

Геолого-минералогические науки

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ
К КЛАССИФИКАЦИИ
ГРАНИТОИДОВ****А.И. Гусев***Бийский педагогический
государственный университет
им. В.М. Шукина
Бийск, Россия*

Существующие классификации гранитоидов базируются на минеральном и химическом составах [1]. Однако соотношения и концентрации основных петрогенных компонентов в процессе посткристаллизационного периода (изменения, связанные с аутометасоматозом, выветриванием в дневных условиях) меняются и вносят значительные коррективы в первоначальный состав пород. В метаморфизме уже давно принято изучать основные минералы метаморфических пород, так как они отражают главнейшие генетические условия образования. Такую же генетическую нагрузку несут в себе и главные минералы изверженных пород и в том числе и гранитоидов [2]. Наиболее часто используются для генетических построений и классификаций полевые шпаты, биотит, роговая обманка и другие минералы.

Нами на основе опубликованных составов биотитов и авторских данных по различным регионам Мира (2701 анализ) проведена оценка средних содержаний элементов в биотитах для основных петрогенетических типов гранитоидов, имеющих достоверную диагностику (табл. 1). Использовались комплексные критерии для отнесения гранитоидов к шести стандартным типам – М, AD, I, S, SH, A [3].

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 [6]. Известно, что вхождение в кристаллическую решётку триоктаэдрических слюд дополнительных многовалентных катионов, таких как титан, облегчается с повышением температуры [5].

Заметные вариации составов биотитов позволили после пересчётов на кристаллохимические коэффициенты индивидуальных анализов построить трёхкомпонентную диаграмму, 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 (железистость, глинозёмистость биотитов), а также F и OH, являющиеся первичными в анионном каркасе, и определяющими, в значительной степени, флюидный режим петрогенезиса пород. Петрогенетические типы гранитоидов отражают геодинамическую обстановку формирования.

Таблица 1.

Средние составы биотитов стандартных типов гранитоидов (масс.%)

Компо- ненты	М-тип, n = 59		I-тип, n = 1043		S-тип, n = 267		А-тип, n = 941		SH-тип, n=256		AD-тип, n=135	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
SiO ₂	35.5	0.7	37.2	0.9	37.2	1.0	37.4	1.8	39,0	1,45	36,5	0,97
TiO ₂	3.29	1.3	3.19	0.7	2.80	0.5	2.29	1.0	2,24	0,97	2,89	0,78
Al ₂ O ₃	11.9	1.6	15.1	1.3	17.7	1.9	15.1	3.8	13,9	1,78	16,56	1,06
Fe ₂ O ₃	3.26	0.3	3.98	1.5	3.7	1.9	6.72	4.5	6,89	1,23	4,18	2,13
FeO	15.5	3.3	16.2	2.6	18.9	2.5	17.9	6.1	10,5	1,77	14,53	1,98
MnO	0.54	0.1	0.45	0.1	0.47	0.3	0.64	0.3	0,75	0,44	0,26	0,34
MgO	18.7	5.3	10.5	2.4	6.89	2.4	5.61	4.7	12,5	2,23	13,11	2,43
CaO	1.07	0.6	0.82	0.8	0.32	0.4	0.77	0.5	0,03	0,01	0,60	0,07
Na ₂ O	0.13	0.1	0.22	0.1	0.18	0.1	0.54	0.5	0,15	0,02	0,17	0,03
K ₂ O	6.93	0.6	8.1	0.9	8.56	1.0	7.87	0.8	9,45	1,11	8,44	1,34
P ₂ O ₅	0.22	0.1	0.07	0.1	0.15	0.1	0.09	0.1	0,32	0,12	0,19	0,06
F	0.31	0.1	0.54	0.2	0.88	0.3	2.26	1.8	1,67	1,22	0,45	0,14
H ₂ O+	2.81	0.5	3.06	0.4	3.27	0.8	2.35	0.9	2,21	0,89	1,92	1,32
Cl	0.2	0.0	0.38	0.3	0.12	0.1	0.07	0.1	0,06	0,01	0,62	0,33
Li ₂ O	-	-	-	-	0.06	0.1	0.43	0.2	0,34	0,11	-	-
Rb ₂ O	-	-	-	-	0.07	0.1	0.82	0.3	0,77	0,21	-	-
Fe ₂ O ₃ / FeO	0.21		0.24		0.19		0.37		0,65		0,29	
f	39.9		55.9		67.7		75.4		73,4		52,9	
l	25.6		33.0		38.5		33.4		31,5		36,9	
y	188		191		191		188		188		188,6	
lg fO ₂	-8.1		-		-		-		-		-11,8	
T°C	915		710		625		565		585		910	
lg fHF/ fHCl	-		-		-1.2		0.40		0,34		-3,12	
Al _{IV}	1.71		1.82		1.94		1.77		1,72		1,82	
Al _{VI}	-		0.27		0.50		0.35		0,38		0,48	
	0.12											

Примечание: f – железистость ($f = 100x (Fe / Fe+Mg)$); l – глинозёмистость ($l = 100x Al / Al+Si+Fe+Mg$); y – условный потенциал ионизации по В.А. Жарикову (1967); lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; T°C – температура; lg fHF/fHCl – 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.

На классификационной диаграмме (построенной в координатах Mg – (R³⁺, Ti_{VI}) – (Fe²⁺, Mn)) средние составы биотитов образуют устойчивый тренд от магнезиального (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 разностям с различными соотношениями магния и железа. Наиболее железистые биоти-

ты гранитов А- и SH-типов имеют самые низкие значения условного потенциала ионизации по В.А. Жарикову ($y=188,14$ 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 обо-

гащён 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 высокозарядных 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.

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 слюд и содержит большой спектр комплексов Алтае-Саянского региона, Забайкалья, Большого Кавказа, Урала, Средней Азии, Австралии, Северной и Южной Америки, Шотландии, Западной Европы.

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. 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 изуче-

нии ряда интрузий северо-западной части Китая. Шошонитовая группа гранитоидов включают 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. В состав выборки биотитов гранитоидов SH – типа, помимо гранитоидов Алтае-Саянского региона, включены аналогичные биотиты шошонитовых гранитоидов Китая, Шотландии, США, Австралии, Бразилии и других регионов.

К адакитовому типу гранитоидов (AD) относятся специфические кислые интрузивные породы, обнаруживающие сходство с эффузивными адакитами. К числу таких признаков относятся очень низкие концентрации иттрия (менее 18 г/т), иттербия (менее 1,8 г/т), повышенные содержания ванадия и хрома, высокие нормированные к хондриту отношения лантана к иттербию (более 8-10), указывающие на сильно дифференцированный тип распределения РЗЭ в породах. В выборку AD – типа гранитоидов вошли анализы биотитов Алтае-Саянской складчатой области, Китая, Монголии, Австралии. Геодинамическая обстановка формирования адакитовых гранитоидов определяется внутриконтинентальным положением, обусловленным плюмтектоникой. Петрогенетические модели формирования адакитовых гранитоидов Рудного Алтая могут быть связаны: 1) со слэб плавлением метабазальтоидов, локализованных на границе кора-мантия, или

2) плавлением деламинарованной гранат-содержащей нижней континентальной коры.

Таким образом, петрогенетические типы гранитоидов хорошо различимы по составам биотитов, а предложенная автором диаграмма разделения на главные группы гранитоидов в координатах $OH/F - f$ (железистость биотита) – l (глинозёмистость биотита) показала применимость её для классификационных целей [4]. Диаграмма, помимо классификационных задач, позволяет использовать её и для определения геодинамических обстановок формирования гранитоидов.

Список литературы

1. Андреева Е.Д., Баскина В.А., Богатиков О.А. и др. Магматические горные породы. Т.1. – М.: Наука, 1983. – 367 с.
2. Гусев А.И. Эталон синюхинского габбро-гранитного комплекса (Горный Алтай). - Новосибирск: СНИИГиМС, 2007. - 208 с.
3. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе состава биотитов // Современные наукоемкие технологии, 2009. - № 2. - С. 47-48.
4. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания, 2010- № 4. – С. 57-59.
5. Коренбаум С.А. Типоморфизм слюд магматических пород. - М.: Наука, 1987. - 144 с.
6. Forbes W.C., Flower M.F.I. Phase relations of titan-phlogopite // Earth Planet. Sci. Let., 1974. - Vol. 22. - № 1. - P. 60-66.

Работа представлена на Общероссийскую научную конференцию «Новые технологии, инновации и изобретения», Иркутск, 5-7 июля 2010 г. Поступила в редакцию 07.06.2010.