



организмов, они имеют несомненное значение для биостратиграфии, корреляции и палеобиогеографии и требуют дальнейшего углубленного изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропова Е. В. Морфологические типы колоний строматопороидей из силурийских-нижнедевонских отложений Приполярного Урала // Современная российская палеонтология: классические и научные методы: Тезисы докл. Первой Всероссийской научной школы молодых ученых-палеонтологов. М., 2004. С. 5—7. 2. Богоявленская О. В. К морфологической терминологии строматопороидей // Палеонтол. журнал. 1968. №2. С.3—13. 3. Богоявленская О. В. К построению классификации строматопороидей // Палеонтол. журнал. 1969. №4. С.12—27. 4. Богоявленская О. В.

Строматопораты палеозоя (морфология, систематическое положение, классификация и пути развития). М.: Наука, 1984. 96 с. 5. Богоявленская О. В. Итоги изучения строматопорат в Республике Коми // Геология и минеральные ресурсы северо-востока России: Материалы XIV Геол. съезда Республики Коми. Т. III. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 306—307. 6. Большакова Л. Н. Строматопороидеи силура и нижнего девона Подолии. М.: Наука, 1973, 135 с. 7. Нестор Х. Э. Строматопороидеи: крат. обзор // Стратиграфия СССР: Силурийская система. М.: Недра, 1965. С. 420—423. 8. Халфина В. К. Строматопороидеи // Морфология и терминология кишечнополостных. М.: Наука, 1971. С. 14—23. 9. Халфина В. К., Яворский В. И. Классификация строматопороидей // Палеонтол. журнал, 1973. №2. С. 19—34. 10. Халфина В. К.,

Яворский В. И. Основные элементы морфологии строматопороидей // Морфологические и филогенетические вопросы палеонтологии. М.: Наука, 1972. С. 4—10. 11. Яворский В. И. Некоторые результаты изучения строматопороидей в СССР // Палеонтол. журнал, 1962. №1. С. 19—30. 12. Galloway J. J. Structure and classification of the Stromatoporoides // Bull. Amer. Paleont. 1957. V.37, № 164. P. 345—480. 13. Kuhn O. Zur Systematik und Nomenclatur der Stromatoporen // Ztschr. Mineral., Geol., Palaontol. 1927. V. 3. S. 544—552. 14. Leconte M. Les Stromatoporoids du devonien moyen et superior du basin de Dinant // Mem. Inst. roy. sc. natur. Belg. 1952. V. 117. P. 21—359. 15. Flugel E. Artrevision von Actinostroma (Stromatoporoides) // Ann. Oesterr. Akad. Wissenschaft. Math.-Natur. Kl. 1958. bd. 95. S. 2—259.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГРЕЙЗЕНИЗАЦИИ И АЛЬБИТИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ ГРАНИТОИДОВ



К. г.-м. н.

Д. г.-м. н.

О. В. Удоратина

Г. П. Зарайский*

Ю. Б. Соболева*

udoratina@geo.komisc.ru

zaraisky@iem.ac.ru

julia@iem.ac.ru

* Институт экспериментальной минералогии, г. Черногловка

Теоретические предпосылки.

На сегодняшний день установленным (геологически и экспериментально доказанным) считается факт формирования месторождений тантала и ниобия (связанных генетически с кислыми магмами): пироклор-микролитовых, колумбит-танталитовых путем магматической кристаллизации из конечных порций обогащенного (Li-F) магматического расплава [5].

Названия редкометалльных пород этого типа были ранее согласованы в предложенном А. А. Беусом термине «апограниты» [2, 7].

Работы последних лет (грант 02-05-64413 и 02-0564414) поставили под сомнение достаточность чисто магматического пути и реабилитацию роли гидротермально-метасоматических процессов в рудообразовании. В результате экспериментальных работ последних двух лет получены новые данные, позволяющие рассматривать вопрос о переносе тантала и ниобия растворами положительно [4].

Геологические данные.

Редкометалльные месторождения Полярного Урала связаны с *лонготьюганским* комплексом метасоматических гранитоидов, представленным лейкогранитами, микроклинитами и альбититами. В свою очередь вещественным воплощением этого «рудного» комплекса являются метасоматически преобразованные отдельные участки мелких тел гранитоидов *полярно-уральского* и *саядатьяхинского (?)* комплексов.

Все магматические и метасоматически преобразованные породы залегают в раме вулканогенно-осадочных пород няровейской и немурьюганской свит среднего рифея, метаморфизованных в зеленосланцевой фации, хотя некоторыми авторами отмечаются вблизи них участки развития мигматитов [3, 8]. Генезис пород метасоматического комплекса рассматривался как: метасоматический, метасоматическо-магматический и магматическо-метасоматический; чисто магматического не пред-

полагалось. Причем указывалось, что основная часть рудных метасоматитов формируется не по гранитному субстрату, а по вмещающим зеленосланцевым метаморфитам.

Таким образом, генезис исследуемых комплексных (Ta, Nb, Zr, Y, HREE, Be и др.) месторождений Полярного Урала [3, 6, 9] рассматривался как метасоматический. Главным фактором повышения содержания редких элементов считался их привнос растворами по катаклазированным и милонитизированным разломным зонам из некоего глубинного источника, а не мобилизация из древних гранитоидов.

В частности, наложенность метасоматических процессов рассматривалась на основании того, что возраст гранитоидов (раннеордовикский, кембрийский, а возможно, и докембрийский) и рудосодержащих пород (раннекарбонный) различался не менее чем на 200 млн лет [1, 3, 10]. Однако последнее не подтверждено достаточным



фактическим материалом. В последние, неопубликованной, схеме М. А. Шишкина (1999) гранитоиды *сдятояхинского* комплекса имеют V- ϵ_1 возраст, гранитоиды *полярно-уральского* комплекса и вовсе имеют широкие возрастные вариации $R_3: PZ_{1-2}$ (?), возраст же *лонготьюганского* метасоматического комплекса — PZ_3 .

Кроме того, удивительным образом все месторождения сосредоточены в пределах Лонготьюганской антиклинальной структуры и размещение зон щелочного метасоматоза определяется поперечными (лонготьюганский крестовый разлом) структурами, и они, а не поля развития гранитов в итоге контролируют зоны проявления редкометалльных руд. Все это, а также характер минеральных парагенезисов, структур, текстур, микроструктур пород указывает на их метасоматическое происхождение.

Таким образом, имеющиеся теоретические представления о магматическом генезисе тантал-ниобиевых руд и сложные, запутанные представления о происхождении комплексных редкометалльных руд полярноуральских месторождений позволили сформулировать следующие вопросы: 1) Могли ли рудные компоненты экстрагироваться из гранитных пород *полярно-уральского* комплекса при воздействии на них различных по составу растворов? 2) Достаточно ли выщелоченных компонентов для формирования месторождения?

Основной задачей являлось выявление подвижности тех или иных компонентов, а главное, установление самой возможности их экстракции, переноса и отложения и, таким образом, оценки роли возможного участия в образовании руд гидротермально-метасоматических процессов. Для ответов на эти вопросы были проведены экспериментальные работы.

Экспериментальные данные.

Эксперименты по выщелачиванию редких элементов (Ta, Nb, Zr, W, Pb, Th, U, HREE) из природных гранитоидов *полярно-уральского* и *лонготьюганского* комплексов (район г. Тайкеу), нерудных (1-й тип) и рудных (2-й тип), проводились в ИЭМ РАН (г. Черноголовка).

Эксперимент проводился при температуре 500 °С и давлении 1,0 кбар. На породу воздействовали кислыми (0.5 м HF + 0.1 м HCl) (+ LiF 15 мг) и щелочными растворами (0.5 м NaF + 0.5 м NaCl). Опыты (длительностью 3 недели) про-

Аналитические данные ICP (г/г), полученные при экспериментальном моделировании процессов выщелачивания

Элемент	Гранит		Раствор			
	безрудный 127а	рудный К-19В	«грейзенизация»		«альбитизация»	
			127а	К-19В	127а	К-19В
Li	3.1		123	167	5.1	63.8
Be	3.1	17	0.24	4.6	0.30	6.0
B			187	190	4.2	1.8
Na	4.4	12.0	498	700	17085	17594
Mg	0.025		0.45	<ПО	0.31	0.32
Al	10.9		1128	953	20.0	2.7
P			<ПО	<ПО	1.5	1.4
S			2.3	3.7	3.4	38.8
K	4.08	0.62	810	94.2	5538	5603
Ca	0.029	1.28	0.72	0.26	0.35	0.36
Ti	0.025		0.18	0.068	0.22	0.11
Cr	2.4	40.6	0.28	0.19	0.043	0.043
Mn	0.0043		<ПО	<ПО	0.22	0.22
Fe	0.7	1.62	1.2	0.83	0.510.51	0.61
Ni	1.3	6.2	<ПО	0.35	0.17	0.15
Cu	6.2	15	0.10	0.072	0.060	0.077
Zn	49.0	1550	0.08	0.17	0.040	0.048
Ga	33.2	40	0.15	0.55	0.018	0.0086
As	<ПО		<ПО	0.061	<ПО	0.016
Rb	560	1468.5	8.5	9.2	72.4	253
Sr	1.6	985	0.012	0.0066	<ПО	0.0087
Y	59.2	300	0.0031	<ПО	0.0035	0.0027
Zr	200	330	0.70	0.70	0.044	0.42
Nb	125	300	0.73	0.65	0.023	0.014
Mo	0.43		0.0089	0.91	0.20	0.15
Sn	10.7		0.010	0.008	0.008	0.007
Sb	0.2	0.24	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cs	2.7	14.7	0.15	1.5	0.62	3.3
Ba	13.2	1025	0.10	0.019	0.36	0.36
La	1.6	20.3	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ce	17.6	53.0	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Pr	0.93	7.91	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Nd	4.1	41.4	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Sm	3.4	14.0	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Eu	<ПО	0.041	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Gd	5.2	25.1	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Tb	1.2	4.5	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Dy	12.8	30.0	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ho	2.4	7.65	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Er	6.9	24.3	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Tm	0.95	4.23	<ПО	<ПО	0.00065	0.00040
Yb	5.5	27.2	0.00026	<ПО	0.013	0.024
Lu	0.77	5.07	<ПО	<ПО	0.0029	0.0064
Hf	6.0	57.4	0.037	0.033	0.0069	0.0038
Ta	8.7	34.0	0.0080	0.0060	0.0043	0.0033
W	0.67		0.17	0.58	0.24	1.2
Tl	2.1		0.10	0.16	0.29	1.7
Pb	21.8	170	0.015	0.045	0.67	0.37
Bi	1.2		0.00029	0.00092	0.0011	0.00082
Th	133	151.2	0.0008	<ПО	0.11	0.037
U	12.6	47.7	<ПО	0.0044	0.0054	0.031

водили в автоклавах в герметичных платиновых ампулах ($V = 6 \text{ см}^3$), в которые помещали навеску гранита (1 г) и раствор ($V = 2.5 \text{ см}^3$).

В результате диффузионного взаимодействия с раствором гранит в одном случае «грейзенизировался», а в другом — «альбитизировался». Полученную породу извлекали из ампулы и изучали на микронзонде, по ее длине от-

бирали пробы вещества для анализа на ICP/SM на пороодообразующие, рудные компоненты, анализировался и закалочный раствор.

В данном сообщении приводятся результаты изучения состава раствора после окончания эксперимента (таблица).

В растворе (изначально «стерильном» по содержанию элементов) после проведения опыта концентрация эле-



ментов пусть незначительно, но увеличивалась. Причем при воздействии на одну и ту же породу различными растворами, состав (набор) и содержание элементов существенно менялись.

Во время эксперимента в раствор переходили все элементы, кроме (при взаимодействии с нерудным гранитом) P, Mn, V, Co, As, Se, Sr, Sb, Yb, U и (при взаимодействии с рудным гранитом) Mg, P, Mn, V, Co, Se, Y, Sb, все REE, Th.

При грейзенизации нерудных гранитов в раствор больше переходит (чем при грейзенизации рудных гранитов) Al, K, Ti, Cr, Fe, Sn, Sr, Ba, Ta, Th.

При грейзенизации рудных гранитов в раствор больше переходит (чем при грейзенизации нерудных гранитов) Li, Be, Na, S, Ni, Zn, Ga, As, Mo, Cs.

Примерно в одинаковом количестве при грейзенизации рудных и нерудных гранитов переходят в раствор Rb, В, Cu, Zr, Nb, Hf.

При моделировании процессов альбитизации нерудных гранитов в раствор больше переходит Al, В, Ti, Nb, Tm, Hf, Pb; при моделировании процессов альбитизации рудных гранитов в раствор больше переходит Li, S, Be, Fe, Ga, Rb, Cs, Yb, Lu, Tl, Bi, Th, U.

Примерно в одинаковом количестве при альбитизации рудных и нерудных гранитов переходят в раствор Na, Mg,

P, K, Ca, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Mo, Sn, Ba, Ta.

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что даже при такой малой концентрации элементов в растворе выявляются следующие тенденции: 1) кислые фторидные растворы обогащались элементами, типичными для гранитов Al и Ga и, что очень важно, такими рудными элементами, как Ta, Nb, Zr и В; 2) в щелочных (солевых) растворах концентрация большинства элементов (K, P, S, Cr, Mn, Rb, Cs, Ba, W, Tl, Pb, Th, U) увеличивалась, и такая же тенденция характерна для тяжелых редких земель (Tm, Yb, Lu), определяющих «лицо» месторождений Полярного Урала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абсолютный возраст некоторых генетических типов гранитоидов в Харбейском блоке (Полярный Урал) / Ф. Р. Апельцин, В. И. Малышев, С. И. Зыков и др. // Советская геология. 1968. № 6. С. 89—99.
2. Альбитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты) / А. А. Беус, Э. А. Северов, А. А. Ситнин, К. Д. и др. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 196 с.
3. Апельцин Ф. Р., Скоробогатова Н. В., Якушин Л. Н., Генетические черты редкометалльных гранитоидов Полярного Урала и условия их редкометалльной металло-

генической специализации. М.: Недра, 1967. 202 с.
4. Зарайский Г. П., Коржинская В. С., Соболева Ю. Б. Экспериментальная оценка гидротермального транспорта Ta и Nb в связи с проблемой генезиса месторождений тантала в «апогранитах» // ЕСЭМПГ-2004. М.: ГЕОХИ РАН, 2004. С. 27—28.
5. Зарайский Г. П. Условия образования редкометалльных месторождений, связанных с гранитным магматизмом (в печати).
6. Калиновский А. В., Игнатов М. М. Редкометалльные топоминералогические системы района развития щелочных метасоматитов // Минералогия рудоносных территорий Европейского северо-востока СССР. Сыктывкар, 1987. С. 5—17.
7. Коваль П. В. Петрология и геохимия альбитизированных гранитов. М.: Наука, 1975. 258 с.
8. Объяснительная записка: Геологическая карта СССР, м-ба 1:200 000. Серия Североуральская. Лист Q-42-1. М., 1984. 107 с.
9. Удоротина О. В. Квальмиты севера Урала // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1997. С. 19—28.
10. Удоротина О. В., Анрепичев В. Л. Калий-аргоновые и рубидий-стронциевые изотопно-геохронометрические системы в редкометалльных метасоматитах Полярного Урала // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 9-й научной конф. Сыктывкар: Геопринт, 2000. С. 151—153.

Российская академия наук
Российское минералогическое общество

**XV РОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
МИНЕРАЛОГИИ**

СЫКТЫВКАР
22—24 июня 2005 года
Информационное сообщение

Институт экспериментальной минералогии РАН, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН и Российское минералогическое общество проводят

XV Российское совещание по экспериментальной минералогии

Совещание состоится в Институте геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук в г. Сыктывкаре

22—24 июня 2005 г.

Научная программа:

➤ Магматические системы при высоких давлениях

➤ Гидротермальные и флюидные системы

➤ Минеральные равновесия, кинетика и динамика минералообразования

➤ Минералогенезис и синтез минералов

➤ Эксперимент в решении геологических и экологических задач

ФОРМА ДОКЛАДОВ: пленарные (30 мин.), устные (15 мин.) и стендовые. Демонстрация материала во время устных докладов в виде прозрачных пленок, компьютерных презентаций.

Доклады (объемом до 4 стр.) будут опубликованы к началу работы совещания.

Контрольные даты

Представление заявки на участие *до 31 декабря 2004 г.*

Представление докладов *до 15 февраля 2005 г.*

Рассылка программы совещания *до 1 июня 2005 г.*

Заезд и регистрация участников *с 21 июня 2005 г.*

✉ **Адрес оргкомитета**

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН
167982, Первомайская, 54,
Сыктывкар, Россия

Телефоны: (8212) 44-60-16
(8212) 24-54-98
Тел/факс: (8212) 24-09-70
(8212) 24-56-98

E-mail: *EM2005@geo.komisc.ru*
kunts@geo.komisc.ru

Бюро оргкомитета

Сопредседатели:
академик *В. А. Жариков*
академик *Н. П. Юшкин*

Заместители председателя:
член-кор. *А. М. Асхабов*
д. г.-м. н. *Ю. Б. Шаповалов*

Ученый секретарь:
д. г.-м. н. *А. Ф. Куниц*