ВЛИЯНИЕ ШОКОВОГО МЕТАМОРФИЗМА НА СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЦИРКОНА В МАССИВЕ ЯРВА-ВАРАКА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Каулина Т.В.¹, Нерович Л.И.¹, Шиловских В.В.²

¹ Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, kaulina@geoksc.apatity.ru

² СПбГУ, Ресурсный центр «Геомодель»

Расслоенный массив Ярва-варака Мончегорского рудного района расположен в 12 км к СЗ от г. Мончегорска и представляет собою интрузивное тело неправильной формы размером 1.7×2.2 км в плане и мощностью до 2 км, вмещающими породами являются глиноземистые гнейсы кольской серии. В составе интрузии принимают участие породы от основного до кислого состава. Преобладают гранофировые гиперстеновые диориты, широко представлены кварцевые диориты и гранофировые нориты, чья роль увеличивается с глубиной.

Результаты изучения массива Ярва-варака [3] показали, что по присутствию значительной доли гранофира во всех породах по разрезу интрузива, по петрографическому и геохимическому составу пород, сопоставимой мощности магматического комплекса (~ 2000 м) и наличию брекчии в основании он имеет сходство с крупнейшим Cu-Ni месторождением Садбери, для которого установлена генетическая связь с метеоритным ударом [7, 4]. Эти данные стимулировали изучение циркона из пород массива Ярва-варака, поскольку циркон может сохранять признаки ударного метаморфизма, даже пройдя в дальнейшем через условия гранулитовой фации, что позволяет использовать его как индикатор ударного метаморфизма при изучении древних, глубоко эродированных и метаморфически преобразованных импактных структур [8, 9].

В последние годы роль метеоритных ударов в эволюции земной коры широко обсуждается в научной литературе (например, [6, 1]), тем не менее, специальных исследований, направленных на идентификацию древних метеоритных кратеров на российской территории Балтийского щита не проводилось, хотя сильнейшие метеоритные бомбардировки Земли были именно в докембрии.

Ранее нами был изучен циркон из гранофировых норитов массива Ярва-варака методом рамановской спектроскопии [2], которая представляет собой экспрессный и точный метод анализа циркона на микро-уровне. Кристаллы циркона показали вариации рамановских спектров для разных областей кристаллов: от типичного для циркона рамановского спектра в центре кристаллов до полного отсутствия спектральных линий в периферических зонах и каймах. При этом в минеральных включениях силлиманита и плагиоклаза, расположенных в каймах циркона, рамановские пики также отсутствуют. С нашей точки зрения, эти вариации спектров могут быть связаны с преобразованием кристаллического циркона (и минеральных включений в нем) в диаплектовые стекла вследствие ударного метаморфизма [2].

В настоящей статье мы представляем результаты изучения химического состава циркона из гранофировых норитов массива Ярва-варака, для тех же зерен, которые ранее были изучены КР-методом.

Внутреннее строение и химический состав циркона

Циркон, выделенный из гранофировых норитов, представлен прозрачными светло-коричневыми, желтыми и бесцветными короткопризматическими зернами и их фрагментами. Циркон содержит многочисленные включения состава Al, Si, O, что указывает на полиморфную модификацию: андалузит-силлиманит-кианит; а также состава Si, Al, Na, Ca, O, предполагая минералы группы полевых шпатов. Поскольку вмещающими породами для гранофировых норитов являются глиноземистые гнейсы кольской серии, наиболее вероятно, что изученный циркон является ксеногенным и захвачен именно из глиноземных гнейсов.

Изображение циркона в обратно-рассеянных электронах выявило сложное строение зерен с темными внутренними участками (ядрами) разной формы и вероятно разного генезиса, поскольку глиноземистые гнейсы являются парапородами, и светлой в BSE широкой каймой без четко выраженной структуры (рис. 1). В режиме катодolumинесценции каймы темные и практически не люминесцируют. Некоторые ядра имеют тонкую зональность и плавные переходы к краевым частям (кайме) (рис. 1 б, г, д), поэтому можно предположить, что и центр и кайма – это одна генерация циркона. В некоторых зернах граница между ядром и каймой резкая (рис. 1 е), что предполагает раз-

Рис. 1. Вид циркона в обратно-рассеянных электронах с точками микрозондового анализа.

новременное образование ядра и каймы. В нескольких зернах видны более поздние наложенные на кайму процессы изменения – темные криволинейные участки вдоль трещин и вокруг включений (рис. 1 б, д).

Микроэлементный состав отдельных доменов циркона определялся на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-Max20 в ресурсном центре «Геомодель» (СПбГУ). Обработка спектров производилась автоматически при помощи программного пакета AzTec Energy с использованием методики TrueQ. При съемке использованы следующие установки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.5 нА, время накопления спектра в точке – 30 секунд в точечном режиме. Количественный расчет спектров проведен с использованием стандартных образцов природных и синтетических соединений.

Содержания всех элементов в ядрах и каймах изученных зерен циркона перекрываются. Тем не менее, нужно отметить, что ядра в среднем содержат больше Th, иногда Fe и Yb, а каймы содержат больше U и Hf (табл. 1). Возможно, выравнивание состава также связано с импактными процессами, когда высокая температура шокового метаморфизма ускорила диффузию элементов.

Полученные данные, вместе с рамановской спектроскопией показывают, что импактные события имели место после образования кайм в цирконе. U-Pb возраст Grt-Bt и Sill-Grt-Bt гнейсов кольской серии в Мончегорском районе составляет 2832 ± 11 млн. лет, U-Pb возраст бадделеита из диоритов Ярва-вараки определен в 2496 ± 9 млн. лет [5]. То есть, метеоритный удар мог произойти около 2.5 млрд. лет назад; ударная волна вызвала аморфизацию циркона в глиноземистых гнейсах (внутренние части кристаллов экранировались каймами и сохранили свою структуру), фрагменты которых затем были захвачены (образовавшимся при импакте?) расплавом.

Таблица 1. Состав циркона из гранофировых норитов.

Элемент, масс. %											
№ тчк	домен	Al	P	Ca	Fe	Zr	Yb	Hf	Zr/Hf	Th	U
102	ядро		0.47		0.05	48.46	0.06	0.70	69	0.09	
103	ядро	0.01	0.46			47.79	0.12	1.22	39		0.13
104	кайма		0.53		0.02	48.21		1.39	35		0.04
105	кайма		0.4	0.02	0.04	48.38	0.08	2.21	22		0.04
99	кайма		0.47	0.03		44.46		1.14	39		1.2
100	измен	0.04	0.56		0.03	43.97		1.44	31	0.16	0.75
101	кайма	0.02	0.49	0.02	0.02	45.46	0.09	1.34	34	0.02	0.04
111	кайма		0.4		0.04	46.72		1.19	39	0.06	0.02
112	ядро		0.55	0.05		46.71	0.23	0.96	49	0.21	
113	кайма	0.01	0.33	0.02		46.82		1.75	27	0.11	
123	кайма	0.01	0.45		0.06	46.73	0.03	2.14	22		0.14
124	ядро	0.01	0.37		0.02	47.00	0.04	1.48	32	0.06	
125	ядро	0.05	0.44	0.01	0.03	46.85		1.07	44	0.07	0.05
126	ядро		0.51		0.04	47.18	0.21	1.67	28		0.06
130	ядро		0.41			48.24	0.08	0.90	54	0.11	0.06
131	ядро	0.01	0.41	0.01		47.19		1.05	45		0.03
132	кайма		0.51	0.04	0.04	45.40	0.14	1.53	30		1.29
133	кайма	0.04	0.40		0.07	48.23	0.01	1.42	34		0.14
83	ядро	0.04	0.44	0.05	0.06	47.37		0.84	56		0.03
84	кайма	0.03	0.48		0.06	48.10	0.25	1.15	42	0.05	0.03
85	ядро	0.02	0.30		0.12	47.52	0.04	0.98	48	0.16	

Номера точек в таблице соответствуют номерам анализов на рис. 1.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках Госзадания ГИ КНЦ РАН при поддержке программы президиума РАН № 19 «Фундаментальные проблемы геолого-геофизического изучения литосферных процессов».

Литература

1. Глуховский М. З., Кузьмин М.И. Котуйканская кольцевая структура: возможное свидетельство масштабного импактного события на севере Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 1. С 3-26.
2. Каулина Т.В., Нерович Л.И., Бочаров В.Н., Лялина Л.М., Ильченко В.Л., Кунаккузин Е.Л., Касаткин И.А. Рамановская спектроскопия импактного циркона из расслоенного массива Ярва-варака (Мончегорский рудный район, Кольский полуостров) // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 1/1. С. 72-82. DOI:10.21443/1560-9278-2017-20-1/1-72-82.
3. Нерович Л.И., Баянова Т.Б., Кунаккузин Е.Л., Базай А.В., Некипелов Д.А. Новые результаты геолого-петрографического и геохимического изучения расслоенного массива Ярва-варака, Мончегорский рудный район // Тр. Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2015. Т. 12. С. 141-146.
4. Налдретт А. Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 487 с.
5. Смолькин В.Ф., Федотов Ж.А., Нерадовский Ю.Н., Баянова Т.Б., Борисова В.В., Глазнев В.Н. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. 177 с.
6. Glikson A.Y. and Vickers J. Asteroid impact connections of crustal evolution // Australian Journal of Earth Sciences. 2010. V. 57. P. 79-95.
7. Grieve R. A. F. An impact model for the Sudbury structure // Proceedings of the Sudbury-Noril'sk Symposium: Ontario Geological Survey Special Volume. 1994. V. 5. P. 119-132.
8. Gucsik A., Koeberl C., Brandstätter F., Reimold W.U., Libowitzky E. Cathodoluminescence, electron microscopy, and Raman spectroscopy of experimentally shock-metamorphosed zircon // Earth and Planetary Science Letters. 2002. V. 202. P. 495-509.
9. Gucsik A., Zhang M., Koeberl C., Salje E.K.H., Redfern S.A.T., Pruneda J.M. Infrared and Raman spectra of ZrSiO₄ experimentally shocked at high pressures // Mineral. Mag. 2004. V. 68. P. 801-811.