

Г.Ю. Шардакова, Е.А. Зинькова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЗЭ В ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ ГРАНИТОИДОВ В СУБШИРОТНОМ РАЗРЕЗЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

Вопросы геохимических различий магматических пород, локализованных в пределах разных геотектонических зон, достаточно важны для установления эволюции состава магматических расплавов во времени, возможного состава источника, Р-Т условий петрогенезиса и широко рассмотрены в мировой литературе [4, 6, 10, 11]. Появившиеся за последние несколько лет данные [5, 6, 9], основанные на высокоточных методах анализа малых элементов, свидетельствуют в пользу яркого проявления латеральной зональности магматизма различных типов в пределах Уральского подвижного пояса (УПП). В частности, для гранитоидов тоналит-гранодиоритовых массивов она выражается в росте содержаний K_2O и большинства редких элементов (Rb, Cs, Ba, Ga, Nb, Ta, U, Th, Y, РЗЭ) с запада на восток, по мере удаления от шовной зоны УПП. Особенно четко латеральная зональность проявлена в породах северо-западного мегаблока, где концентрации редких элементов возрастают в континентальных гранитоидах по сравнению с окраинно-континентальными [5, 6]. Зональность такого типа фиксируется как в интрузивных, так и эффузивных образованиях [9] и, вероятно, связана с ростом роли корового материала в зоне генерации расплавов. В пределах юго-восточного мегаблока зональность проявлена слабее, а концентрации калия и редких элементов в гранитоидах в целом немного выше, чем в С-З мегаблоке. Эти различия могут быть связаны с разным составом и происхождением континентальной коры на северо-западе и юго-востоке УПП. В С-З мегаблоке она представлена в основном дорифейскими породами фундамента Восточно-Европейской платформы, а в Ю-В - преимущественно сформировалась при орогенных процессах в ходе переотложения и преобразования океанических и островужных формаций [5]. Для более глубокого понимания причин зональности необходимо исследование геохимических характеристик породообразующих и аксессуарных минералов; в частности, для выяснения механизма фракционирования расплавов важны вопросы баланса редких элементов, которые на Урале после издания монографии Н.А.Григорьева [3] развиваются медленно из-за слабой аналитической базы. Полученные за последний год новые данные по содержанию РЗЭ в минералах гранитоидов

Минеральный (%) и химический (мас.%) состав гранитоидов

Компонент	Уф-51*1	Ук-952	ВИ-1323	ЧЛ-1034
SiO ₂	64,65	67,03	62,08	57,82
TiO ₂	0,51	0,46	0,67	1,49
Al ₂ O ₃	15,65	15,53	16,51	14,26
Fe ₂ O ₃	1,76	2,12	6,00	3,56
FeO	2,89	1,44	-	4,36
MnO	0,07	1,60	0,10	0,10
MgO	3,13	0,05	3,05	4,21
CaO	4,96	2,74	5,27	5,41
Na ₂ O	4,62	4,74	4,00	3,18
K ₂ O	1,17	3,21	1,75	3,17
P ₂ O ₅	0,18	0,21	0,21	0,90
П.П.П	1,60	1,90	0,83	1,09
Минеральный состав				
Кпш	-	12,20	-	16,20
Плаггиоклаз	46,00	50,00	74,23	29,70
Кварц	24,60	21,09	13,26	13,60
Биотит	16,00	3,83	7,96	7,60
Рог. обманка	12,20	11,17	2,11	26,60
Сумма акц.	1,00	1,70	2,44	6,30
Состав акц.	сф, ап, пр	сф, ап, пр, эп	эп, сф, ап, пр	сф, ап, пр, эп, ор

Примечание. 1-2 - гранодиориты Чусовского (1) и Шабровского (2) массивов; тоналиты Верхисетского (3) и Смолинского (4) массивов.

(ICP-MS-метод, под руководством проф. Ф. Беа, Университет Гранада, Испания) позволяют вновь вернуться к вопросу геохимической зональности.

Проведенные авторами расчеты по балансу РЗЭ в гранитоидах относятся к четырем описанным в литературе массивам, в которых наибольшим распространением пользуются тоналиты и гранодиориты (табл. 1): Чусовскому [5], Шабровскому [7], Верхисетскому [2], Смолинскому [1, 5], относимые, за исключением последнего, Г.Б. Ферштатером [5, 6] к надсубдукционным.

Это породы порфировидной либо гипидиоморфнозернистой структуры, в разной степени деформированные, биотит-роговообманковые, с различными процентными соотношениями полевых шпатов и своими акцессорными ассоциациями (табл. 1). По данным одного из авторов, значительную роль в балансе РЗЭ гранодиоритов, типичных для приближенного к сутуре Чусовского массива, играют породообразующие минералы [8] (плаггиоклаз, роговая обманка, биотит), тогда как на долю акцессорных и рудных минералов приходится около 12% от общего содержания РЗЭ породы, содержание же акцессорных минералов в породах в целом невысоко - около 1%. Для пород Шабровского массива, более удаленного от шовной зоны, роль акцессорных минералов в балансе РЗЭ превышает 50 %; в гранодиорите Верхисетского массива доля их (без учета в балансе полевых шпатов, в которых, по данным И.Н.Бушлякова [2], содержания РЗЭ не более 5 г/т) около 90% (см. табл. 2 и рисунок). Расчеты баланса РЗЭ в характерных для Смолинского плутона (локализованного в юго-восточной части Челябинского массива, т. е. в пределах западной части континентальной зоны ю-в мегаблока) тоналитов показывают, что в этом случае на породообразующие минералы приходится около 5% от общего содержания РЗЭ породы, остальное вмещают рудные и акцессорные минералы (табл. 3, см. рисунок): количество последних в породах плутона колеблется от 4 до 6,5%. Тренды распределения РЗЭ в минералах каждого массива имеют определенную специфику, определяемую Р-Т условиями и фугитивностью кислорода в процессе становления магматических систем.

Количественные подсчеты минерального состава (см. табл. 1) и баланс РЗЭ в гранитоидах описываемых массивов позволяют сделать следующие заключения: 1) по мере продвижения на восток от шовной зоны в пределах субширотного разреза, представленного тремя массивами - Чусовским, Шабровским, Верхисетским, в породах близкой кислотности несколько возрастают содержания акцессорных минералов (см. табл. 1); 2) в этом же направлении растут концентрации РЗЭ в одноименных акцессорных минералах

Баланс РЗЭ в гранодиорите Верхисетского массива

Элемент	Порода 1	Амфибол			Биотит			Сфен			Эпидот			Сумма 10	Шлабы 11
		2, г/т	3, %	4, г/т	5, %	6, г/т	7, %	8, г/т	9, %	10, г/т	11, %	12, г/т	13, %		
La	21,981	28,182	2,705	2,786	2,805	235,004	4,693	50,323	4,144	94,490	4,144	54,07	93,11	94,490	61,488
Ce	43,775	64,456	3,107	3,881	2,544	986,203	9,890	99,540	4,116	94,343	4,116	48,94	93,82	94,343	78,431
Pr	5,023	9,375	3,938	0,516	2,467	222,606	19,455	324,85	4,817	93,595	4,817	44,52	93,50	93,595	70,733
Nd	18,162	44,469	5,166	1,593	2,431	1249,498	30,202	373,39	5,701	92,403	5,701	44,89	92,75	92,403	72,004
Sm	3,367	11,496	7,204	0,485	2,199	360,761	47,037	173,67	7,001	90,597	7,001	45,93	93,08	90,597	67,857
Eu	1,056	2,182	4,360	0,80	2,450	119,433	49,651	6,94	10,855	93,190	10,855	45,93	93,08	93,190	73,932
Gd	3,025	8,850	6,173	0,495	2,347	267,180	38,774	173,67	6,418	91,480	6,418	44,00	93,50	91,480	70,632
Tb	2,597	8,929	7,255	0,327	1,888	270,492	45,724	173,67	6,301	92,083	6,301	44,00	93,50	92,083	69,032
Dy	0,548	1,846	7,108	0,066	1,612	56,326	45,122	2,036	6,725	91,280	6,725	46,27	93,76	91,280	73,889
Ho	1,423	4,760	7,058	0,173	1,740	148,374	46,573	5,336	6,787	91,202	6,787	46,27	93,76	91,202	66,406
Er	0,216	0,660	6,447	0,027	1,400	22,915	47,191	0,786	6,586	92,153	6,586	46,27	93,76	92,153	70,000
Tm	1,357	4,122	6,409	0,143	1,648	145,872	47,191	5,141	6,857	91,948	6,857	46,27	93,76	91,948	70,339
Yb	0,182	0,579	6,713	0,018	2,231	19,468	46,959	0,826	8,215	91,056	8,215	46,27	93,76	91,056	46,667
Lu															

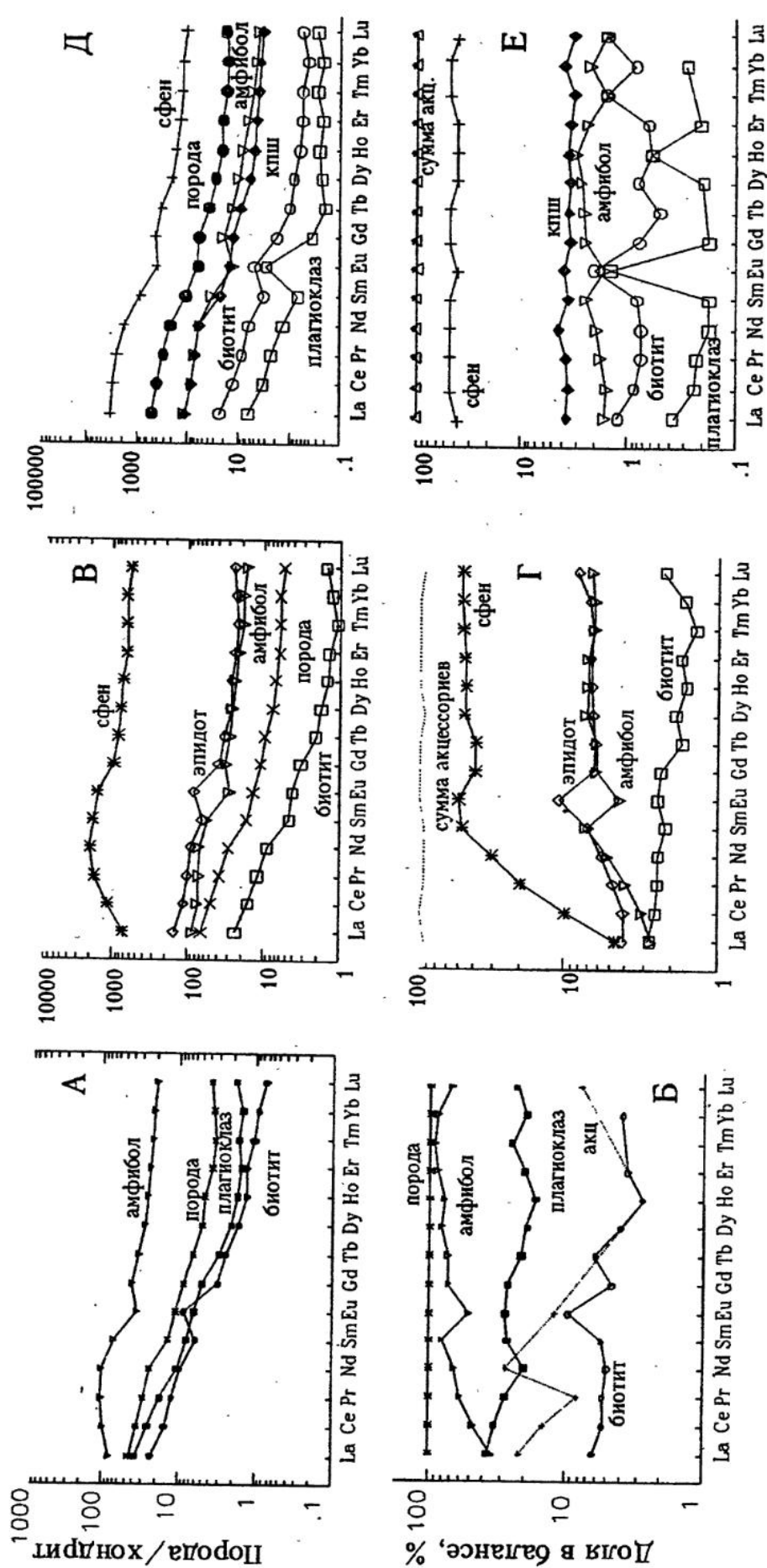
Примечание. Баланс РЗЭ в гранодиорите Верхисетского массива подсчитан без учета полевых шпатов; сумма РЗЭ в них, по данным Бушлякова [2], не превышает 5 г/т.

В колонке 10 приведена доля всех аксессуарных минералов в балансе РЗЭ породы; 11 - расчетная доля аксессуарных минералов в балансе РЗЭ гранодиорита Шабровского массива.

Баланс РЗЭ в тоналите Смолинского plutона

Элемент	Порода 1	Плагноклаз			Биотит			Калишпат			Амфибол			Сфен			Аксессуарные			Сумма аксессуарных 13
		2, г/т	3, %	4, г/т	5, %	6, г/т	7, %	8, г/т	9, %	10, г/т	11, %	12, г/т	13, %	14, г/т	15, %	16, г/т	17, г/т	18, г/т	19, г/т	
La	168,71	2,14	0,38	7,79	1,23	38,24	3,67	35,75	1,61	1097,59	39,04	54,07	93,11	1097,59	39,04	54,07	93,11	54,07	93,11	93,11
Ce	351,66	2,91	0,24	11,31	3,01	76,45	3,52	72,29	1,56	2630,26	44,88	48,94	93,82	2630,26	44,88	48,94	93,82	48,94	93,82	93,82
Pr	39,79	0,29	0,23	1,14	0,75	9,21	3,74	9,40	1,78	324,85	48,98	44,52	93,50	324,85	48,98	44,52	93,50	44,52	93,50	93,50
Nd	144,60	0,89	0,18	4,10	0,75	38,88	4,36	37,39	1,96	1153,55	47,86	44,89	92,75	1153,55	47,86	44,89	92,75	44,89	92,75	92,75
Sm	22,10	0,14	0,18	0,66	0,81	4,84	3,53	6,94	2,40	173,67	47,15	45,93	93,08	173,67	47,15	45,93	93,08	45,93	93,08	93,08
Eu	4,91	0,22	1,43	0,38	2,04	1,17	3,87	1,00	1,63	32,45	39,71	51,32	91,03	32,45	39,71	51,32	91,03	51,32	91,03	91,03
Gd	16,88	0,10	0,18	0,48	0,77	3,60	3,44	5,36	2,43	125,41	44,55	48,63	93,18	125,41	44,55	48,63	93,18	48,63	93,18	93,18
Tb	2,00	0,01	0,00	0,05	0,50	0,46	3,50	0,68	2,50	16,43	49,50	44,00	93,50	16,43	49,50	44,00	93,50	44,00	93,50	93,50
Dy	10,06	0,08	0,20	0,29	0,79	2,10	3,38	3,54	2,68	72,60	43,33	49,62	92,95	72,60	43,33	49,62	92,95	49,62	92,95	92,95
Ho	1,68	0,02	0,60	0,05	0,60	0,38	3,57	0,63	2,98	13,58	48,21	44,04	92,25	13,58	48,21	44,04	92,25	44,04	92,25	92,25
Er	4,69	0,05	0,21	0,13	0,64	1,00	3,41	1,47	2,35	33,40	42,64	50,75	93,39	33,40	42,64	50,75	93,39	50,75	93,39	93,39
Tm	0,64	0,00	0,00	0,02	1,56	0,15	3,12	0,19	1,56	4,82	45,31	48,45	93,76	4,82	45,31	48,45	93,76	48,45	93,76	93,76
Yb	3,63	0,05	0,28	0,10	0,83	0,88	3,86	1,00	2,20	28,18	47,27	46,27	92,83	28,18	47,27	46,27	92,83	46,27	92,83	92,83
Lu	0,64	0,01	0,00	0,02	1,56	0,12	3,12	0,14	1,56	3,83	57,82	57,82	93,76	3,83	57,82	57,82	93,76	57,82	93,76	93,76

Аксессуарные: 12 - доля, приходящаяся на остальные аксессуарные, 13 - доля, приходящаяся на все аксессуарные минералы.



Распределение РЗЭ в породообразующих минералах и их доля в балансе РЗЭ гранитомидов из массивов: Чусовского (А, Б), Верхнеисетского (В, Г) и Смоленского (Д, Е)

- в сферах Чусовского массива сумма РЗЭ около 1000 г/т, для Верхисетского массива - 4165 г/т, для Смолинского - 5710 г/т; 3) также возрастает доля акцессорных минералов в балансе РЗЭ пород, постепенно приближаясь к 100%; 4) смолинские гранитоиды как породы континентальной зоны ю-в мегаблока занимают в этом ряду свое место, отражая как рост всех трех факторов от окраины континента к собственно континенту в целом по УПП, так и повышенные содержания РЗЭ в породах и составляющих их минералах ю-в мегаблока по сравнению с с-з [5].

Описанные факты позволяют говорить о том, что латеральная зональность гранодиоритовых плутонов прослеживается и на минеральном уровне, отражая не только степень повышения силичности коры с запада на восток УПП, но, вероятно, и процесс вовлечения в петрогенезис все более обогащенных РЗЭ магмогенерирующих источников (или менее обедненного РЗЭ субстрата), а также тонкие различия в механизме фракционирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 95-05-14280).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Н.С., Шардакова Г.Ю. К петрологии Смолинского тоналитового плутона (Челябинский массив) // Ежегодник-1989 / Ин-т геологии и геохимии УНЦ АН СССР. Свердловск, 1990. С. 25-27.
2. Бушляков И.Н., Соболев И.Д. Петрология, минералогия и геохимия гранитоидов Верхисетского массива. М.: Наука. 1976. 339 с.
3. Григорьев Н.А. Минеральный баланс химических элементов. Свердловск: УрО РАН, 1989. 229 с.
4. Метик В.Н. Латеральная геохимическая зональность гранитоидного магматизма Южного Тянь-Шаня // Геохимические исследования для решения задач региональной геологии. Л.: ВСЕГЕИ, 1991. С. 13-28.
5. Орогенный гранитоидный магматизм Урала / Г.Б. Ферштатер, Н.С. Бородин, М.С. Рапопорт и др. Миасс: УрО РАН, 1994. 247 с.
6. Ферштатер Г.Б., Шардакова Г.Ю. Геохимические различия гранитоидов надсубдукционной и коллизионной зон Урала // Ежегодник-1993 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1994. С. 127-128.
7. Шардакова Г.Ю., Пушкарев Е.В. Геохимия Шабровского гранитоидного массива // Ежегодник-1994 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1995. С. 157-159.
8. Шардакова Г.Ю. Редкоземельные элементы в породообразующих минералах гранодиоритовых плутонов Среднего Урала // Ежегодник-1995 / Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1996. С. 117-122.
9. Язева Р.Г., Пучков В.Н., Бочкарев В.В. Реликты активной континентальной окраины в структуре Урала // Геотектоника. 1989. №3. С. 76-85.
10. Paul C. Bateman. Plutonism in the Central Part of the Sierra Nevada Batholith, California // V. S. Geol. Serv. Prof. Paper. 1483. Washington, 1992. 186 p.
11. Woodhead J. and Johnson R. W. Isotopic and trace-element profiles across the New Britain island arc, Papua New Guinea // Contr. Miner. Petr. 1993. Vol. 113. P. 479-491.