Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 104

УДК 552.331

ГЕОХИМИЯ ЗОНАЛЬНОГО ФЕНИТОВОГО ОРЕОЛА МАССИВА ЫРААС (МАЙМЕЧА-КОТУЙСКАЯ ЩЕЛОЧНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

В.Г.ЛАЗАРЕНКОВ

Изучение геохимии зональных фенитовых ореолов - определение полного спектра вынесенных из магматического тела химических элементов и выявление характера их распределения по зонам метасоматической колонки - актуальная задача исследования щелочных метасоматитов, решение которой имеет определенное поисковое значение. В настоящее время геохимия фенитовых ореолов изучена еще недостаточно, исследованию же условий их образования уже посвящен ряд работ [7, 8]. Поставленная задача рассматривается нами на примере фенитового ореола вокруг ийолитового массива Ыраас Маймеча-Котуйской щелочной провинции, с которым пространственно и генетически связано апатитовое месторождение нового генетического типа [I].

Геохимию контактово-метасоматических образований удобно анализировать в связи с геохимией породивших их магматических пород, с этой целью в статье рассматривается содержание элементов-примесей в ийолитах массива Ыраас. Сравнение содержания элементов-примесей в ийолитах этого массива со средними ийолитами формации щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами позволяет выявить их провинциальные отличия, а сравнение содержания элементов-примесей в метасоматитах фенитового ореола и в ийолитах дает возможность установить, какие элементы-примеси выносятся в большей или в меньшей степени. При этом представляется интересным вопрос о роли провинциальных геохимических особенностей ийолитов в определении содержаний соответствующих элементов в фенитовом ореоле. Характер распределения элементов-примесей по метасоматическим зонам позволяет судить о закономерностях их распределения в фенитовом ореоле в целом.

Рассмотрим зональность фенитовых ореолов. Фенитовые ореолы вокруг массива Ыраас, а также вокруг соседнего массива Маган были описаны ранее [I, 6]. Около крупного массива Маган наблюдается обширный ореол (50-500 м), около массива Ыраас - узкий (30-150 м). Источником фенитизирующих флюидов служила ийолитовая магма. Породы субстрата, по которым развивалась фенитизация, представлены кварцевыми песчаниками и, возможно, самими ийолитами. Фенитовые ореолы характеризуются зональным строением со следующим типом зональности в направлении от боковых пород к интрузивному контакту: кварцевые песчаники - кварциты - фенитизированные кварциты - фениты - твейтозиты. В развернутом виде такая зональность наблюдается в ореоле массива Ыраас, в сокращенном - в ореоле массива Ма-

ган. Подобный тип метасоматической колонки выделен впервые; в литературе [2, 8] обычно рассматривается зональность следующего типа: неизмененная вмещающая порода - фенитизированная вмещающая порода - полевошпатовый фенит (сиенит-фенит) - нефелиновый фенит. В фенитовых ореолах массивов Ыраас и Маган имеет место также временная стадийность минералообразования, связанная с внутриметасоматическими тектоническими подвижками (от ранних к поздним): щелочно-полевошпатизация - эгиринизация - апатитизация. Последовательное во времени проявление минеральных стадий приводит к формированию трех телескопированных зон. Полевошпатизация накладывается на кварцевые песчаники и образует собственно фенитовую зону. Эгиринизация перекрывает часть фенитовой зоны, частично захватывает ийолиты эндоконтакта и образует внутреннюю твейтозитовую зону, составляющую главную специфику метасоматической колонки массивов Маймеча-Котуйской провинции. Промышленная апатитизация накладывается главным образом на твейтозиты, но дает частичный выход,с одной стороны, в фениты и кварциты, с другой, - в ийолиты (в массиве Маган). Апатито-эгириновые породы (эгиапиты) Маймеча-Котуйской провинции представляют собой новый генетический тип апатитовых месторождений [I].

Рассмотрим геохимию ийолитов и метасоматитов. Для любой горной породы, представленной в таблице, из разных точек интрузии и метасоматического ореола были отобраны 25-30 мелких образцов, образовавших групповую пробу. По каждой пробе было выполнено пять химических анализов. В таблице приведены средние значения по каждой пробе. Ийолиты массива Ыраас, слагающие первую интрузивную фазу, представлены тремя разновидностями (мелко-, средне- и крупнозернистыми), из которых количественно преобладает первая. В ийолитах широко развиты крупнозернистые жилы ийолит-пегматитов. Во вторую интрузивную фазу последовательно сформировались магнетитовые, магнетит-апатитовые породы и карбонатиты двух субфаз. Эти породы не имеют прямого отношения к фенитам, но мы также рассматриваем содержание в них элементов-примесей, чтобы лучше понять геохимическую историю эволюции этих элементов в ийолит-карбонатитовом магматическом процессе. Среди пород метасоматического ореола в таблице приводятся апатитовые твейтозиты, слагающие внутреннюю метасоматическую зону, и фениты, образующие внешнюю зону. Между фенитами и неизмененными кварцевыми песчаниками располагаются кварциты. Все проанализированные элементы объединены в группы: петрогенные, магматических эманаций, щелочные и т.д. [4].

И й о л и т ы. Эти породы массива Ыраас, по сравнению со средними ийолитами [5], несколько обогащены кальцием, магнием, железом и обеднены алюминием и щелочами, что указывает на отклонение их состава в сторону мельтейгитов. Еще заметнее мельтейгитовая тенденция выражена у ийолит-пегматитов. Сопоставление химических составов мелко-, средне- и крупнозернистых ийолитов показывает, что с увеличением зернистости в них постепенно нарастает содержание алюминия и щелочей и уменьшается количество кальция, магния и железа. Уртитовая тенденция дифференциации ийолитовой серии соответствует нормальному ходу кристаллизации и свидетельствует о

том, что более крупнозернистые разновидности ийолитов являются одновременно и более молодыми.

Фосфор является важнейшим для нас элементом из группы элементов магматических эманаций. Его содержание в мелкозернистых ийолитах массива Ыраас несколько ниже, чем в средних ийолитах [5], а в средне- и крупнозернистых разновидностях - и того ниже. Возможно, в ходе кристаллизационной дифференциации при переходе мелкозернистых ийолитов в крупнозернистые происходит отделение фосфора и накопление его в надкритической фазе. Об этом свидетельствуют высокие концентрации этого элемента в ийолит-пегматитах, а также в породах второй интрузивной фазы - в магнетит-апатитовых породах и в карбонатитах. В карбонатитах Магана апатит слагает шлиры ликвационного типа диаметром 3-12 см. По сравнению со средними ийолитами, ийолиты массива Ыраас обнаруживают резкий дефицит фойдафильных элементов, генетически связанных со щелочными породами: щелочных, щелочно-земельных, радиоактивных, редкоземельных, элементов с большим радиусом и зарядом, а также сидерофильных.

В дифференцированной ийолитовой серии массива Ыраас при переходе от мелкозернистых разновидностей к крупнозернистым щелочные и халькофильные элементы являются „накапливающимися", а сидерофильные, редкоземельные и элементы с большим радиусом и зарядом - „убывающими". Щелочно-земельные и радиоактивные элементы не обнаруживают ясно выраженной тенденции к накоплению или убыванию. Принадлежность редкоземельных элементов и особенно элементов с большим радиусом и зарядом к числу убывающих является специфической особенностью ийолитовой серии массива Ыраас, отличающей ее от других щелочных дифференцированных серий, где в ходе дифференциации эти элементы обычно накапливаются. Общность магматической геохимической истории этих элементов с сидерофилами связана с вхождением их в решетки железо-магнезиальных минералов, содержание которых („цветной индекс") в ходе уртитовой тенденции дифференциации падает.

К а р б о н а т и т ы. Эти породы массива Ыраас, подобно другим магматическим карбонатитам, характеризуются относительно высокими концентрациями стронция, бария и редких земель. Содержание же фойдафильных элементов в карбонатитах массива Ыраас, по сравнению со средними карбонатитами [5], подобно ийолитам, является существенно пониженным, причем по тем же группам элементов-примесей, что и в ийолитах: щелочным, щелочно-земельным, радиоактивным, редкоземельным, с большим радиусом и зарядом (особенно по ниобию) и по сидерофильным. Геохимическое родство карбонатитов и ийолитов, с нашей точки зрения, свидетельствует об их тесном генетическом родстве.

Низкие концентрации фойдафильных элементов в ийолитах и карбонатитах массива Ыраас свойственны этим породам других интрузивных массивов Маймеча-Котуйской щелочной провинции. Это, по-видимому, указывает на выплавление пород в условиях истощенной мантии либо при небольшом подтоке летучих компонентов.

М е т а с о м а т и т ы. Анализ распределения петрогенных элементов в породах фенитового ореола показывает, что в направлении от контакта с

Химический состав горных пород массива Ыраас, г/т

Параметр	Ийолиты			Ийолит-пегматиты	Средний ийолит [5]	Породы		Субфаза карбонатов		Средний карбонатит [5]	Апатитовый твейтозит	Полевошпатовый фенит	Кварцит	Кварцевый песчаник	Методы определения содержания элементов	Полевошпатовый фенит Турьинского массива [2]	Эгирин-магнезиорибекитовый фенит озера Каск [9]
	мелкозернистые	среднезернистые	крупнозернистые			магнетитовая	магнетит-апатитовая	I	II								
Петрогенные элементы																	
Si	204016	204544	207176	194580	203604	20680	36942	13959	2491	–	240170	295160	378162	430755	а	–	–
Al	74200	79500	95400	57240	108562	12826	5618	2650	530	–	22398	73882	29892	19398	а	–	–
Fe^{3+}	77700	53130	44730	5530	26810	619080	82040	2870	875	–	92750	3416	2471	1141	а	–	–
Na	54168	56092	64232	37370	61420	2442	3700	1628	222	–	27080	29896	17908	10730	а	–	–
K	16170	17780	20790	21490	24000	4690	4690	280	70	–	14070	53320	14560	6300	а	–	–
Элементы магматических эманаций																	
P	2508	1012	1672	15840	2760	3212	119944	9768	4840	9200	13068	3916	2948	484	а	–	–
Щелочные элементы																	
Rb	36	38	51	30	100	22	25	10	7	40	22	69	26	18	б	24	30
Щелочно-земельные элементы																	
Sr	290	380	290	520	1950	160	1180	2190	2960	3400	800	890	570	230	б	80	30
Радиоактивные элементы																	
U	2	2	2	3	3,6	2	3	5	8	13	2	3	2	2	б	–	–
Th	2	3	2	2	15,2	2	3	2	4	23	(-)	(-)	(-)	(-)	б	–	–
Редкоземельные элементы																	
TR	10	(-)	(-)	(-)	594	20	260	260	20	2020	20	(-)	(-)	(-)	а	–	–
Y	11	8	4	16	44	3	19	21	(-)	96	13	10	4	3	б	3	–
Элементы с большим радиусом и зарядом																	
Zr	256	125	118	281	490	55	134	56	38	1120	190	90	120	40	б	30	600
Nb	16	21	6	14	171	10	9	5	4	1950	13	6	6	5	б	8	150
Сидерофильные элементы																	
Ti	4260	2880	2520	3780	6180	12660	1500	300	60	–	3440	1620	1980	1200	а	–	–
Mn	600	400	300	500	1950	160	220	1200	700	–	880	130	120	20	в	–	420
Cr	20	17	17	10	49	6	10	(-)	(-)	48	10	10	10	10	в	8	200
V	20	6	6	10	420	1340	50	50	20	110	100	60	130	20	в	19	200
Co	30	26	15	23	29	22	36	9	9	17	20	5	3	3	в	1	30
Ni	100	70	15	30	28	12	15	12	12	3	17	23	16	40	в	2	80
Халькофильные элементы																	
Pb	5	6	5	7	7	2	11	21	10	16	3	5	3	4	б	–	–
As	2	2	2	2	–	2	2	2	2	–	2	2	2	2	б	–	–
Hg	3,0	7,2	7,8	3,6	–	4,3	49,3	15,7	5,4	–	4,4	3,2	2,1	2,7	г	–	–
K/Rb	450	467	408	718	221	210	189	28	10	280	640	772	560	350	–	–	–
Na/K	3,0	3,2	3,1	1,3	2,5	–	–	–	–	–	1,9	0,6	1,2	1,7	–	–	–
Th/U	1	1,5	1	1,5	4,2	1	1	0,4	0,5	1,8	–	–	–	–	–	–	–
Zr/Nb	16	6	20	20	2,8	5,5	15	11	10	0,6	14	15	20	8	–	–	–

Примечание. Анализы: а – силикатный (ПГО „Севзапгеология"), б – флюоресцентно-рентгеноспектральный (ВСЕГЕИ), в – полуколичественный спектральный (ПГО „Севзапгеология"); (-) – содержание элемента ниже предела чувствительности анализа.

интрузией прогрессивно повышается содержание кремния и понижается содержание трехвалентного железа. Остальные элементы образуют геохимические кульминации - двухвалентного железа, магния и кальция в твейтозитовой зоне, а калия, натрия и алюминия - в фенитовой зоне. По своим петрохимическим особенностям зона апатитовых твейтозитов похожа на скарновую, самым существенным признаком которой, как известно, является обогащенность железом и магнием. В зоне апатитовых твейтозитов фиксируются также щелочи, из которых натрий преобладает над калием. Следовательно, в целом эту зону можно назвать зоной натриевых скарнов. В фенитовой зоне преобладающим щелочным элементом является калий ($Na/K = 0,6$), т.е. эта зона является зоной натриево-калиевых фенитов. В периферической зоне кварцитов за счет резкого увеличения содержания кремния имеет место общее снижение количества всех других петрогенных элементов.

В целом петрохимическая картина образования метасоматического ореола вокруг ийолитовой интрузии сводится к тому, что железо-магнезиальные элементы выносятся из ийолитовой интрузии и концентрируются во внутренней зоне ореола, а натрий, калий и алюминий, обладающие большей подвижностью, удаляются во внешние его части. Принципиально такое же распределение петрогенных элементов наблюдается в метасоматических зонах Соколовского и Качарского скарновых железорудных месторождений Кустанайской области, где залежи железо-магнезиальных скарнов окаймляются широкими зонами натриевых скаполитовых метасоматитов.

Сравнение спектра элементов-примесей в зонах метасоматического ореола - твейтозитах, фенитах и кварцитах - показывает, что он одинаков для всех зон и, в целом, соответствует спектру фойдафильных элементов: щелочных, щелочно-земельных, радиоактивных, редкоземельных, с большим радиусом и зарядом, а также сидерофильных и халькофильных. Другими словами, сопоставление спектра элементов-примесей метасоматитов и кварцевых песчаников, с одной стороны, и метасоматитов и ийолитов, с другой, свидетельствует о том, что геохимический фон метасоматитов совершенно одинаков с геохимическим фоном ийолитов и резко отличается от фона кварцевых песчаников.

Анализ распределения элементов-примесей в породах метасоматического ореола приводит к выводу, что с удалением от контакта с ийолитами содержание элементов-примесей в целом постепенно понижается и при этом имеют место геохимические кульминации. В твейтозитовой зоне преимущественно концентрируются фосфор, сидерофильные, редкоземельные элементы и элементы с большим радиусом и зарядом, т.е. те элементы-примеси, которые и в ийолитах входят в решетки железо-магнезиальных минералов. Любопытно отметить, что в твейтозитовой зоне фиксируются те группы элементов-примесей, которые в ходе кристаллизации ийолитовой серии массива Ураас принадлежат к "убывающим". В фенитовой зоне (натриево-калиевых фенитов) наблюдаются геохимические кульминации редких щелочей (рубидия), щелочно-земельных элементов (бария, стронция), возможно, радиоактивных (урана) и частично халькофильных (галлия), т.е. всех тех элементов, которые проявляют гео-

химическое сродство к калию. Целый ряд провинциальных и дифференциационных геохимических особенностей ийолитов, отраженных в отношениях K/Rb, Th/U, Zr/Nb и других, наследуется и усиливается в геохимических особенностях пород фенитового ореола. Это обстоятельство находится в хорошем соответствии с выводами экспериментов о том, что в ходе кристаллизации щелочные расплавы могут непрерывно переходить в гидротермальные растворы [3].

Сравнение химического состава твейтозитов массива Ыраас с составом похожих эгирин-магнезиорибектовых фенитов по кварцитам озера Каск района Седбери [9] и аналогичное сравнение фенитов массива Ыраас с турьинскими фенитами Кольского полуострова [2] свидетельствует о существенном обогащении метасоматитов массива Ыраас элементами-примесями, несмотря на низкие концентрации этих элементов в ийолитах самого массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Е.Л., Гордиенко Н.И. Апатитовое месторождение Ыраас на севере Сибирской платформы. - В кн.: Апатитоносность севера Сибири. Л., изд. НИИГА, 1976, с.85-108.

2. Евдокимов М.Д. Фениты Турьинского щелочного комплекса Кольского полуострова. Л., Изд-во ЛГУ, 1982. 247 с.

3. Когарко Л.Н. Магматические равновесия в природных системах повышенной щелочности. - В кн.: Геохимия, петрология и минералогия щелочных пород. М., Наука, 1971, с.71-85.

4. Кравченко С.М., Егоров Л.С., Данилин Е.Л. Редкие земли и стронций в апатитах как индикаторы генезиса пород ультраосновной щелочной формации Маймеча-Котуйской провинции. - Геохимия, 1980, N 12, с. 66-73.

5. Лазаренков В.Г. О распределении микроэлементов в щелочных породах. - Зап. ВМО, 1978, ч. 107, вып. 1, с. 55-64.

6. Лазаренков В.Г., Степанов В.А. Зональные фенитовые ореолы щелочных массивов Маймеча-Котуйской провинции. - В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., Наука, 1984, с. 93-100.

7. Романчев Б.П., Жирова Л.Т. Апатитовая минерализация массивов Маган и Ессей. - Геохимия, 1977, N 1, с. 147-152.

8. Siemiatkowska K.M., Martin R.F. - Bull. Geol. Soc. Amer., 1975, v.86, N 4, p.1109-1122.

9. Rubie D.C., Gunter W.D. - Contrib. Mineral. Petrol, 1983, v.82, N 2/3, p.165-175.