

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СКАНДИЯ ВО ФТОРСОДЕРЖАЩИХ РАСПЛАВАХ

Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И.

Геологический факультет Московского государственного университета

им. М.В. Ломоносова, кафедра петрологии

engramen@geol.msu.ru, tishchek@geol.msu.ru

Ключевые слова: *алюмофторидный и алюмосиликатный расплавы, жидкостная несмесимость, фторидные фазы, коэффициенты разделения, скандий.*

Основная форма нахождения скандия в природе – рассеяние в породообразующих минералах. В магматических породах большая часть скандия находится в виде изоморфной примеси в кристаллических решетках клинопироксенов, амфиболов, ильменита, в меньшей степени слюд. Однако известны скандиевые месторождения, приуроченные к гранитным пегматитам, альбитизированным гранитам, карбонатитам, где развиты собственные минералы скандия – тортейтит и др., а также скарновые и грейзеновые месторождения, где скандием обогащены слюды, берилл, вольфрамит, касситерит, колумбит и минералы редких земель. Формирование этих месторождений происходило с неизменным участием фтора.

В работе приводятся экспериментальные данные о распределении скандия между алюмосиликатным (L_{sil}) и солевым (L_{salt}) фторидными расплавами в системе Si-Al-K-Na-Li-F-O-H, образующимися вследствие жидкостной несмесимости при 800°C и $P_{\text{H}_2\text{O}} = 1000$ бар. Это исследование продолжает серию экспериментальных работ по распределению редких элементов Li, W, Ta, Nb, Zr, Hf, REE [1-4], проведенных ранее в той же системе в аналогичных условиях. Фторидные фазы в опытах образуют округлые глобулы размером от 10 до 300 мкм, отвечающие по составу соединениям типа Me_3AlF_6 , где Me – щелочной металл. В K-Na части системы проверено соответствие распределения Sc закону Генри. Во всех изученных частях системы скандий распределяется в пользу фторидной фазы. В зависимости от состава системы выделяются три группы величин коэффициентов разделения $K_p = C_{\text{sil}} / C_{\text{salt}}$. В пересыщенных кремнеземом (гранитных) Na и K-Na частях системы величины $K_p = 0,13-0,18$, в K части – в среднем около 0,01. Значения K_p монотонно снижаются по мере возрастания SiO_2 алюмосиликатного расплава. Значимо выше K_p в составах, дающих нефелин-нормативные силикатные расплавы, особенно агпаитовые, для которых K_p приближается к 1. В этой части системы Sc проявляет почти одинаковое сродство к алюмосиликатному и фторидному расплаву. При переходе к литий-содержащим частям системы коэффициенты разделения у скандия понижаются до 0,02, но не столь контрастно как у иттрия и всех REE [4]. В K-Na кварц-нормативной и в нефелин-нормативных частях системы коэффициенты разделения Sc не меняются с концентрацией. Также в пределах ошибки определения постоянны коэффициенты разделения в Li-содержащих частях при различной степени замены K или Na на Li.

Высокая прочность связи Sc-F объясняет установленное в опытах более высокое сродство скандия к фторидным фазам относительно алюмосиликатных при любых составах системы. Скандий, подобно металлам 3 группы периодической системы, образует типичные для них комплексные фториды типа M_3ScF_6 . Скандий растворяется в солевых расплавах в количестве до 11 мас.%, естественно входя в них наряду с Al.

Мы полагаем, что концентрирование скандия при отделении солевых расплавов (в нашем случае фторидных) от гранитной магмы в ходе дифференциации, которое следует из приведенных экспериментальных данных, является единственным объяснением его появления в повышенных количествах в пегматитах, грейзенах, альбитизированных породах, в то время как в течение всего магматического процесса скандий обычно рассеивается.

Другой важной особенностью поведения Sc, установленной в наших экспериментах, является сближение K_p в разных частях системы, которое согласуется с высокой степенью рассеяния скандия в природе при распространенности, сопоставимой с Nb, W, Sn. Причина связана с двойственностью его свойств. Будучи аналогом иттрия и тяжелых лантаноидов, скандий кристаллохимически близок к Fe (II, III); Mg; Mn (II, III); Zr и Al – элементам, обладающим близ-

ким значением ионного радиуса при одинаковом координационном числе, равном 6. Этим объясняется снижение содержания Sc в породах по мере увеличения кремнекислотности, характерное и для вышеуказанных элементов. Однако низкие концентрации Sc (меньше 0,5 г/т) в заключительных фазах гранитных и нефелин-сиенитовых магматических комплексов вряд ли могут быть объяснены только фракционированием темноцветных минералов. В соответствии с данными настоящей работы существенный вклад вносит, вероятно, отделение от остаточного расплава фторидных солевых жидкостей, концентрирующих Sc, на заключительных стадиях дифференциации плутонов.

Таблица

Результаты опытов по распределению скандия между алюмосиликатным (sil) и фторидным (salt) расплавами ($K_p = C_{\text{sil}} / C_{\text{salt}}$)

№ опыта	Часть сис-	C_{Sc} (sil)	ϵ	N	C_{Sc} (salt)	ϵ	n	K_p	lg K_p		
									средн	мин	Макс
402	K1	0.14	0.06	5	6.18	0.20	5	0.023	-1.63	-1.86	-1.48
403	K2	0.08	0.02	5	8.65	0.25	5	0.010	-2.01	-2.14	-1.91
405	K3	0.01	0.01	6	4.76	0.31	5	0.003	-2.57	-3.48	-2.30
391	K-Na	0.11	0.04	5	0.59	0.04	5	0.18	-0.75	-0.93	-0.62
392	K-Na	0.40	0.15	5	2.15	0.08	5	0.18	-0.73	-0.94	-0.60
43	K-Na	0.39	0.03	10	2.64	0.23	10	0.15	-0.83	-0.89	-0.77
393	K-Na	1.23	0.17	5	7.55	4.50	5	0.16	-0.79	-1.20	-0.58
206	K-Na	0.63	0.06	7	6.78	0.56	10	0.13	-0.96	-0.92	-0.85
200	Na	0.42	0.02	5	3.20	0.30	5	0.13	-0.92	-0.92	-0.85
371	NaAl	0.72	2.80	2	2.96	0.03	3	0.24	-0.61	<-2.5	0.08
69	NaAl	0.05	0.03	10	0.35	0.04	10	0.15	-0.82	-1.07	-0.66
199	Neph	0.76	0.04	4	0.73	0.04	6	1.04	+0.02	-0.13	0.13
390	Neph	1.30	0.28	4	2.21	0.19	6	0.59	0.14	-0.35	-0.13
284	Li-K1	0.18	0.15	4	8.83	0.70	4	0.021	-1.68	-2.46	-1.42
71	Li-K2	0.65	0.32	10	10.6	0.32	10	0.062	-1.21	-1.40	-1.08
70	LiKNa	0.09	0.08	6	3.96	0.07	4	0.023	-1.64	-2.57	-1.37
256	LiKNa	0.14	0.04	5	11.9	0.92	8	0.012	-1.93	-2.07	-1.83
257	LiNa1	0.18	0.06	4	7.19	1.57	4	0.024	-1.61	-1.85	-1.46
285	LiNa2	0.20	0.04	4	7.33	0.42	4	0.024	-1.57	-1.69	-1.48

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (по проекту № 01-05-64512)

Литература

1. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. Фазовые отношения в ликвидусной части гранитной системы с фтором // Геохимия. 1993. № 6. С. 821 - 840
2. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И., Берман И.Б., Попенко Д.П. Концентрирование лития алюмофторидным расплавом в гранитной системе с фтором // Докл. АН России. 1993. Т.331. № 1. С. 87-90.
3. Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. К геохимии тантала, ниобия, циркония и гафния в гранитах и щелочных породах фтористого профиля по экспериментальным данным // Геохимия. 2001. № 6. С. 621-635.
4. Gramenitskiy, E.N. and Shchekina T.I. Experimental data on geochemistry of REE and Y in the fluorine-bearing granite and nepheline-syenite magmas. Journal of Conference Abstracts. Zurich: Cambridge Publications, 2002, 7, No1, 40.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/magm-25.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна