

Расплавные включения в хромитах кумулатов коматиитовых базальтов Ветреного Пояса (ЮВ Фенноскандия)

Куликов В.С.¹, Куликова В.В.¹, Бычкова Я.В.²

¹ *Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия, vkulikova@onego.ru*

² *МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, yanab66@yandex.ru*

Primary inclusions in chromites from the komatiitic basalts cumulate on Vetreny Poyas, SE Fennoscandia

Kulikov V.S.¹, Kulikova V.V.¹, Bychkova Y.V.²

¹ *Institute of geology Karelian research centre RAS, Petrozavodsk, Russia, vkulikova@onego.ru*

² *Moscow State University, Moscow, Russia, yanab66@yandex.ru*

Summary. In the central Vetreny Poyas, SE Fennoscandian shield, an areally extensive 110 m deep lava lake is exposed consisting of remarkably fresh differentiated komatiitic basalt. Age of rocks-(Sm-Nd isochrone) is 2410±34 Ma for whole rock samples, olivine, augite and pigeonite separates. For the first time authors have found primary inclusions in chromites from cumulate zone (Puchtel et al., 1996). They were research in Institute of geology Karelian research centre RAS. Primary inclusions in chromites consist more of Mg, Fe, Ca and less in Al, Si, and Na than matrix rocks from cumulate zone of lava lake. They composition correlated with breccia komatiitic basalt of top lava lake. New date shows that primary high - magnesian magma of volcanic rocks of Vetreny Poas is low-magnesian basaltic part of komatiitic series. It is not boninitic rocks as was published by E. Sharkov (2004).

Введение. Коматииты и коматиитовые базальты кряжа Ветреный пояс с возрастом 2.4–2.5 млрд. лет представляют собой прекрасный объект для глубокого исследования вещественного состава первичных расплавов и решения ряда петрологических вопросов, в частности, условий формирования и эволюции высокомагнезиальных магм в раннем докембрии. Авторы последовательно по мере появления новых технологий накапливают данные по петрологии коматиитового магматизма на базе пород лавового озера Виктория

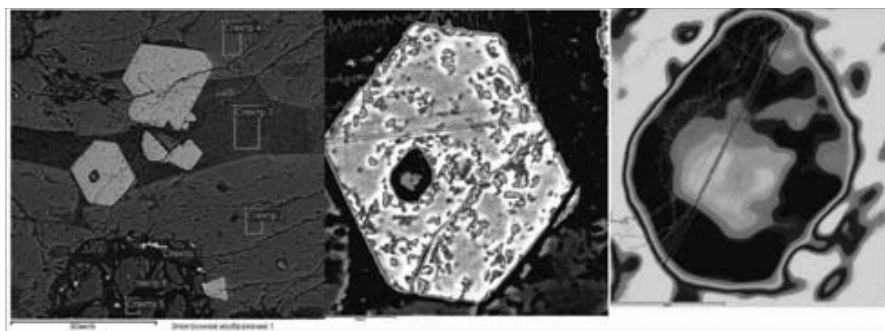


Рис. 1. Расплавное включение – 1.

Fig. 1. Melt inclusion – 1.

(Puchtel et al., 1996). В настоящее время нами на микроанализаторе «INCA Energy 350» на базе сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LSH» в ИГ Карельского НЦ РАН были впервые обнаружены в кумулятивной зоне данного лавового озера расплавные включения в оливинах и хромитах,

последние из которых и стали предметом настоящего исследования.

Общая характеристика. Дифференцированное лавовое озеро Виктория мощностью 110 м расположено в подножье г. Большая Левгора на южном склоне кряжа Ветреный Пояс. В процессе многолетних исследований выделены следующие зоны (снизу вверх): нижняя закалочная, кумулятивная (оливин, хромит, авгит и др.), надкумулятивная (авгит, лабрадор), спинифексная (чередующиеся оливиновые и пироксеновые спинифексы) и верхняя (брекчированная). Породы кумулятивной зоны имеют порфириковую структуру,

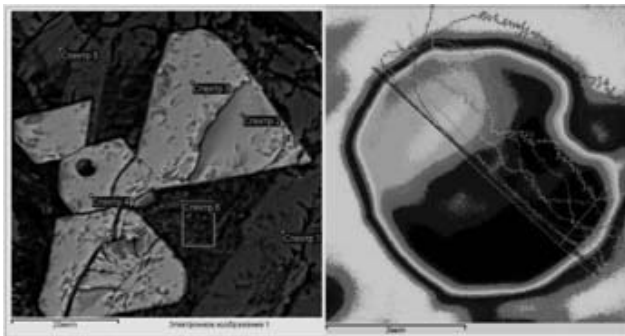


Рис. 2. Расплавное включение – 2.
Fig. 1. Melt inclusion – 2.

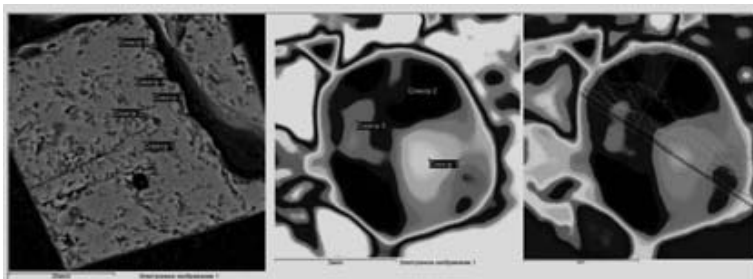


Рис. 3. Расплавное включение – 3
Fig. 1. Melt inclusion – 3.

при этом в различной степени измененное стекло составляет до 30 – 35%. Главные минералы: оливин, клинопироксен, хромит. Кристаллы оливина размером более 100 мкм (0.9 – 2 мм) изометричные (иногда ромбические), идиоморфные по отношению к остальным (рис. 1, 2). Отмечается концентрическая зональность за счет параллельных относительно края зерна трещин, подчеркивающих уменьшение содержания магния и нарастание железа. Игольчатый, длиннопризматический клинопироксен имеет гипидиоморфную позицию относительно оливина. Размер зерен меняется от 0.8 до 2 мм. Хромиты изометричны, хорошо огранены (кубооктаэдры) размером 0.03 – 0.1 мм (0.5 мм). Распределение неравномерное, иногда в виде скоплений и цепочек или в виде мелких зерен в расплавных включениях внутри зерен оливина (рис. 1, 3). Составы минералов приведены в табл. 1-4.

Таблица 1 Составы минералов (к рис. 1). Table 1. Composition of minerals (fig.1)

Компонент	Спектр 1		Спектр 2		Спектр 3		Спектр 4		Спектр 5		Спектр 6	
	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %
Na ₂ O					3.18	2.21	0.38	0.27				
MgO	1.50	1.29	15.71	8.54	7.52	4.02	8.26	15.15	44.80	22.85	43.53	23.29
Al ₂ O ₃			5.77	2.48	18.35	7.75	2.32	5.38				
SiO ₂	2.64	1.52	52.35	19.09	52.78	18.92	19.02	52.01	50.02	17.11	40.92	14.69
K ₂ O					0.43	0.20						
CaO	0.41	0.25	19.73	7.71	3.22	8.39	7.95	20.28			0.23	0.09
TiO ₂			0.60	0.16	0.18	0.67	0.22	0.81				
MnO											0.30	0.09
Cr ₂ O ₃	1.58	0.72										
FeO	93.87	45.27	5.84	1.78	2.60	8.68	1.83	5.99	5.18	1.48	15.02	4.51
	магнетит		клинопироксен		Стекло (?)		клинопироксен		серпентин		оливин	

Результаты исследования. В данном сообщении приводятся результаты измерений только трех участков шлифа, где зафиксированы расплавные включения с разным внутренним строением (рис. 1– 3) в зернах хромитов одинаковой октаэдрической формы (до 40 мкм) с высокой хромистостью $Cr/(Cr+Al)=0.692$, $Mg/(Mg+Fe)=0.145$ (табл.1-4). На рис. 1 расплавное включение размером около 3 мкм имеет зональное строение. Отчетливо видна каемка, которая отделяет расплав от вмещающего минерала, а центральная часть характеризуется индивидуальным «концентрическим» строением. На рис. 2 и 3 форма включения остается постоянной, но внутреннее строение отличается «горизонтальной» зональностью. В других случаях установлено более сложное внутреннее строение. Центральная часть включений обогащена магнием, кальцием, кремнием и алюминием, но обеднена железом, хромом и марганцем по сравнению с краевой (табл. 2, 3, 5). Неоднородность строения включений и высокое содержание в их краевых частях Cr₂O₃ (до 20%) создают значительные трудности для оценки составов первичных расплавов, из

Таблица 2. Суммарные спектры составов хромита и включения (рис. 1). Table 2. Composition of chromite and inclusion (fig.1)

	хромит			включение		
	Соед.%	Атом.%	Вес.%	Соед.%	Атом.%	Вес.%
Na ₂ O				1.66	1.19	1.23
MgO	3.62	2.62	2.18	11.94	6.60	7.20
Al ₂ O ₃	14.38	8.24	7.61	12.13	5.30	6.42
SiO ₂	0.28	0.14	0.13	45.14	16.74	21.10
P ₂ O ₅				0.36	0.11	0.16
K ₂ O				0.14	0.07	0.12
CaO	0.12	0.06	0.09	11.41	4.53	8.15
TiO ₂	0.42	0.15	0.25	0.99	0.28	0.60
V ₂ O ₅	0.34	0.11	0.19			
Cr ₂ O ₃	48.12	18.49	32.93	6.81	2.00	4.66
MnO	0.53	0.22	0.41	0.26	0.08	0.20
FeO	31.84	12.94	24.75	8.10	2.51	6.30
NiO	0.18	0.07	0.14	0.43	0.13	0.34
ZnO	0.16	0.06	0.13			
SO ₃				0.62	0.17	0.25

которых начинал кристаллизоваться хромит. При пересчете суммарного спектра на бесхромовый вариант были получены составы, в среднем, соответствующие низкомагнетитовым базальтам - НКБ (вес.%): SiO₂ – 48.22 – 50.32; TiO₂ – 0.61 – 1.06; Al₂O₃ – 13.01 – 16.15; MnO – 0.18 – 0.28; FeO – 8.69 – 13.96; MgO – 8.64 – 12.82; CaO – 7.61 – 13.09; Na₂O – 1.78 – 1.95; K₂O – 0.15 – 0.35. Сравнение результатов пересчетов с заме-

ренными составами основной массы (стеклом - ?) кумулята (см. табл. 1, 3) показывает во включениях более широкий спектр элементов (никель, марганец, фосфор и др.) в сумме до 1.6% и свидетельствует о примитивном составе остаточного стекла после кристаллизации хромитов, оливина и пироксена.

Таблица 3 Составы минералов и суммарный спектр включения-2. Tabl. 3. Composition of minerals and inclusion (fig. 2)

Компонент	Спектр 1		Спектр 2		Спектр 3		Спектр 4		Спектр 5		Спектр 6		включение	
	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %	Соед. %	Ат. %
Na ₂ O									0.46	0.33	3.50	2.39	1.76	1.29
MgO	13.48	7.41	3.21	2.33	3.12	2.27	2.35	1.72	13.80	7.63	9.28	4.88	8.50	4.77
Al ₂ O ₃	8.78	3.82			14.50	8.34	13.73	7.97	9.10	3.97	17.60	7.32	14.06	6.25
SiO ₂	49.36	18.20							48.94	18.14	55.11	19.46	43.60	16.44
K ₂ O											0.19	0.09	0.31	0.15
CaO	18.94	7.48							14.27	5.67	7.50	2.84	11.84	4.78
TiO ₂	1.16	0.32	0.70	0.26	0.37	0.14	0.45	0.17	1.08	0.30	0.68	0.18	0.62	0.17
V ₂ O ₅							0.52	0.17						
MnO			0.67	0.28					0.39	0.12			0.17	0.05
Cr ₂ O ₃			48.64	18.76	49.01	18.91	48.01	18.70					9.58	2.85
FeO	8.28	2.55	32.39	13.21	33.00	13.46	34.28	14.12	11.96	3.71	6.14	1.81	9.58	3.02
	Клинопироксен		Хромит		Хромит		Хромит		Клинопироксен		Стекло (?)		НКБ	

Таблица 4 Составы отдельных точек хромита (к рис. 3). Table 4. Composition of chromite (fig.3)

Ком-понент	Спектр 1		Спектр 2		Спектр 3		Спектр 4		Спектр 5	
	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %
Na ₂ O					0.48	0.45				
MgO	3.29	2.39	3.07	2.24	3.15	2.28	3.07	2.24	2.85	2.08
Al ₂ O ₃	14.84	8.51	14.22	8.19	14.64	8.39	14.19	8.18	14.76	8.50
TiO ₂	0.37	0.14	0.51	0.19	0.52	0.19	0.45	0.17	0.51	0.19
MnO	0.65	0.27	0.82	0.34			0.88	0.37	1.07	0.44
Cr ₂ O ₃	48.57	18.69	49.10	18.97	48.88	18.78	49.10	18.98	48.02	18.55
FeO	32.28	13.14	32.27	13.19	32.34	13.14	32.29	13.20	32.79	13.40

Таблица 5 Составы отдельных фаз и суммарный спектр расплавленного включения – 3

Table 5. Composition of inclusion (fig.3)

Ком-понент	Спектр 1		Спектр 2		Спектр 3		суммарный	
	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %	Соед. %	Атом. %
Na ₂ O	1.13	0.81	3.49	2.61	2.44	1.78	1.50	1.12
MgO	9.56	5.24	2.36	1.36	5.44	3.05	7.08	4.07
Al ₂ O ₃	12.53	5.43	16.99	7.73	17.66	7.83	13.27	6.04
SiO ₂	49.86	18.35	41.08	15.85	44.05	16.58	41.34	15.96
K ₂ O	0.53	0.25	0.49	0.24	0.18	0.09	0.29	0.14
CaO	12.57	4.96	4.67		4.47	1.80	6.25	2.59
TiO ₂	0.71	0.20	1.93		0.38	0.11	0.50	0.14
V ₂ O ₅							0.13	0.03
MnO							0.30	0.10
Cr ₂ O ₃	6.61	1.92	19.89	6.07	16.33	4.86	17.85	5.45
FeO	6.50	2.00	11.03	3.56	9.04	2.85	11.47	3.70
Yb ₂ O ₃							0.01	0.07
	НКБ		(?)		(?)		НКБ	

Выводы.

Установлено, что материнские расплавы на основании полученных измерений и пересчетов результатов на бесхромовый вариант близки верхней верхней брекчированной зоне лавового озера (Puchtel et al., 1996) и соответствует низкомагнезиальным коматиитовым базальтам.

Состав расплавных включений существенно отличается от составов пород предполагаемой здесь (Шарков и др., 2004) бонинитовой серии: SiO₂ (более 53%) и TiO₂ (меньше 0.5%).

Литература:

- Шарков Е.В., Трубкин Н.В., Красивская И.С. и др. Особенности строения и состава древнейшего вулканического стекла в бонинитоподобных лавах раннего палеопротерозоя Южной Карелии // Петрология. 2004. Т.12. № 3. С.264-280.
- Puchtel I.S., Hofmann A.W., Mezger K., A.A. Shchipansky, Kulikov V.S., Kulikova V.V. Petrology of 2.41 Ga remarkably fresh komatiitic basalt lava in Lion Hills, central Vetryny Belt, Baltic Shield.//Contrib. Mineral. 1996. 124: С. 273-290.