

УДК 553.3.4.078:553.2:551.73

ПЕТРОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ СУБВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЛАГИОГРАНИТОИДОВ ЩЕБНЮХИНСКОГО МАССИВА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И.

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

Приведены данные о петрографии, петрологии и геохимии субвулканических гранитоидов Щебнюхинского массива Горного Алтая. Массив сложен плагиогранит-порфирами и плагиолейкогранитами. Они отличаются по микроэлементному составу от адakitовых гранитоидов плагиоорядка. Породы массива формировались в процессе смешения мантийного и корового субстратов. Плавлению подвергались амфиболиты и граувакки. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W – типа.

Ключевые слова: плагиогранит-порфиры, плагиолейкограниты, мантийно-коровое взаимодействие, плавление амфиболитов и граувакк, тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W-типа

PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE SUBVOLCANIC PLAGIOGRANITES SCHEBNJUKHINSKII MASSIVE OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I.

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

Data about petrography, petrology and geochemistry of subvolcanic plagiogranitoids Schebnjukhinskii massive of Mountain Altai lead. Massive composed by plagiogranite-porphyrates and plagioleucogranites. They differed on microelements composition from adakites granitoids of plagioclase composition. Rocks of massive formed in process mantle-crust interaction and mixing mantle and crust substrates. Amphibolites and graywacke exposed of melting. Tetrad effect fractionation of REE display in rocks.

Keywords: by plagiogranite-porphyrates, plagioleucogranites/ mantle-crust interaction, melting of amphibolites and greywacke, tetrad effect fractionation of REE W-type

Субвулканические образования в составе коргонской свиты раннего-среднего девона довольно широко распространены в пределах Коргоно-Холзунской зоны (Инской, Щебнюхинский, Сергеевский, Шумишкинский, Сибирячихинский и другие массивы). Актуальность их изучения определяется тем, что в контактах их нередко отмечается оруденение железа и других металлов. Цель исследования – изучение петрологии и геохимии Щебнюхинского субинтрузивного массива, расположенного вблизи известного Коргонского железорудного месторождения на Алтае.

Результаты исследований. Щебнюхинский массив локализован в верховьях рек Коргончик, Щебнюхи и ручья Подъемного. Он прорывает эффузивные и экструзивные образования ранне-среднедевонского коргонского комплекса. В его составе преобладают лейкоплагиограниты и редкие выходы плагиогранит-порфиров.

Породы плагиогранитного ряда характеризуются неравномерной раскристаллизацией, часто имеют порфировую и неравномернозернистую структуру, микрографическую структуру основной массы, а краевая фация слагаемых ими тел нередко представлена фельзитами. В то же время, в них нередко проявлена катаклитическая и бластокатаклитическая струк-

тура, сланцевато-гнейсовидная текстура. Отмечается обилие метасоматически переработанных ксенолитов, шпир, пятен измененных ороговикованных пород. Данные породы сложены альбитом, олигоклазом (60-70%), кварцем (25-40%), иногда присутствует биотит (нередко зеленый), реже амфибол актинолитового типа и более поздний решетчатый микроклин (до 10%). Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, магнетитом, цирконом, гранатом. Обычно развит хлорит, серицит, реже карбонат. По уровню кремнекислотности данные породы иногда варьируют до диоритоидов, но чаще соответствуют лейкократовым плагиогранитам. Химический состав пород плагиогранитного ряда характеризуется высокой натриевостью ($Na_2O/K_2O = 3,9$ в плагиогранитах и $7,5$ в плагиолейкогранитах) и повышенной глиноземистостью (индекс Шенда – $1,13$ в плагиогранитах и $1,05$ в плагиолейкогранитах), пониженными содержаниями Ga ($13,7$ г/т), Rb (от $2,8$ до $25,5$ г/т), Ba (от 140 до 175 г/т) Sr (от $10,5$ до 212 г/т) и высокими – Zr (от 175 до 185 г/т), Nb (от $9,2$ до $9,7$ г/т), Y (от $28,5$ до $34,6$ г/т), РЗЭ ($128,7$ г/т) и наличии европиевого минимума. Для всех типов пород характерны низкие отношения Sr к Yb (от $0,34$ до $6,7$). По распределению РЗЭ данные породы приближаются к дацитам

и плагиориодацитам коргонского комплекса, при этом, как и последние, по содержанию легких лантаноидов они близки к плагиогранитам внутриплитных обстановок,

а по содержанию тяжелых редких земель – к плагиогранитам островных дуг. Химический состав пород Щебнюхинского массива представлен в табл. 1.

Таблица 1

Представительные анализы пород Щебнюхинского массива

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	70,23	70,1	76,26	77,7	75,91	77,37
TiO ₂	0,69	0,65	0,34	0,17	0,23	0,2
Al ₂ O ₃	13,8	13,82	12,36	11,65	13,51	12,1
FeO ₁	4,89	4,9	3,14	1,72	2,89	2,75
MnO	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03
MgO	1,55	1,56	0,28	0,26	0,63	0,27
CaO	0,48	0,45	0,17	0,53	0,12	0,1
Na ₂ O	4,2	5,1	7,19	6,96	6,29	6,22
K ₂ O	2,48	1,56	0,14	0,13	0,31	0,54
P ₂ O ₅	0,12	0,13	0,031	0,03	0,03	0,03
Sc	15,7	53,7	9,2	7,3	10,0	9,9
V	9,5	8,5	8,5	8,1	7,8	8,0
Co	3,8	4,2	2,9	1,2	1,3	3,0
Cu	15,0	11,1	9,2	7,7	7,4	10,5
Zn	11,3	19,2	9,1	6,5	6,3	9,2
Li	8,5	7,5	9,0	4,4	6,4	3,2
Rb	25,5	4,37	2,8	3,3	6,0	10,0
Cs	0,5	2,06	5,5	7,8	7,7	8,9
Sr	212	20	10,5	13,4	14,1	12,0
Ba	175	8,2	150	140	150	170
La	26,6	100,39	120	24,2	27,0	100,05
Ce	52,2	27,6	43,5	46,4	53,0	47,5
Pr	6,2	7,5	9,2	5,5	6,1	9,4
Nd	22,1	39,5	45,8	19,3	21,4	51,8
Sm	4,2	8,1	9,5	3,8	3,8	10,0
Eu	0,8	1,1	1,2	0,8	0,7	2,2
Gd	4,6	7,2	7,3	3,9	4,3	7,6
Tb	0,7	1,2	1,2	0,6	0,6	2,0
Dy	4,2	5,2	5,4	3,8	3,8	5,6
Ho	0,9	1,1	1,3	0,8	0,8	1,2
Er	2,7	3,0	3,2	2,4	2,3	3,3
Tm	0,4	0,5	0,52	0,4	0,4	0,51
Yb	2,7	2,8	5,7	2,5	2,6	7,2
Lu	0,4	0,7	0,72	0,3	0,4	0,74
U	2,1	1,6	1,9	2,5	2,0	2,1
Th	8,7	4,0	5,5	8,5	6,4	8,0
Hf	5,1	4,0	7,9	10,6	9,3	11,2
Ta	0,8	0,65	0,7	0,8	0,8	0,67
Y	31,6	34,1	28,5	29,6	34,6	35,3
Ga	13,7	13,2	15,2	12,6	14,3	11,8
Nb	9,7	9,5	9,4	9,6	9,9	9,2
Zr	183	185	178	179	178	181
Mo	2,2	2,3	1,4	2,1	1,5	2,2
Sn	3,1	3,2	1,8	2,0	1,9	3,1
W	1,6	1,8	1,3	1,2	1,5	1,7
U/Th	0,24	0,4	0,34	0,29	0,31	0,26
(La/Yb) _N	6,5	23,7	13,9	6,39	6,85	9,18
Sr/Y	6,7	0,59	0,37	0,45	0,41	0,34

Примечание. 1, 2 – плагиогранит-порфиры; 3-6 – лейкоплагиограниты.

Отношение U/Th в породах варьирует от 0,24 до 0,4, указывая на относительно свежий не изменённый наложенными процессами облик анализируемых пород. Нормированные отношения к хондриту $(La/Yb)_N$ в породах колеблются от 6,5 до 23,7, указывающие на дифференцированный тип распределения РЗЭ. Отношения

Sr/Y в породах весьма низкие, в отличие от натровых адакитовых гранитоидов [3].

В связи с сильной дифференцированностью РЗЭ выполнена проверка проявления тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) редких земель. Результаты расчётов ТЭФ и некоторых отношений элементов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) РЗЭ в породах Щербноухинского массива

Отношения элементов и значения ТЭФ	1	2	3	4	5	6	Отношения в хондритах
Y/No	31,0	35,11	21,92	37,0	43,25	29,42	29,0
Zr/Hf	46,25	35,88	22,53	16,89	19,34	16,16	36,0
La/Nb	8,7	10,57	40,52	8,0	8,66	34,52	30,75
La/Ta	332	154	171	30	34	149	17,57
Sr/Eu	18,2	265	8,8	16,8	20,1	5,4	100,5
Eu/Eu*	0,56	0,44	0,43	1,19	0,53	0,75	0,32
Sr/Y	6,7	0,59	0,37	0,45	0,41	0,34	4,62
TE _{1,3}	0,99	0,62	0,64	0,96	0,97	0,81	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [8]; Eu* = $(Sm_N + Gd_N)/2$. Значения в хондритах приняты по [4].

Величина тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ во всех породах меньше 1, а несколько значений, меньших величины 0,9, следует рассматривать как значимые W-типа ТЭФ РЗЭ [1].

По соотношениям Y/No – TE_{1,3} видно, что с уменьшением отношений Y/No происходит уменьшение величины TE_{1,3} (рис. 1).

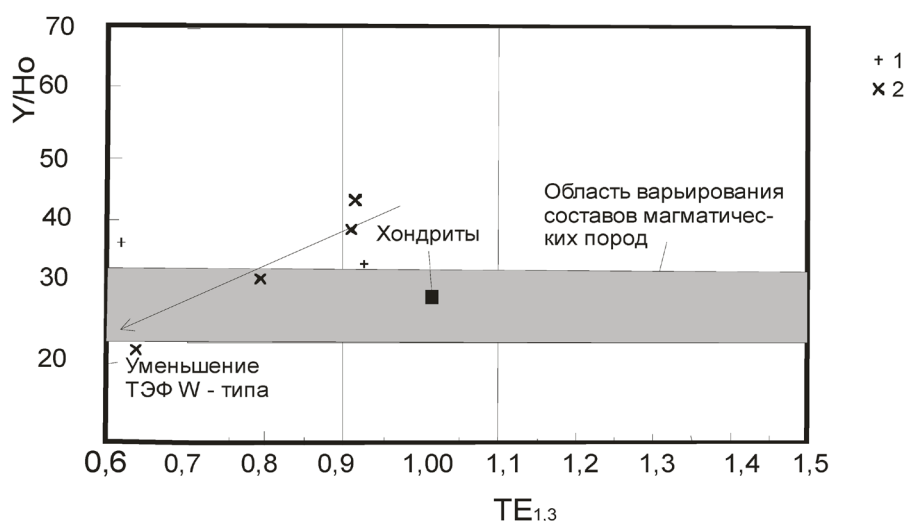


Рис. 1. Диаграмма Y/No – TE_{1,3} для пород Щербноухинского массива: 1 – Плагิโอгранит-порфиры, 2 – лейкоплагииграниты

Аналогичная картина наблюдается для соотношений Eu/Eu* и TE_{1,3}, где уменьше-

ние величин Eu/Eu* коррелируется с уменьшением значений TE_{1,3} (рис. 2).

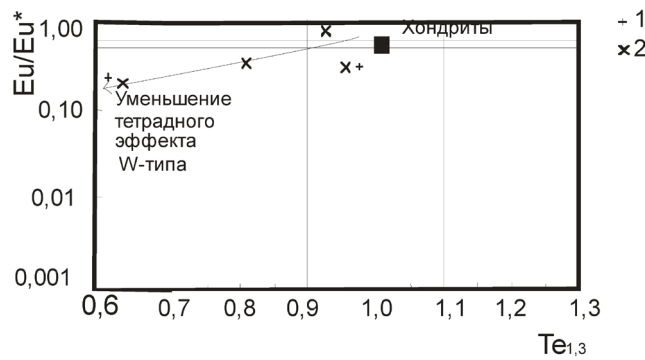


Рис. 2. Диаграмма Eu/Eu^* и $TE_{1,3}$ для пород Щебнюхинского массива. Условные те же, что на рис. 1

В общем европиевая аномалия в породах Щебнюхинского массива может быть вызвана двумя причинами: 1 – сепарацией калиевого полевого шпата в расплаве, за счёт того, что калиевый полевой шпат будет оставаться в рестите и связывать европий.

2. Европиевая негативная аномалия ($\epsilon \geq 95\%$ Eu деплетированием на рис. 2) для Щебнюхинского массива может быть объяснена традиционной сепарацией полевых шпатов в расплаве, хотя известна констатация позитивной аномалии Eu в коэффициенте распределения модели РЗЭ в расплавах. Установлено в последнее время, что

первопричиной проявления тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в высоко эволюционированных гранитоидных магмах вызвано взаимодействием магма-флюид, которое создаёт не только деплетирование Eu в породах, но и также вызывает необычную негативную аномалию во всех конституционных минералах, включая и калиевый полевой шпат [9].

На экспериментальных диаграммах по плавлению различных источников фигуративные точки составов пород попадают в поле плавления амфиболитов и граувак (рис. 3).

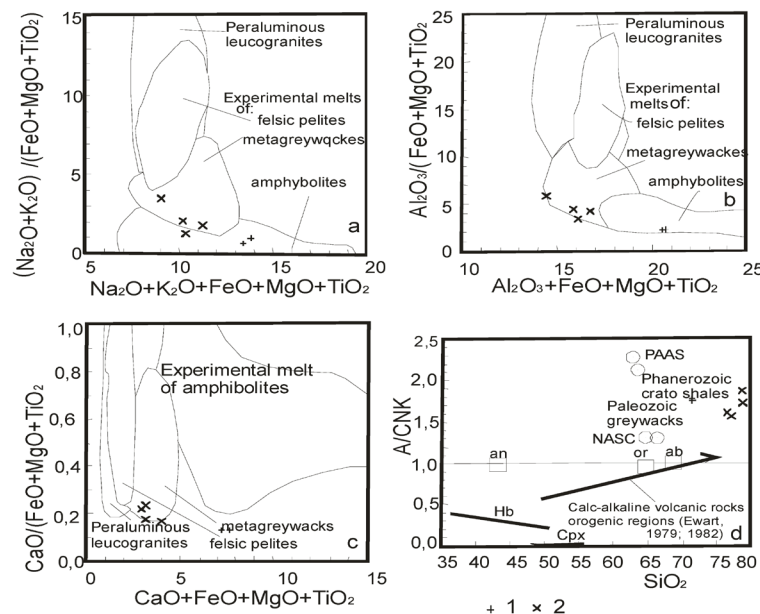


Рис. 3. Экспериментальные диаграммы:

a, b, c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусовитовых сланцев), метаграувакк и амфиболитов для пород Щебнюхинского массива; (d) – диаграмма $SiO_2 - A/CNK$ для пород Щебнюхинского массива. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов, по [6, 7]. $A - Al_2O_3$, $CNK -$ Сумма CaO, Na_2O, K_2O .

Остальные условные те же, что на рис. 1

По соотношению $A/CNK - SiO_2$ фигуративные точки пород близки к области плавления палеозойских граувакк и фанерозойских кратонных сланцев (рис. 3, d).

На диаграмме $La/Nb - Ce/Y$ массива большая часть фигуративных точек составов пород ложатся на тренд смешения мантийных расплавов с корой (рис. 4).

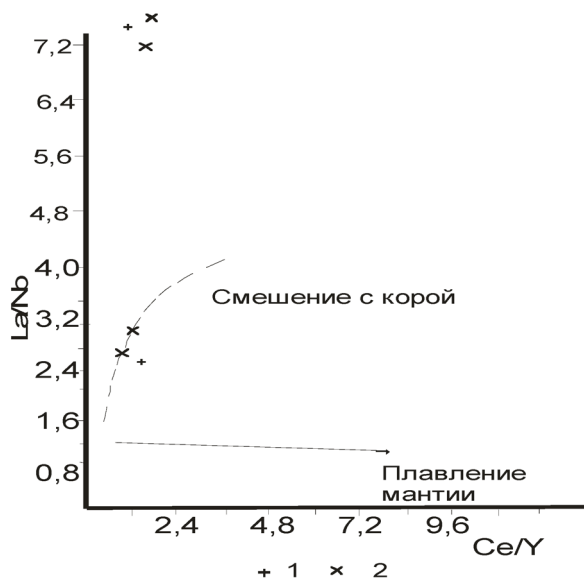


Рис. 4. Диаграмма соотношений $Ce/Y - La/Nb$ по [5] для пород Щебнюхинского массива. Остальные условные те же, что на рис. 1

Интерпретация результатов. Приведенные результаты показывают, что субвулканические плагиогранитоиды Щебнюхинского массива имеют сходство с натровыми эффузивами коргонской свиты. С другой стороны плагиогранитоиды по химическому составу близки к адakitовым гранитоидам, однако по микроэлементному составу они отличаются от них (в них более высокие концентрации Y, Yb и низкие соотношения Sr/Y). На экспериментальных диаграммах по плавлению различных субстратов, породы массива попадают в поле плавления амфиболитов и граувакк, как это часто бывает и для адakitовых гранитоидов [3]. Однако в плагиогранитах Щебнюхинского массива как и в адakitовых гранитоидах проявлен тетрадный эффект W – типа, который, вероятно, обусловлен селекционированием полевых шпатов и аномальными параметрами флюидного режима. В целом, генезис плагиогранитоидов Щебнюхинского массива показывает смешение мантийных субстратов и корового материала за счёт плавления амфиболитов и граувакк [2].

Закключение

Петрологически породы Щебнюхинского массива формировались в результате мантийно-корового взаимодействия. Плавлению подвергались коровые субстраты

амфиболитов и граувакк. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W – типа. Плагиогранитоиды Щебнюхинского массива отличаются по многим геохимическим параметрам от адakitовых гранитоидов такого же состава.

Список литературы

1. 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.
2. Гусев А.И., Коробейников А.Ф. Мантийно-коровое взаимодействие в генерации различных типов оруденения: геофизический и петрологический аспекты // Известия Томского политехнического университета, 2009. – Т 315. – № 1. – С. 18-25.
3. Гусев А.И. Петрология адakitовых гранитоидов. – М.: Изд-во РАН, 2014. – 160 с.
4. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. Cosmochim. Acta. 1989, v.53, pp. 197-214.
5. Barbarin B. A Review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // Lithos. – 1999. – V. 46. – Pp. 605-626.
6. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks. – Trondjemites, Dacites and Related Rocks. – Amsterdam, 1979. – Pp. 13-121.
7. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. – Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. – Chichester, 1982. – Pp. 25-95.
8. 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. 49
9. Zhao Z.H. REE and O-Pb-Sr-Nd isotopic compositions and petrogenesis of the Altai granitoids // New Development of Solid Earth Science in Northern Xinjiang. Science Publishing Co. – Beijing, 1993. – Pp. 239-266.