

УДК 553.3/.4.078:553.2:551.73

ПЕТРОЛОГИЯ ПЛАГИОГРАНИТОИДОВ КОПТИНСКОГО КОМПЛЕКСА ТУВЫ

Гусев А.И.

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

Приведены данные по петро-геохимии диоритов, тоналитов, плагиогранитов коптинского комплекса Восточной Тувы. Они классифицируются адакитовыми гранитоидами. Породы характеризуются пераллиминиевой и железистой спецификой химизма. Генерация их происходила в процессе мантийно-корового взаимодействия за счёт плавления амфиболитов, а на заключительных стадиях – и метаграувакк. Выявлены два типа тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ: М- и W типов. С гранитоидами связаны различные типы оруденения золота, меди, железа.

Ключевые слова: гранитоиды, диориты, тоналиты, плагиограниты, адакитовые гранитоиды, тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, изотопы Sr, Nd, мантийно-коровое взаимодействие.

PETROLOGY OF PLAGOGRANITES OF KOPTINSKII COMPLEX TUVA

Gusev A.I.

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

Data on petro-geochemistry diorites, tonalities, plagiogranites of Koptinskii complex of Eastern Tuva lead. They classified by adakitic granitoids. Rocks characterized by peraluminous and ferrous specific of chemistry. Generation of its originated in the process of mantle-crust interaction for melting of amphibolites and final stage methagreywacks. Two types tetrad effect of fractionation REE discovered: M-and W-types. Different types ore mineralization of gold, copper and iron connected with granitoids.

Keywords: granitoids, diorites, tonalities, plagiogranites, adakitic granitoids, tetrad effect fractionation REE, isotopes Sr, Nd, mantle-crust interaction.

Введение

Плагиограниты представляют своеобразные интрузивные образования, имеющие специфические особенности состава, генезиса и металлогении. В Таннуольской островной дуге Тувы проявлены многочисленные плагиогранитоиды раннепалеозойского возраста, в пространственной ассоциации с которыми отмечаются месторождения и проявления золота жильного золото-сульфидно-кварцевого и золото-сульфидно-скарнового типов. Этот факт и обуславливает *актуальность проведения* петрологических исследований плагиогранитоидов этого региона. *Цель настоящего исследования* – выяснение петрологии плагиогранитоидов коптинского комплекса для объективного понимания их происхождения и рудоносности.

Петро-геохимия и петрология плагиогранитоидов Коптинского комплекса

Коптинский комплекс выделяется в составе крупного Каахемского батолита площадью более 30000 км². Дериваты комплекса обнажаются по рр. Копто, Малая Копто, Бай-Сют. В составе комплекса выделяется 4 фазы: 1 – габброиды, 2 – диоритоиды, 3 – тоналиты, 4 – плагиограниты. Преобладают диоритоиды и гранитоиды.

Диориты и кварцевые диориты – средне-крупнокристаллические породы с варьирующим составом (масс. %): плагиоклаз № 40-50 – 40-60, обыкновенная роговая обманка – 20-30, пироксен (салит) – 0-10, биотит – 2-5, кварц – 3-10, калиевый полевой шпат – 0-3. Аксессуары – магнетит, сфен, апатит, циркон, сульфиды.

Тоналиты ботит-роговообманковые, крупно-среднекристаллические нередко с меланократовыми шлирами диоритового состава. Минеральный состав (масс. %): плагиоклаз № 20-28 – 65-75, кварц – 12-20, роговая обманка – 10-15, биотит- 5-8, клинопироксен – 0-2, калиевый полевой шпат – 2-4. Аксессуары представлены более широким спектром минералов, чем в диоритах: магнетитом, апатитом, сфеном, цирконом, рутилом, ортитом, пиритом.

Плагиограниты – средне-мелкокристаллические породы с варьирующим составом (масс. %): плагиоклаз № 14-19 – 55-60, кварц – 20-30, биотит – 5-10, роговая обманка – 0-5, калиевый полевой шпат – 0-3. Набор аксессуариев такой же, как и в тоналах: магнетит, апатит, сфен, циркон, рутил, пирит. Не встречен ортит, но иногда присутствует гранат.

Абсолютный возраст плагиогранитов составляет 563±4 млн. лет, а Sr-Nd изотоп-

ные исследования демонстрируют значения $\epsilon_{Nd}(T)=6,5$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0,7041-0,7046$ [8]. Химический состав пород сведен в табл. 1.

В целом породы коптинского комплекса характеризуются низкими концентрациями TiO_2 , Nb, Ta, Rb, Y, Yb, Ga, суммы щелочей (3,7-6,6 %), преобладанием Na над K, повышенными количествами Cr, V, Ni, Co (табл. 1). Они характеризуются высокими отношениями Sr/Y, варьирующими от 13,2 до 93,3 с тенденцией увеличения к поздним фазам.

Высокие отношения $(La/Yb)_N$ указывают на сильно дифференцированный тип распределения РЗЭ.

На диаграмме $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ фигуративные точки составов пород попадают в поле пералюминиевых разностей (рис. 1, а), а по соотношениям $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3 + MgO)$ все породные типы, кроме ранних диоритов, классифицируются железистыми разностями, а диориты – магнезиальными (рис. 1,б).

Таблица 1

Химический состав пород коптинского комплекса
(оксиды – масс. %, элементы – г/т)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	55,9	65,95	66,05	69,1	70,7	72,4	72,7
TiO ₂	0,8	0,50	0,48	0,43	0,42	0,17	0,2
Al ₂ O ₃	16,3	16,75	16,72	13,8	14,76	15,11	16,1
Fe ₂ O ₃	3,15	2,4	2,42	1,82	1,37	1,42	1,4
FeO	4,85	4,0	3,8	4,12	3,15	0,75	0,8
MnO	0,15	0,22	0,21	0,14	0,11	0,06	0,1
MgO	4,6	1,2	1,15	1,36	0,95	0,3	0,3
CaO	7,65	4,95	4,92	4,7	4,1	2,3	2,2
Na ₂ O	3,7	4,25	4,3	3,42	3,41	4,6	5,2
K ₂ O	1,2	1,08	0,95	0,38	0,6	1,1	1,4
P ₂ O ₅	0,21	0,2	0,18	0,15	0,08	0,06	0,07
Cr	95	42	40	28	25	15	35
V	83	52	51	35	33	28	40
Ni	20	27	25	23	22	18	21
Co	12	11	10	8	9	7,5	7,0
Zn	75	26	25	28	30	23	21
Pb	8,0	4,5	5,0	6,0	6,5	6,8	7,0
Sn	2,4	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2
Mo	1,4	0,2	0,25	0,3	0,3	0,25	0,3
Be	0,8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,45	0,5
Zr	95	50	48	60	52	50,5	55
Nb	3,5	4,8	4,7	5,0	4,9	4,7	5,1
Sr	120	420	410	380	395	405	420
Ba	195	300	290	270	278	310	315
Ga	10,5	5,5	6,7	7,5	8,0	8,5	9,0
Ge	0,9	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,5
Li	1,1	0,5	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9
Sc	13,3	2,0	2,7	3,0	3,2	3,1	2,9
Rb	4,8	4,5	5,2	5,1	6,0	6,2	5,8
La	13,5	20,5	21,0	12,2	12,0	24,1	9,1
Ce	22,1	42,3	43,5	21,7	21,0	50,5	21,2
Pr	1,2	7,0	7,2	1,1	1,0	22,2	1,1
Nd	7,8	13,2	13,8	7,2	7,1	20,1	5,2
Sm	2,2	2,4	2,2	2,1	2,0	7,2	3,1
Eu	0,5	0,31	0,3	0,5	0,45	1,5	0,5
Gd	3,9	4,4	4,3	3,8	3,7	4,8	5,5
Tb	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
Dy	2,8	1,5	1,6	2,6	2,5	3,0	3,5
Ho	0,6	0,6	0,65	0,5	0,5	0,8	1,2
Er	1,8	1,9	1,92	1,8	1,7	3,4	2,7
Tm	1,1	0,2	0,3	1,1	1,0	0,3	1,8
Yb	1,2	0,82	0,9	1,1	0,8	0,7	0,6
Y	9,1	8,7	8,8	9,0	7,9	11,5	4,5
Hf	0,75	0,8	0,7	0,75	0,7	0,85	0,7
Ta	0,43	0,3	0,25	0,25	0,26	0,23	0,22
(La/Yb) _N	7,43	16,51	15,44	7,31	9,89	20,96	10,03
Sr/Y	13,2	48,3	46,6	42,2	50,0	35,2	93,3

Примечание. 1 – диорит, 2, 3 – тоналиты, 4-7 – плагиограниты.

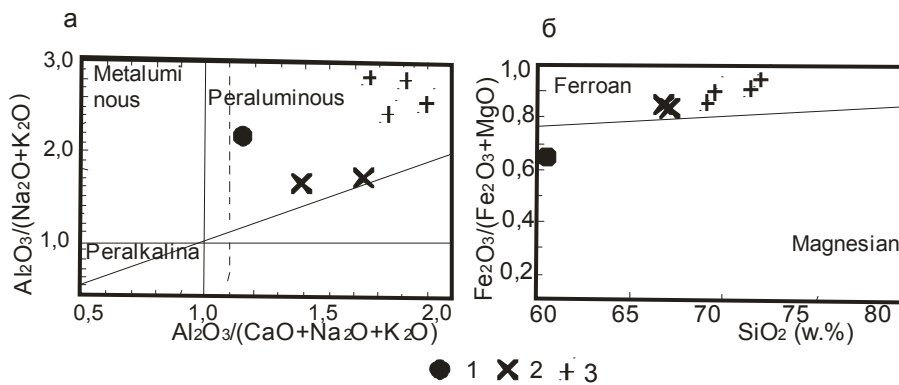


Рис. 1. а – диаграмма $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ по [14] и б – диаграмма $SiO_2 - Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO)$ по [15] для пород коптинского комплекса. 1 – диориты, 2 – тоналиты, 3 – плагиограниты.

На диаграммах по экспериментальному плавлению различных источников положение составов пород коптинского комплекса указывает на их происхождение за счёт плавления амфиболитов и частично метаграувак (рис. 2). Ультракислые породы коптинского комплекса располагаются на максимуме степени известково-щелочного фракционирования ортоклаза и альбита (рис. 2, d). Экспериментально установлено, что этой ситуации могут отвечать следующие условия: уменьшение щёлочности в процессе взаимодействия вода-породы или небольшая степень ассимиляции пелитов, которые и будут легко увеличивать показатель A/CNK. Вероятно, именно ассимиляция пелитов и некоторое снижение общей щёлочности пород (Na_2O+K_2O для некоторых плагиогранитов снижается до 3,4 и 4,01 мас. %) и имели место в процессе генерации конечных дифференциатов коптинского комплекса – низкощелочных плагиогранитов. Плагиограниты на этой диаграмме близки к составам палеозойских кратонных сланцев (рис. 2, d).

В координатах Sr/Y – Y все породные типы коптинского комплекса попадают в поле адакитов (рис. 3), широко распространённых в пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса [2].

В распределении редкоземельных элементов (РЗЭ) выявлены 2 типа тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ): М (значение $TE_{1,3}$ превышает 1,1) и W (значение $TE_{1,3}$ менее 0,9) (табл. 2). Ранее нами установлено, что проявление обоих типов тетрадного эффекта в одних и тех же геологических образованиях обусловлено весьма активной ролью различных летучих компонентов в магматогенных флюидах ($H_2O, F, Cl, P_2O_5, CO_2$ и других) и образованием комплексных соединений, существенно влияющих на перераспределение РЗЭ [3-7].

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.

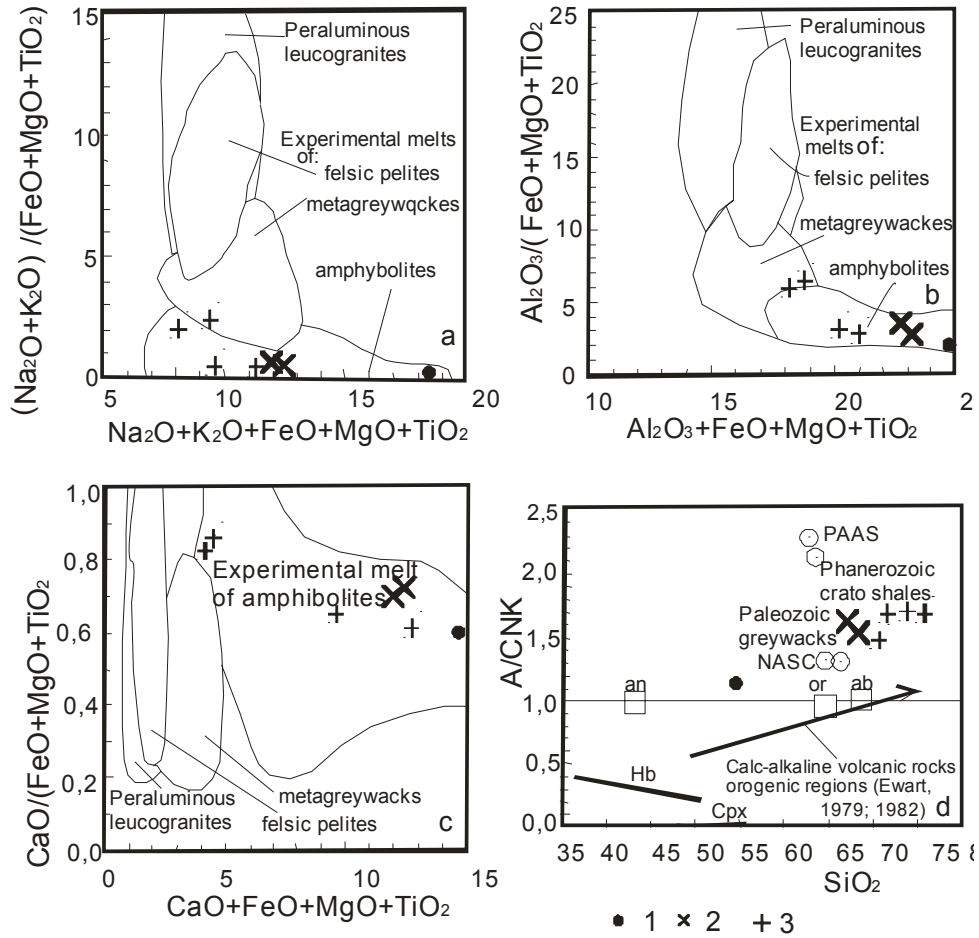


Рис. 2. Экспериментальные диаграммы: (a), (b), (c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления felsических пелитов (мусовитовых сланцев), метаграувак и амфиболитов для пород коптинского комплекса; (d) – диаграмма $SiO_2 - A/CNK$ для пород коптинского комплекса. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов, по [11, 12]. A- Al_2O_3 , CNK – Сумма CaO, Na_2O , K_2O . Остальные условные те же, что на рис. 1.

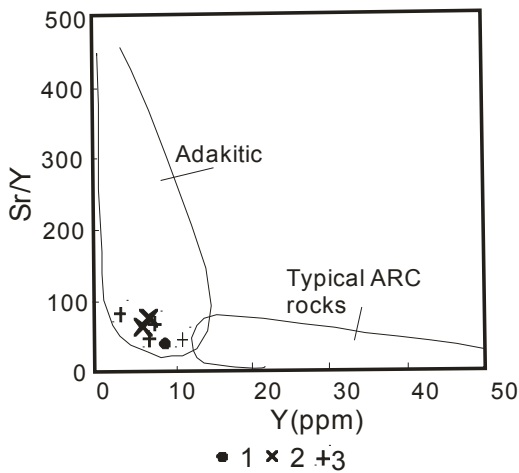


Рис. 3. Диаграмма Sr/Y – Y по [10] для пород коптинского комплекса Тувы

Соотношения пар элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ весьма изменчивы. Значения приведенных отношений выше хондритовых значений, а отношения Eu/Eu^* – ниже (табл. 2).

На диаграмме соотношений $Y/No - TE_{1,3}$ можно наметить два тренда, противоположно направленных от хондритовых значений и от области варьирования составов магматических пород (увеличения ТЭФ М – типа и уменьшение W – типа) (рис. 4).

Интерпретация результатов

Диориты, тоналиты и плагиограниты коптинского комплекса по сумме признаков следует отнести к адакитовым гранитоидам, формировавшимся в процессе плавления амфиболитов, а для заключительных фаз – возможно и граувак.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в породах коптинского комплекса

Отношения компонентов	1	2	3	4	5	6	7	Хондрит
Zr/Hf	128,0	166,7	171,4	240,0	74,3	59,4	78,6	36,0
La/Nb	3,9	4,3	4,5	2,4	2,5	5,1	1,8	17,2
La/Ta	31,4	68,3	75,0	49	46,1	104,8	41,4	16,8
Y/Ho	15,2	14,5	13,5	18,0	15,8	14,4	3,4	29,0
Sr/Eu	240	1354	1367	760	878	270	840	100,5
Eu/Eu*	0,53	0,29	0,3	0,54	0,51	0,74	0,37	1,0
TE _{1,3}	0,81	1,03	1,02	0,8	0,84	1,41	0,8	-

Примечание. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ как среднее между первой и третьей тетрадами по [13]. Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2.

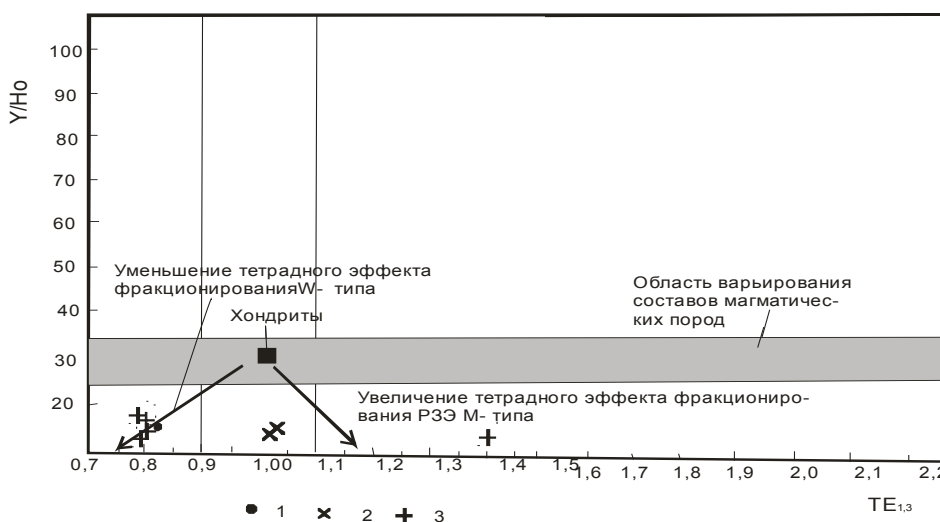


Рис. 4. Диаграмма соотношений Y/Ho – TE_{1,3} по [13] для пород коптинского комплекса

Генерация адakitовых гранитоидов происходила в процессе мантийно-корового взаимодействия [1], так как значения $\epsilon_{Nd}(T)=6,5$, $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0,7041-0,7046$ близки к мантийным меткам не контаминированных базальтоидов. Формирование адakitовых гранитоидов сопровождалось различной насыщенностью магматогенных флюидов и активностью летучими компонентами и проявлением ТЭФ M- и W- типов.

Заключение

Плагиогранитоиды коптинского комплекса Тувы относятся к адakitовым гранитоидам, генерация которых происходила в результате мантийно-корового взаимодействия в условиях насыщенности летучими компонентами магматогенных флюидов,

указывающих на потенциальную перспективность глубинного очага на эндогенное оруденение различных металлов, и в первую очередь, золота.

Список литературы

1. 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.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. Возрастные группы и петрология адakitовых гранитоидов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 9. – С. 75-80.
3. 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.
4. Гусев А.А., Гусев А.И., Гусев Н.И., Гусев Е.А. Два типа тетрадного эффекта фракционирования редкоземель-

- ных элементов в шшонитовых гранитоидах Кавказских Минеральных вод // *Современные наукоёмкие технологии*. – 2011. – № 4. – С. 17-22.
5. Гусев А.И. Постколлизийные гранитоиды: петрология, геохимия, флюидный режим и оруденение. – Gamburg: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 217 с.
6. Гусев А.И. Постколлизийные и анорогенные гранитоиды Алтая. – М.: Изд-во РАЕ, 2013. – 140 с.
7. Гусев А.И., Гусев Н.И. Гиперсольвусные и транс-сольвусные гранитоиды Солонешенского рудного района Горного Алтая // *Современные наукоёмкие технологии*. – 2013. – № 5. – С. 105-110.
8. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и озёрной зоны Западной Монголии: автореферат на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. – Новосибирск, 2010. – 35 с.
9. Anders E., Greevesse N. Abundences 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. 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.
12. 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.
13. 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 Comochim Acta*. – 1999. – V.63. – №3/4. – PP. 489-508.
14. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // *Geological Soc. America Bulletin*. – 1989. – V.101. – PP. 635-643.
15. 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 Edinburg Earth Science*. – 1998. – V.89. – P. 113-119.