими компонентами, что весьма благоприятно для формирования различных типов оруденения. Действительно пространственно и парагенетически с гранитоидным массивом связаны скарновые месторождения вольфрама и молибдена (Кремлёвское и Плитнинское) и ряд рудопроявлений (Горный участок, Северный участок, Восточное, Каменское, Средне-Рябиновское, Вороновское, Ленинградское); кварцево-грейзеновые медно-висмут-вольфрамовые месторождения (Очаровательное I, Очаровательное II, Колыванское I, Колыванское II, Шеелитовое, Майское). Возможно, пространственно с гранитоидами Синюшинского массива связаны проявления железо-оксидного-медно-золоторудного класса типа Клонкарри, локализующиеся к северо-западу и к югу от массива (Локтев-

ское рудное поле и другие, где существенную роль играют гематитовые руды с халькопиритом, борнитом, халькозином). В этих рудах отмечаются повышенные концентрации редких земель иттриевой группы. Хотя основную роль для проявлений Локтевского рудного поля имеет сдвиговая Северо-Восточная зона смятия, тем не менее здесь отмечаются редкие дайки шошонитового типа) от кварцевых сиенитов до лейкогранитов с флюоритом. Эти дайки сопровождают Синюшинский массив гранитоидов, маркирующих на глубине крупный глубинный магматический очаг, дериавтом которого являются и Синюшинский массив и сопровождающие его дайковые комплексы.

Список литературы

1. Бородин Л.С. Геохимия главных серий изверженных пород. – М.: Недра, 1981. – 217 с.
2. Гусев А.И., Гусев А.А. Шошонитовые гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный реж.
3. Anders E., Greevesse N. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – Vol. 53. – P. 197-214.
4. Irber W. // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1999. – Vol. 63. – P. 489-508.