

УДК 553.3/4.078:553.2:551.73

**ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПЛАГИОГРАНИТОВ
САПШИЛАНСКОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ****Гусев А.И.***Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

Приведены данные по петрологии и геохимии гиперстеновых плагиогранитов сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья. Они относятся к пералюминиевым и магниальным разностям. Плагиогранитоиды имеют близость к адakitовым гранитам. Они отличаются весьма низкими суммарными содержаниями редких земель, концентрациями Y, Yb и высокими Sr, Ba. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования W- типа. Их формирование связано с частичным плавлением двупироксеновых гнейсов низов Земной коры.

Ключевые слова: гиперстеновые плагиограниты, адakitовые граниты, тетрадный эффект фракционирования PЭ W- типа, Y, Yb, Sr, Ba.

**PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF PLAGIOGRANITES
OF SAPSHILANSKII COMPLEX OF WESTERN PRIBAIKALIA****Gusev A.I.***The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru*

Data of petrology and geochemistry of gypersthenic plagiogranites of sapshilanskii complex of Western Pribaikalia lead. Rocks refer to peraluminous and magnesium differences. Plagiogranites has nearness to adakititic granites. Rocks distinguish low summary contents of rare earth elements, concentrations Y, Yb and high – Sr, Ba. Tetrad effect fractionation of REE W- type display in rocks. Forming of rocks related with partial melting of two pyroxene gneiss of low Earth crust.

Keywords: gypersthenic plagiogranites, adakititic granites, tetrad effect fractionation of REE W- type, Y, Yb, Sr, Ba.

Введение

Петрология и геохимия магматических образований, сформировавшихся на глубинных уровнях земной коры являются одними из актуальных проблем, затрагивающих глубинные процессы, происходившие при становлении нижних частей земной коры. Такими образованиями являются плагиогранитоиды сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья, локализуемыми в области развития двупироксеновых гнейсов гранулитовой фации метаморфизма. Генерация гранитоидов в таких обстановках протекает в специфических условиях высоких давлений и температур. *Цель исследований* – выяснение некоторых сторон петрологии и геохимии плагиогранитов сапшиланского комплекса Западного Прибайкалья.

**Геохимия и петрология плагиогранитов
сапшиланского комплекса**

Плагиограниты сапшиланского комплекса распространены локально в пределах Чернорудской гранулитовой зоны Ольхонского региона Прибайкалья. К ним относятся Сапшиланский массив размерами 0,5×1 км, а также многочисленные дайки и жилы мощностью 0,3-0,6 м., секущие мета-

морфические породы зоны и габбро-пироксенитовые массивы чернорудского комплекса предположительно раннепалеозойского возраста. Плагиограниты представлены серыми, среднекристаллическими лейкократовыми разностями, преобладающими минералами которых являются кварц и плагиоклаз (An₃₃₋₃₇). Темноцветный минерал – гиперстен, по объёму составляющий 0,5-2,5 об. %. Идиоморфные зёрна ромбического пироксена образуют крупные интрателлурические вкрапленники размерами от 0,5 до 1 см. Местами зёрна его резорбированы и корродируются замещающим куммингтонитом. Значения U – Pb конкордантного возраста (по цирконам на ионном микрозонде SHRIMP – II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ) составляет 496±3 млн. лет. Эта оценка совпадает с возрастом гранулитового метаморфизма Чернорудской зоны, вмещающей сапшиланские гранитоиды (500-495 млн. лет) [8].

Химические составы плагиогранитов сведены в табл. 1.

Гиперстеновые лейкоплагиограниты характеризуются повышенными концентрациями кремнезёма, V, Cr, Co, Ni, преобладанием натрия над калием, пониженными содержаниями титана, Y, Yb, Nb, Ta.

Таблица 1

Представительные химические составы плагиогранитов сапшиланского комплекса
(оксиды в масс. %, элементы в г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	76,9	77,1	76,8	75,5	76,2
TiO ₂	0,06	0,05	0,05	0,08	0,06
Al ₂ O ₃	14,03	13,85	13,95	14,11	14,02
Fe ₂ O _{3,t}	0,46	0,45	0,45	0,48	0,49
MnO	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05
MgO	0,26	0,30	0,25	0,33	0,34
CaO	3,5	3,55	3,35	3,6	3,58
Na ₂ O	3,85	3,65	3,7	3,9	4,01
K ₂ O	0,75	0,72	0,73	0,74	0,72
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04
V	24	21	25	31	23
Cr	22	20	21	24	20
Sc	28	26	26	29	22
Co	15	16	17	20	20
Ni	8	7	9	12	10
Pb	13	14	15	18	11
Rb	2,5	3,0	2,3	3,0	3,1
Sr	465	470	455	460	462
Ba	200	185	210	195	205
Zn	23	22	24	22	25
Y	3,0	3,5	3,0	3,1	3,2
Zr	25	27	28	26	27
Nb	0,11	0,10	0,11	0,12	0,12
La	5,8	6,0	5,6	5,7	5,65
Ce	7,6	8,5	6,9	6,8	6,75
Pr	0,31	0,3	0,3	0,29	0,3
Nd	2,8	3,7	2,4	2,3	2,5
Sm	0,5	0,8	0,4	0,6	0,5
Eu	0,5	0,7	0,4	0,7	0,75
Gd	0,4	0,45	0,32	0,38	0,39
Tb	0,08	0,07	0,05	0,09	0,1
Dy	0,03	0,04	0,035	0,05	0,06
Ho	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Er	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05
Tm	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Yb	0,2	0,25	0,16	0,3	0,31
Lu	0,03	0,04	0,03	0,05	0,05
Hf	0,55	0,65	0,5	0,52	0,53
Ta	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Th	0,37	0,45	0,32	0,42	0,41
U	0,03	0,04	0,02	0,035	0,04
ΣTR	21,3	24,4	19,6	20,4	20,6
Str/Y	155	134	152	148	144
(La/Yb) _N	19,2	15,9	23,1	12,6	12,04
(La/Sm) _N	7,1	4,6	8,6	5,8	6,9
U/Th	0,081	0,089	0,051	0,083	0,09
Eu/Eu*	3,35	3,29	3,36	4,25	5,08

Примечание. Силикатные анализы выполнены в Западно-Сибирском Испытательном Центре (г. Новокузнецк). ΣTR – сумма редкоземельных элементов. N – элементы нормированы по [9]. Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2. 1-5 – гиперстеновые лейкоплагиограниты сапшиланского комплекса.

Анализируемые породы имеют весьма низкие суммарные концентрации редких земель (от 19,6 до 24,4). Они характеризуются повышенными отношениями лёгких РЗЭ к тяжёлым $(La/Yb)_N$ и лёгких РЗЭ к средним $(La/Sm)_N$, что указывает на дифференцированный тип распределения РЗЭ. Весьма

низкие отношения U/Th свидетельствуют об отсутствии наложенных гидротермальных изменений в породах.

По соотношениям некоторых главных компонентов составы пород классифицируются как высоко пералюминиевыми разностями и магнезиальными (рис. 1).

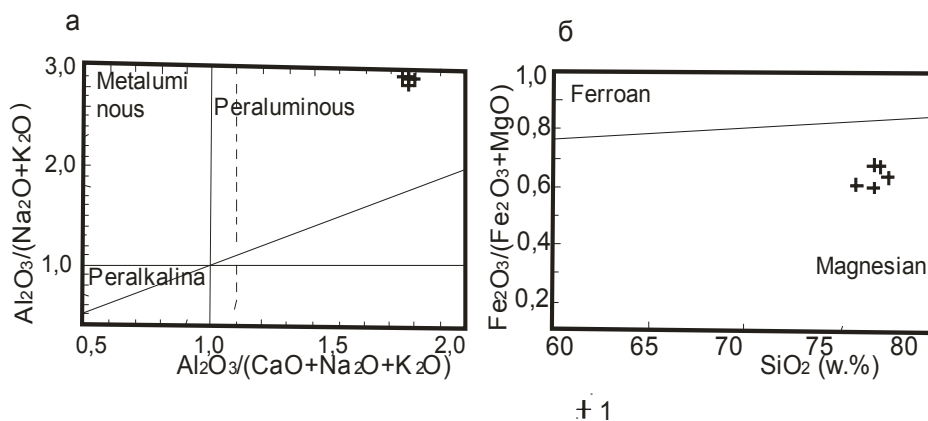


Рис. 1. а – диаграмма $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ по [12] и б – диаграмма $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO)$ по [13] для пород сашиланского комплекса
1 – гиперстеновые лейкоплагиограниты сашиланского комплекса

Низкие концентрации Y (менее 18 г/т), Yb (менее 1,8 г/т), высокие отношения Sr/Y в плагиогранитах указывают на близость их составов к адакитам. Это же подтверждается и положением составов пород на диаграмме Sr/Y – Y (рис. 2).

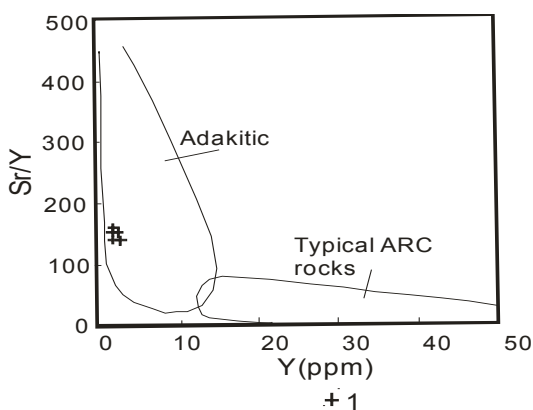


Рис. 2. Диаграмма Sr/Y – Y по [10] для пород сашиланского комплекса

Поля на диаграмме по [10]: Adakitic – Адакиты, Typical ARC rocks – породы типичных андезитов, риолитов, дацитов вулканических дуг. Остальные условные те же, что на рис. 1.

В связи с сильно дифференцированным типом распределения РЗЭ в породах проведена проверка на возможное проявление значимого тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) РЗЭ. Значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ и отношения некоторых элементов приведены в табл. 2.

Значения (ТЭФ) РЗЭ для гиперстеновых лейкоплагиогранитов варьируют от 0,53 до 0,74, во всех случаях имеют меньшие величины, чем 0,9 и относятся к редко проявляемому в гранитоидах W – типу. Отношения элементов по всем показателям превышают аналогичные отношения в хондритах (табл. 2).

На диаграмме Y/No – $TE_{1,3}$ чётко прослеживается тренд уменьшения величины ТЭФ РЗЭ, где видно, что значение ТЭФ W- типа уменьшается в связи уменьшением отношения Y/No (рис. 3.).

На диаграммах $La/Nb - TE_{1,3}$ и La/Ta тренды уменьшения значений $TE_{1,3}$ W-типа имеют противоположную направленность – уменьшение значений ТЭФ РЗЭ W-типа уменьшается в связи с увеличением отношений La/Nb (рис. 4) и уменьшение значений ТЭФ РЗЭ W – типа с увеличением отношений La/Ta (рис. 5).

Таблица 2

Значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ
и отношения некоторых элементов в гиперстеновых плагиогранитах
сапшиланского комплекса

Значения тетрадного эффекта и отношения элементов	1	2	3	4	5	Хондриты
$TE_{1,3}$	0,69	0,53	0,68	0,68	0,74	-
Y/Ho	300	175	300	155	160	29,0
Zr/Hf	45,4	41,5	56	50	50,9	36,0
La/Nb	52,7	60	50,9	47,5	47,1	17,2
La/Ta	193	150	140	142,5	141,2	16,8
Eu/Eu*	3,35	3,29	3,36	4,25	5,08	1,0
Sr/Eu	930	671	1137	657	616	100,5
La/Lu	193,3	150,0	186,7	114,0	113,0	0,975

Примечание. $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [11].

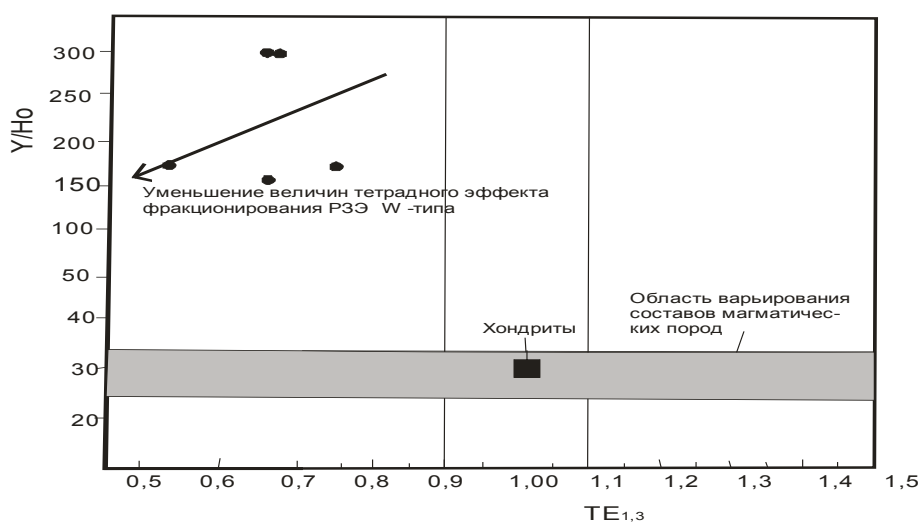


Рис. 3. Диаграмма Y/Ho – $TE_{1,3}$ для гиперстеновых лейкоплагиогранитов сапшиланского комплекса

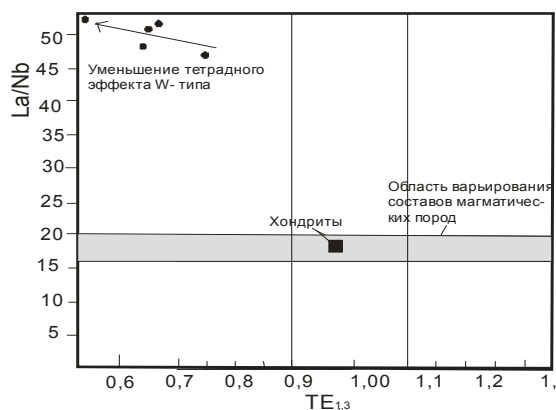


Рис. 4. Диаграмма La/Nb – TE_1 для пород сапшиланского комплекса

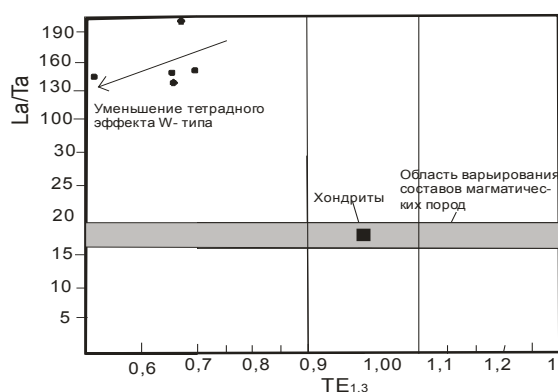


Рис. 5. Диаграмма La/Ta – TE_1 для пород сапшиланского комплекса

Противоположные тренды уменьшений отношений объясняются тем, что они относятся к ионно-замещающим элементам (Nb и Ta в породообразующих и акцессорных минералах) в кристаллических решётках минералов.

Интерпретация результатов

Приведенные данные показывают, что гранитообразование в глубинных зонах Земной коры протекало весьма специфически. В отличие от менее глубинных условий генерации гранитоидов в пределах амфиболитовой фации метаморфизма, где образуются в коллизионной обстановке «синметаморфические» S- типы биотитовых гранитов [1-3], в изученной области гранулитового метаморфизма формировались гиперстеновые плагиограниты, обнаруживающие близость к адакитовым гранитоидам. В них аномально низкие концентрации суммы редкоземельных элементов, сильно дифференцированный тип распределения РЗЭ. В гиперстеновых лейкоплагиогранитах сапшиланского комплекса проявлен тетрадный эффект распределения РЗЭ W – типа, что является редкостью для гранитоидов [4-6]. В отличие от адакитовых гранитоидов ерудинского комплекса Енисейского кряжа, формировавшихся также в условиях гранулитовой фации метаморфизма, в которых проявлен M- тип ТЭФ РЗЭ, обусловленный подтоком трансмагматических высоко восстановленных флюидов мантийного генезиса [4-6]. Проявление ТЭФ РЗЭ в гипестеновых лейкоплагиогранитах, вероятно, связано с высокой степенью частичного плавления двупироксеновых гнейсов при высоких температурах и давлениях.

Заключение

Таким образом, плагиогранитоиды сапшиланского комплекса следует отнести к адакитовым гранитоидам. Гранитообразование в глубинных частях Земной коры протекало в специфических условиях высоких температур и давлений с образованием гиперстеновых лейкоплагиогранитов, в кото-

рых проявлен W – тип ТЭФ РЗЭ, обусловленный, вероятно, высокой степенью частичного плавления плавившегося субстрата и трансформацией соотношений РЗЭ в тетрадах.

Список литературы

1. Гусев А.И. Петрология S-типов гранитов: материалы научной конференции «Проблемы геологии и геохимии юга Сибири». – Томск, 2000. – С.125-128.
2. Гусев А.И., Гусев Е.А. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области // Руды и металлы. – 2000. – №5. – С. 25-32.
3. Гусев А.И., Кузубов П.П. Петрогенетические типы и флюидный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология. – 2001. – №2. – С.42-48.
4. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С.45-49.
5. Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А. Два типа тетрадного эффекта фракционирования редкоземельных элементов в шшонитовых гранитоидах Кавказских Минеральных Вод // Современные наукоёмкие технологии. – 2011. – № 4. – С. 17-22.
6. Гусев А.И., Гусев А.А. Лантанидный тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов в породах карбонатитового комплекса эдельвейс Горного Алтая // Современные наукоёмкие технологии. – 2013. – № 8 (Ч.2). – С.347-352.
7. Гусев А.И. Лантанидный тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов в адакитовых гранитоидах ерудинского комплекса Енисейского кряжа // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 12. – С.41-46.
8. Хромых С.В. Петрология магматических комплексов глубинных уровней коллизионных систем (на примере ранних каледонид Ольхонского региона Западного Прибайкалья): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. – Новосибирск, 2006. – 16 с.
9. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V.53. – PP. 197-214.
10. Defant M.J., Drummond M.S. Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc // Geology. – 1993. – V. 21. – PP. 547-550.
11. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. – 1999. – V.63. – №3/4. – PP. 489-508.
12. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1989. – V. 101. – PP. 635-643.
13. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // Trans. of Royal Soc. of Edinburgh Earth Science. – 1998. – V.89. – PP. 113-119.