

ТИПИЗАЦИЯ ГРАНИТОИДОВ НА ОСНОВЕ СОСТАВОВ БИОТИТОВ

Гусев А.И.

Бийский педагогический государственный университет им. В.М. Шукшина, Бийск, Россия

THE TYPEZATION OF GRANITOIDS ON THE FOUNDATION OF COMPOSITION BIOTITES

Gusev A.I.

The Shukshin Pedagogical State University of Biysk, Biysk, Russia

На основе опубликованных составов биотитов и авторских данных по различным регионам (2595 анализов) проведена оценка средних содержаний элементов в биотитах для основных петрогенетических типов гранитоидов, имеющих достоверную диагностику (табл.1). Использовались комплексные критерии для отнесения гранитоидов к пяти стандартным типам – М, I, S, А, SH.

Таблица 1

Средние составы биотитов стандартных типов гранитоидов (масс. %)

Компоненты	М-тип, n = 59		I-тип, n = 1043		S-тип, n = 267		А-тип, n = 941		SH-тип, n=256	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
SiO ₂	35.49	0.73	37.21	0.97	37.22	1.01	37.43	1.76	39,01	1,45
TiO ₂	3.29	1.31	3.19	0.73	2.80	0.509	2.29	1.02	2,24	0,97
Al ₂ O ₃	11.89	1.61	15.08	1.28	17.71	1.88	15.15	3.83	13,89	1,78
Fe ₂ O ₃	3.26	0.33	3.98	1.54	3.7	1.94	6.72	4.49	6,89	1,23
FeO	15.53	3.27	16.21	2.63	18.88	2.5	17.94	6.07	10,54	1,77
MnO	0.54	0.06	0.45	0.11	0.47	0.31	0.64	0.35	0,75	0,44
MgO	18.71	5.29	10.5	2.42	6.89	2.39	5.61	4.69	12,47	2,23
CaO	1.07	0.62	0.82	0.79	0.32	0.37	0.77	0.48	0,03	0,01
Na ₂ O	0.13	0.02	0.22	0.101	0.18	0.08	0.54	0.47	0,15	0,02
K ₂ O	6.93	0.61	8.1	0.95	8.56	1.05	7.87	0.83	9,45	1,11
P ₂ O ₅	0.22	0.09	0.07	0.044	0.15	0.08	0.09	0.11	0,32	0,12
F	0.31	0.13	0.54	0.16	0.88	0.34	2.26	1.79	1,67	1,22
H ₂ O	2.81	0.51	3.06	0.36	3.27	0.83	2.35	0.91	2,21	0,89
Cl	0.2	0.07	0.38	0.29	0.12	0.08	0.07	0.07	0,06	0,01
Li ₂ O	-	-	-	-	0.063	0.034	0.432	0.179	0,34	0,11
Rb ₂ O	-	-	-	-	0.072	0.039	0.824	0.270	0,77	0,21
Fe ₂ O ₃ /FeO	0.21		0.24		0.19		0.37		0,65	
f	39.9		55.98		67.7		75.4		73,4	
l	25.6		33.0		38.5		33.4		31,5	
y	188.7		190.92		190.58		188.14		187,8	
lg fO ₂	-8.1		-12.1		-14.2		-12.5		-12,9	
T°C	915		710		625		565		585	
lg fHF/fHCl	-4.32		-2.71		-1.2		0.40		0,34	
Al _{IV}	1.71		1.82		1.94		1.77		1,72	
Al _{VI}	-0.12		0.27		0.50		0.35		0,38	

Примечание: f – железистость ($f = 100 \times (\text{Fe} / \text{Fe} + \text{Mg})$); l – глинозёмистость ($l = 100 \times \text{Al} / \text{Al} + \text{Si} + \text{Fe} + \text{Mg}$); y – условный потенциал ионизации по В.А. Жарикову (1967); $\lg f\text{O}_2$ – логарифм фугитивности кислорода; $T^\circ\text{C}$ – температура; $\lg f\text{HF}/f\text{HCl}$ – логарифм отношений фугитивностей плавиковой и соляной кислот; Al_{IV} и Al_{VI} – алюминий тетраэдрической и октаэдрической координации в структурной формуле биотита; n – объёмы выборок; X – среднее содержание, %; S – стандартные отклонения.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что средние содержания элементов в слюдах закономерно меняются от М- к А-типу. На фоне уменьшения концентраций титана происходит снижение температуры кристаллизации. В этом же направлении происходит увеличение концентраций фтора (от 0.31 до 2.26 %), суммарного железа (от 18.79 % для М-типа до 24.66 % у А-типа) и общей железистости (от 39.9 до 75.4). Увеличение титанистости слюд с ростом температуры установлено экспериментально и подтверждено на многочисленных природных примерах (Forbes, Flower, 1974). Известно, что вхождение в кристаллическую решётку триоктаэдрических слюд дополнительных многовалентных катионов, таких как титан, облегчается с повышением температуры (Коренбаум, 1987).

На классификационной диаграмме (Foster, 1960) средние составы биотитов (рис.1) образуют устойчивый тренд от магниального (М-тип) к железистым (А- и SH -типам) биотитам. Слюды первого наиболее приближены к флогопитам, а последних – к сидерофиллитам и лепидомеланам. Биотиты I- и S-типов относятся к железистым разновидностям с различными соотношениями магния и железа. Наиболее железистые биотиты гранитов А- и SH-типов имеют самые низкие значения условного потенциала ионизации по В.А. Жарикову (Жариков, 1967) ($y=188,14$ и $187,8$) и, следовательно, характеризуется наименьшей кислотностью и наибольшей основностью сравнительно со слюдами других типов гранитоидов. В то же время это наиболее щёлочнометалльные типы (в понимании Д.С. Коржинского) и обогащённые такими летучими компонентами как фтор, бор и другими. А-тип гранитоидов обогащён не только щёлочными металлами, но и часто содержит щелочные темноцветные минералы (эгирин, арфведсонит, рибекит, озанит и другие). Характеризуясь обогащённостью щелочными металлами, этот тип обладает высокой степенью окисленности, создающей благоприятную среду, необходимую для поддержания химической активности высокочargedных катионов (Fe^{3+} , Nb, Ta, некоторых REE и других) на достаточно высоком уровне. В биотитах А-типа гранитоидов, в соответствии с выше сказанным, наблюдаются и максимальные концентрации триоксида железа, а также отношения $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$. Слюды I-типа гранитоидов характеризуются максимальной величиной условного потенциала ионизации, отвечающего высокой кислотности минерала, сравнительно с другими типами (табл.1). Самые высокие концентрации хлора в составе летучих компонентов и довольно высокие

значения водосодержаний в биотите этого типа гранитоидов, вероятно, создают благоприятные условия для генерирования такими магмами оруденения золота, меди, железа (Гусев, 2003).

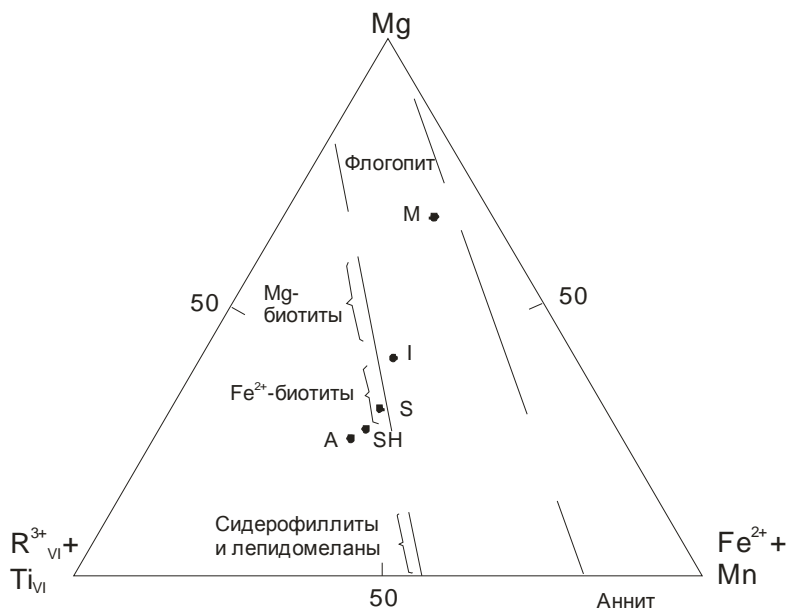


Рис.1. Соотношения между основными компонентами триоктаэдрической координации биотитов. Поля составов отдельных разновидностей приведены по М. Фостеру (1960). М, I, S, SH – фигуративные точки средних составов биотитов стандартных типов гранитоидов.

Такие заметные вариации составов биотитов позволили после пересчётов на кристаллохимические коэффициенты индивидуальных анализов построить трёхкомпонентную диаграмму (рис.2), на которой уверенно дискриминируется принадлежность биотитов к конкретному петрогенетическому типу. Координаты диаграммы охватывают наиболее важные структурогенные компоненты биотита, участвующие в его тетраэдрических и октаэдрических позициях, а также F и OH, являющиеся первичными в анионном каркасе, и определяющими, в значительной степени, флюидный режим петрогенезиса пород.

Группа М-типа содержит наименьшее число анализов и охватывает трондьемиты, комплексов Горного Алтая, плагиограниты офиолитовых комплексов Северного Кавказа, плагиограниты маинского комплекса Енисейского массива Западного Саяна. Зарубежные данные включают составы биотитов М-типов плагиогранитов Китая, Канады, Австралии.

Совокупность гранитоидов I-типа представлена наибольшим количеством анализов слюды и содержит большой спектр комплексов Алтае–Саянского региона, Забайкалья, Большого Кавказа, Урала, Средней Азии, Австралии, Северной и Южной Америки, Шотландии, Западной Европы.

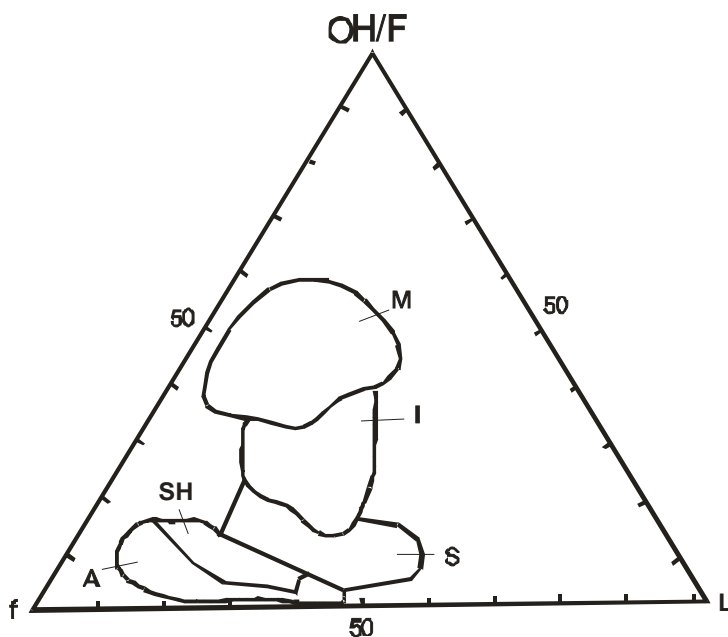


Рис. 2. Диаграмма f- L- OH/F в биотитах гранитоидов
 f – общая железистость биотитов ($f = \text{Fe} + \text{Mn} / \text{Fe} + \text{Mn} + \text{Mg}$); L – глинозёмистость биотитов ($L = \text{Al} / \text{Si} + \text{Al} + \text{Fe} + \text{Mg}$); OH/F – отношение гидроксильной группы к фтору в составе биотитов. Стандартные типы гранитоидов: М- мантийные СОХ, задуговых бассейнов (в составе офиолитовых комплексов); I- мантийно-коровые островных дуг, трансформных, активных континентальных окраин, коллизионных обстановок; S - коровые и мантийно-коровые коллизионных обстановок и комплексов метаморфических ядер; SH- шошонитовый тип гранитоидов постколлизионных обстановок, инициированных плюмтектоникой; А- мантийно-коровые и мантийные анорогенных обстановок (внутриконтинентальных рифтов, горячих точек, мантийных плюмажей).

Это мантийно-коровые гранитоиды. Инициальные магмы пород I-типа имеют разную степень контаминации корового материала. Геодинамические режимы их генерации отвечают островным дугам, континентальным окраинам, коллизионным обстановкам, внутриконтинентальным рифтам.

В S – типе гранитов, как правило, встречаются реститы метаосадочных пород, а плутоны, сложенные S-типом гранитов, сопровождаются мигматитами. Это гиперглинозёмистые граниты с нормативными и модальными высокоглинозёмистыми минералами: кордиеритом, андалузитом, силлиманитом, гранатом. S-тип гранитоидов характерен для коллизионных геодинамических обстановок (Barbarin, 1990). В выборку S-типа гранитоидов вошли составы биотитов анализируемых магматитов Алтае–Саянской складчатой области, Забайкалья, Большого Кавказа, Воронежского кристаллического массива, Карелии, Алдана, Австралии, Западной Европы и других регионов.

Анорогенные гранитоиды А-типа включают разнородные интрузивные образования кислого ряда: моношпатовые щелочные гиперсольвусные, рапакиви, двуполевошпатовые субсольвусные умеренно-щелочные и плюмазитовые редкометалльные. В выборку этого типа вошли биотиты гранитоидных комплексов Алтае-Саянского региона, Средней Азии, Монголии, Забайкалья, Большого Кавказа, Балтийского щита, рифта Рио-Гранде, грабена Осло, Восточно-Африканской рифтовой системы. Это мантийно-коровые и мантийные гранитоиды различных геодинамических обстановок: мантийных горячих точек, внутриконтинентальных рифтов, связанных с горячими точками.

Впервые шошонитовый тип гранитов (SH) выделили китайские исследователи при изучении ряда интрузий северо-западной части Китая (Jiang, Jiang et.al, 2002). Шошонитовая группа гранитоидов включает ассоциации монцодиорит – монцонит – кварцевый сиенит, или монцонитовый гранит – гранит, или биотитовый (монцонитовый) гранит – диопсидовый гранит – диопсидовый сиенит. Нами этот тип гранитоидов описан в Алтае-Саянской области и отнесён к постколлизивной обстановке, инициированной Сибирским суперплюмом (Гусев, Гусев, Табакаева, 2008). В состав выборки биотитов гранитоидов SH – типа, помимо гранитоидов Алтае-Саянского региона, включены аналогичные биотиты шошонитовых гранитоидов Китая, Шотландии, США, Австралии, Бразилии и др. регионов.

Список литературы

1. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск, 2003. – 305 с.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. Петрология и рудоносность белокурихинского комплекса Алтая. – Бийск, 2008. – 195 с.
3. Жариков В.А. Кислотно-основные характеристики минералов // Геология рудных месторождений, 1967. - № 5. - С. 75-89.
4. Коренбаум С.А. Типоморфизм слюд магматических пород. - М.: Наука, 1987. - 144 с.
5. Barbarin B. Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting// Geol. Journal, 1990. - V. 25. - P. 227-238.
6. Forbes W.C., Flower M.F.I. Phase relations of titan-phlogopite // Earth Planet. Sci. Let., 1974. - Vol. 22. - № 1. - P. 60-66.
7. Foster M.D. Interpretation of the composition of trioctahedral micas // U.S. Geol. Prof. Paper, 1960. - Vol. 354 B. - P. 301-314.
8. Jiang Y-H, Jiang S-Y, Ling H-F, Zhou X-K, Rui X-J, Yang W-Z. Petrology and geochemistry of shoshonitic plutons from the western Kunlun orogenic belt, Xinjing, northwestern China: implications for granitoids genesis// Lithos, 2002.- V.63.- P. 165-183.