

## ПРОЯВЛЕНИЯ КРЕМНЕКИСЛОГО ВУЛКАНИЗМА НА РУБЕЖЕ КЕМБРИЯ И ОРДОВИКА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КОНТИНЕНТА

А.А. Соболева

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: soboleva@geo.komisc.ru

Кислые вулканиты развиты на западном склоне Северного, Приполярного и Полярного Урала в зоне Центрально-Уральского поднятия и в составе Лемвинского аллохтона. Риолиты и риодациты (саблегорский, молюдовоожский, лядгейский комплексы), залегающие среди доордовикских толщ, изучены сравнительно неплохо. Подавляющее их большинство имеет поздневендский-раннекембрийский возраст (564-516 млн лет) [Соболева, 2004; Шишкин и др., 2004; Черкашин и др., 2008; и др.], хотя есть и единичные позднерифейские (642 и 624±3 млн лет) датировки [Червяковский и др., 1992; Соболева и др., 2008]. Однако тела кислого состава присутствуют и среди зеленосланцевых верхнекембрийско-нижнеордовикских толщ (пайпудынский и пожемский комплексы). Породы, слагающие эти тела, весьма похожи по минеральному составу, структурам и петрохимическим характеристикам на вендско-кембрийские вулканиты. Долгое время существовала неопределенность относительно их возраста, обусловленная, с одной стороны, трудностью определения времени формирования зеленосланцевых вмещающих образований, а с другой стороны - отсутствием надежных изотопных датировок самих вулканитов. Даже когда раннепалеозойский возраст вмещающих пород был известен, эти тела считали иногда более древними тектоническими клиньями.

В последнее время ситуация с проблематичными позднекембрийско-раннеордовикскими кислыми вулканитами значительно изменилась. Были продатированы (SHRIMP, по цирконам) риолиты пайпудынского комплекса на Полярном Урале в бассейнах рек Кара, Бол. и Мал. Уса (492-485 млн лет) [Шишкин и др., 2004]. Близость их по минеральному и химическому составам, в том числе и по содержанию элементов-примесей, к риолитами петротипа на хр. Бол. Пайпудынском, позволило считать этот возраст возрастом пайпудынского комплекса [Соболева, 2008]. В более южных районах Полярного Урала также были сделаны значительные успехи по датированию риолитов. Был получен среднекембрийско-раннеордовикский возраст кислых вулканитов пожемского комплекса (505-475 млн лет), развитых в пределах Грубеинского покрова [Черкашин и др., 2008]. В северной части Приполярного Урала был определен возраст риолитов, выходящих на поверхность в верховьях р. Бол. Тыкотлова в полях развития погурейской свиты верхнего кембрия-нижнего ордовика, составивший 484.3±3.1 млн лет и показано, что аналогичные по составу породы развиты и южнее, в бассейне руч. Яроташор [Соболева и др., 2008, Иванов и др., 2009].

Таким образом, применение изотопных методов датирования позволило с определенностью говорить о том, что, кроме древних вендско-кембрийских кислых вулканитов на севере Урала присутствуют и более молодые, формировавшиеся на рубеже кембрия и ордовика.

Этот временной рубеж является на Урале весьма важным - с него начался новый тектонический цикл, собственно уральский, завершившийся формированием Урала. Более древние доуральские комплексы имели свою историю развития, и существует несколько ее моделей, обзор которых содержится, в частности, в работе [Кузнецов и др., 2005] и др. Автор придерживается развиваемой в этой книге концепции коллизионного формирования доуральского орогена в результате произошедшего в начале кембрия столкновения пассивной окраины Восточно-Европейского палеоконтинента и активной окраины континента Арктида. Вендско-кембрийские кислые вулканиты, как мы полагаем, были сформированы на активной окраине и в зоне коллизии. В связи с этим кислые породы начала уральского цикла весьма интересны - их состав должен отражать наступление новых тектонических условий начавшегося континентального рифтогенеза.

Нами было проведено сравнение содержаний петрогенных элементов и элементов-примесей в позднекембрийско-раннеордовикских и более древних риолитах для двух районов - северных частей Полярного и Приполярного Урала. На Полярном Урале взяты для сравнения раннепалеозойские риолиты пайпудынского комплекса бассейна рек Кара, Бол. и Мал. Уса, по данным [Шишкин и др., 2004], хр. Бол. Пайпудынский [Соболева, 2008] и поздневендские

риолиты лядгейского комплекса хр. Енганэпэ [Шишкин и др., 2004]. На Приполярном Урале сопоставляются риолиты погурейской свиты верховьев Бол. Тыкотловы и позднерифейские вулканы молдвожского комплекса, развитые в бассейне Бол. и Мал. Тынаготы [Соболева и др., 2008].

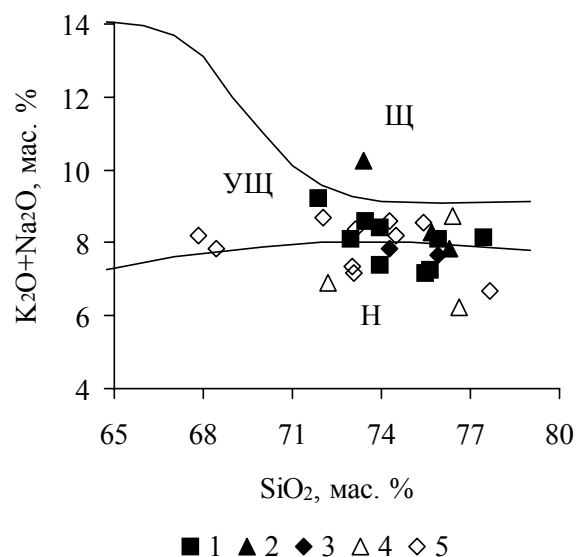
Попытки выявить значимые различия в содержаниях породообразующих элементов не увенчались успехом. Разновозрастные риолиты характеризуются весьма близкими содержаниями главных оксидов (таблица) и суммарной щелочностью (рис. 1).

**Таблица** Средние составы кислых вулканитов

Компонент	1	2	3	4	5
	n=6	n=3	n=1	n=3	n=10
SiO <sub>2</sub>	74.49	75.13	75.92	75.07	72.93
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.23	0.15	0.21	0.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.60	11.43	13.07	12.90	12.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.07	2.34	1.04	1.08	1.66
FeO	0.84	0.69	0.99	0.98	1.20
MnO	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
MgO	0.23	0.34	<0.10	0.76	0.30
CaO	0.66	0.19	0.36	0.38	1.29
Na <sub>2</sub> O	3.02	2.22	3.78	3.38	3.40
K <sub>2</sub> O	4.75	6.57	3.87	3.90	4.57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	<0.05	0.08	<0.05	0.06
П.п.п.	0.75	0.59	0.72	1.06	1.45
La	64.02	51.30	46.90	47.47	44.26
Ce	131.8	114.3	90.0	98.7	86.8
Pr*	15.25	14.06	9.80	11.23	9.49
Nd	62.7	61.9	37.8	45.4	37.2
Sm	13.57	17.70	9.84	11.85	8.33
Eu	1.37	1.77	0.49	0.37	1.33
Gd*	18.2	22.5	12.6	13.7	10.0
Tb	2.91	3.50	2.00	2.08	1.53
Dy*	17.17	20.93	12.00	12.29	8.82
Ho*	3.94	4.62	2.74	2.78	1.94
Er*	10.92	12.90	7.97	7.55	5.35
Tm*	1.66	1.93	1.21	1.11	0.77
Yb	9.42	10.56	6.82	6.05	4.25
Lu	1.56	1.77	1.20	1.00	0.68
Rb	87	136	100	241	138
Ba	811	1758	670	828	644
Th	23.7	15.03	14.9	15.53	17.1
Ta	2.77	2.1	2.89	0.57	1.93
Nb	25	63	27	22	13
Zr	646	872	267	383	271
Hf	15.07	18.63	15.9	10.37	7.05
Y	74	138	78	70	54

Примечание. Номера в головке таблицы соответствуют условным обозначениям на рисунках. Элементы-примеси (г/т) определены методами ИНАА и рентгенорадиометрическим (Nb, Zr) в ГЕОХИ РАН. Силикатный анализ (мас. %) выполнен в ИГ Коми НЦ УрО РАН.

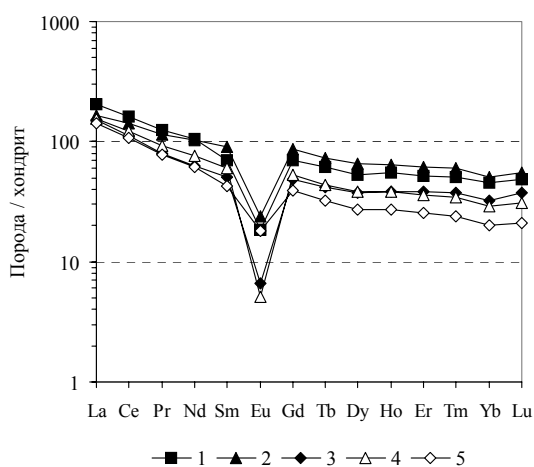
Сопоставление концентраций редкоземельных элементов позволило уловить некоторые различия. Так, раннепалеозойские риолиты Полярного Урала по сравнению с поздневендскими содержат несколько больше суммы REE (232±450 г/т против 169±389 г/т). (Для вулканитов



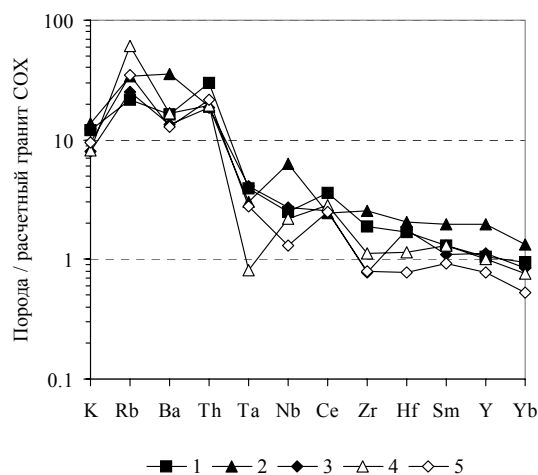
**Рис. 1.** Составы кислых вулканитов на TAS-диаграмме. Усл. обозн. к рис.1-3: 1-3 - позднекембрийско-раннеордовикские кислые вулканиты: 1-2 - пайпудынского комплекса (хр. Бол. Пайпудынский (1) и бассейна рек Кара, Бол. и Мал. Уса (2), Полярный Урал); 3 - погурейской свиты (верховья р. Бол. Тыкотлова, Приполярный Урал); 4 - поздневендские риолиты лядгейского комплекса (хр. Енганэпэ, Полярный Урал); 5 - позднерифейские вулканиты молдвожского комплекса (бассейн рек Мал. и Бол. Тынагота, Приполярный Урал). Индексами обозначены поля пород нормального (Н), умеренно-щелочного (УЩ) и щелочного (Щ) петрохимических рядов.

Приполярного Урала этого различия не видно, возможно, из-за недостаточного количества анализов раннепалеозойских пород.). Общей тенденцией для раннепалеозойских риолитов является обогащенность HREE по сравнению с доуральскими вулканитами (рис. 2).  $La_N/Yb_N$  в первых составляет 3.9; 4.6 (здесь и далее первое число - Полярный, второе - Приполярный Урал), а во вторых - 5.3; 7.0. При примерно равных величинах  $La_N/Sm_N$  (2.4; 3.0 в более молодых породах и 2.5; 3.0 - в более древних)  $Gd_N/Yb_N$  отличаются заметно, составляя 1.6; 1.5 и 1.8; 1.9 соответственно.

Еще более заметные различия выявляются при рассмотрении распределения крупноионных и высокозарядных элементов-примесей в породах (рис. 3). При близких содержаниях крупноионных элементов раннепалеозойские риолиты обогащены по сравнению с более древними породами высокозарядными элементами, в особенности Zr и Hf, что характерно для кислых пород, формирующихся в рифтогенных условиях.



**Рис. 2.** Нормированное к составу хондрита CI (Boynnton, 1984) распределение REE в средних составах кислых вулканитов.



**Рис. 3.** Нормированное к расчетному составу гранитов COX (Pearce, 1984) распределение элементов-примесей в средних составах кислых вулканитов.

Таким образом, позднекембрийско-раннеордовикские кислые вулканиты, являющимися ранними рифтогенными образованиями комплекса уралид отличаются от более древних доуральских риолитов по содержанию элементов-примесей – в них повышена роль HREE и существенно обогащение высокозарядными элементами.

### Список литературы

**Иванов В. Н., Соболева А. А., Кузенков Н. А.** Возраст риолитов района верховьев реки Большая Тыктовла (Приполярный Урал) // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России. Материалы XV Геологического съезда Республики Коми. 2009 (в печати).

**Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В.** Доордовикские гранитоиды Тимано-Уральского региона и эволюция протоуралид-тиманид. Сыктывкар: Геопринт. 2005. 100 с.

**Соболева А.А.** Вулканиты и ассоциирующие с ними гранитоиды Приполярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 147 с.

**Соболева А.А.** Геохимические особенности и возраст риолитов Большого Пайпудынского хребта (Полярный Урал) // Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов: Материалы международной научной конференции (III Чтения памяти С. Н. Иванова). Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2008. С. 149-152.

**Соболева А.А., Иванов В.Н., Кузенков Н.А., Васильев А.К.** Кислые вулканиты Тынаготско-Тыктовского района (Приполярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Сборник статей. Сыктывкар, 2008. № 5. (Труды Института геологии Коми научного центра УрО Российской АН. Вып. 124). С. 27- 51.

**Червяковский С.Г., Иванов В.Н., Курзанов И.Ю., Кузенков Н. А.** и др. О возрастной позиции Малопатокского массива гранитоидов на Приполярном Урале и его формационной принадлежности // Ежегодник – 1991: Инф. сб. научн. тр. ИГиГ УрО РАН. Екатеринбург, 1992. С.71-74.

**Черкашин А. В., Молчанова Е. В., Шишкин М. А., Матуков Д. И.** и др. Результаты датирования риолитов Лемвинской структурно-формационной зоны, западный склон Полярного Урала // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. Материалы научн. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2008. С. 272-277.

**Шишкин М. А., Малых И. М., Матуков Д. И., Сергеев С. А.** Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: Геопринт, 2004. Т. II. С. 148-150.