

химического и минерального состава пород и полученные температурные данные не оставляют сомнения в том, что паралавы возникли в результате локального проплавления мелилитовых роговиков под воздействием сфокусированных горящих газовых струй. Они являются индикаторами фокусов горения газовых факелов древних грязевулканических провинций.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	26.03	26.74	41.81	51.19	37.24	3.98	26.53	26.08
TiO ₂	12.18	0.51	0.08	0.01	0.11	0.00	0.03	0.00
Cr ₂ O ₃	1.13	0.58	0.00	–	–	–	–	–
Al ₂ O ₃	2.48	21.83	0.00	0.11	28.44	0.05	0.03	0.07
FeO	0.22	0.33	0.07	0.10	–	0.14	0.14	0.32
Fe ₂ O ₃ *	25.02	9.02	–	–	5.18	–	–	–
MgO	0.12	2.32	0.08	0.00	0.03	0.00	0.08	0.15
CaO	32.43	38.14	57.70	47.61	0.12	53.87	58.07	56.04
Na ₂ O	0.02	0.84	0.08	0.03	0.51	0.00	1.75	1.26
K ₂ O	–	0.25	0.03	0.00	28.61	0.02	2.76	5.06
P ₂ O ₅	–	0.02	0.00	0.04	0.00	35.31	10.26	10.28
SO ₃	–	–	–	0.01	0.00	1.77	–	–
F	–	–	–	–	–	3.12	–	–
O-(F,Cl) ₂	–	–	–	–	–	1.31	–	–
Сумма	99.64	99.68	99.91	99.19	99.77	96.94	99.65	99.26

Note. *Iron is divided on FeO and Fe₂O₃ according to stoichiometry. 1 – schorlomite; 2 – melilite; 3 – rankinite; 4 – pseudowollastonite; 5 – kalsilite; 6 – fluorapatite; 7 – nagelschmidite in schorlomite; 8 – nagelschmidite in melilite. MnO and Cl are below detection limits.

Работа выполнена при поддержке гранта президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ – «Сибирская метаморфическая школа» (НШ-4922.2006.5), РФФИ (№ 05-05-65036) и Интеграционного проекта СО РАН (№ 105).

[1] A. Burg, A. Starinsky, Y. Bartov, Y. Kolodny // Israel J. Earth Sci, v. 40, 1991, p, 107-124.

[2] S. Gross. The mineralogy of the Hatrurim Formation, Israel // Geol. Surv. Israel, Bulletin, № 70, 1977, 80 p.

[3] Э.В. Сокол, И.С. Новиков, Е. Вапник и др. // Доклады РАН, т.413, №6, 2007, с. 1-7.

[4] Ye. Vapnik, V.V. Sharygin, E.V. Sokol et al. // In Geology of coal fires: Case studies from around the world. Bolder, Colorado: Geol. Soc. Amer, 2007 (in press).

[5] V.V. Sharygin, Ye. Vapnik, E.V. Sokol et al. / Abstracts of ACROFI I, Nanjing, China, 2006, p. 189-192.

RMS DPI 2007-1-124-0

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СРЕДЫ АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ:
ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОВОКЛЮЧЕНИЙ
В ПРИРОДНЫХ АЛМАЗАХ
THE COMPOSITIONAL FEATURES OF DIAMOND GROWTH
MEDIUM: FROM STUDY OF MICROINCLUSIONS
IN NATURAL DIAMONDS

Зедгенизов Д.А., Рагозин А.Л., Шацкий В.С.

Zedgenizov D.A., Ragozin A.L., Shatsky V.S.

Novosibirsk, Institute of Geology and Mineralogy, zed@uiggm.nsc.ru

Micro-inclusions in the studied diamonds represent a bulk sample of the fluids from which the diamonds crystallized. The bulk compositions of micro-inclusions have been studied in cuboid diamonds from the Udachnaya and Internatsionalnaya kimberlite pipes (Yakutia). They define a continuous carbonatitic to saline range and carbonatitic to hydrous-silicic range consequently. In general the major- and trace-element patterns of the trapped fluids in studied diamonds are similar to those of kimberlites and carbonatites. The observed geochemical features are consistent with a genetic link between the diamond-forming fluids and ephemeral carbonatitic fluids/melts which may be precursors of the host kimberlite. These fluids/melts may originate either from the metasomatic and influx of carbonatitic agents or from partial melting of previously carbonated eclogites and peridotites. Some elemental variations may be explained by fractional crystallization of such fluid/melts, or mixing between fluids with different compositions.

В настоящее время общепризнано, что флюиды определяют перенос летучих компонентов и редких элементов между мантией, корой и атмосферой. Они также влияют на стабильность многих фаз в мантии и инициируют плавление. К сожалению, мантийные флюиды редко сохраняются в образцах, достигших поверхности Земли с глубин свыше 100 км. Однако, исследование флюидов, идеально сохранившихся в виде микровключений (менее 1 мкм) в алмазах, дает уникальную возможность для реконструкции состава среды и условий образования алмазов из разных регионов мира и их сравнения [1,2]. Для характеристики особенностей состава мантийных флюидов нами проведено изучение микровключений минералообразующей среды в алмазах кубического габитуса из кимберлитовых трубок Удачная и Интернациональная, расположенных в разных районах Якутской алмазоносной провинции.

Комплексное спектроскопическое исследование минеральных и флюидных включений в алмазах из двух месторождений позволило определить многофазные ассоциации, в которых были зафиксированы следующие фазы: Cal-Dol, Ol, Ap, Gr, Qtz, Rt, CO₂, H₂O и неопределенные

силикатные фазы [3]. Многие фазы во включениях сохраняют высокое остаточное давление, что определенно свидетельствует об их захвате в процессе роста алмаза в области его термодинамической стабильности. Отмечено, что алмазы из разных месторождений различаются по фазовому составу и соотношению основных компонентов (вода, карбонат, силикаты).

Особенности химического состава микровключений в алмазах были изучены с использованием методов спектрометрии индуктивно связанной плазмы с лазерной абляцией и энергодисперсионной спектрометрии. По распределению главных и редких элементов микровключения в целом схожи с материнским кимберлитом и магнезиокарбонатами и по составу располагаются между ними. Между тем для алмазов из трубки Удачная отмечены важные отличия по сравнению с кимберлитами: (1) микровключения в значительной степени обогащены К и в меньшей степени Na и Fe, и обеднены Si и Al; (2) микровключения также имеют более крутой наклон распределения РЗЭ; (3) многие алмазы характеризуются обеднением микровключений по Ti, Zr и Y.

По соотношению главных элементов для алмазов из разных трубок были выявлены некоторые различия. Установлено, что большинство алмазов из трубки Удачная имеет состав микровключений, варьирующий от обогащенного карбонатами (Ca, Mg, Fe, CO₃) до обогащенного хлоридами (K, Na, Cl). В то же время состав микровключений в значительной части алмазов из трубки Интернациональная варьирует от карбонатного до силикатного (Si, Al). Для обогащенных силикатами микровключений также характерно обогащение водными компонентами (H₂O, OH⁻). Кроме того, микровключения в алмазах из трубки Удачная представляют непрерывный ряд от магнезиальных до кальциевых составов Ca/(Ca+Mg) при относительно постоянном соотношении Mg/(Mg+Fe). Микровключения в алмазах из трубки Интернациональная напротив имеют значительные вариации по соотношению Mg/(Mg+Fe) при небольших колебаниях значений Ca/(Ca+Mg).

Изотопные характеристики алмазов ($\delta^{13}\text{C}$ VPDB) с микровключениями имеют близкий диапазон значений от -2 до -6 ‰ для трубки Удачная и от -4 до -7 ‰ для трубки Интернациональная. Среднее значение изотопного состава углерода изученных алмазов близко соответствует среднему значению, определенному для верхней мантии Земли (-5 ‰) [4].

Образование выделенных ассоциаций в каждом месторождении, вероятно, обусловлено эволюцией глубинного расплава, насыщенного летучими компонентами. Установлено, что по составу такой расплав для алмазов из трубки Удачная образует хлоридно-карбонатный тренд,

а для алмазов из трубки Интернациональная карбонатно-силикатный тренд. Значительное перекрытие в области составов, обогащенных карбонатами, является показателем, что именно карбонатные расплавы являются эффективной средой алмазообразования в глубинных зонах континентальной литосферы. Отмеченные геохимические особенности микровключений в изученных алмазах подтверждают их генетическую связь с эфемерным ультракалиевым карбонатитовым флюидом/расплавом. Сходство изотопных характеристик алмазов из двух месторождений свидетельствует об их кристаллизации из изотопно-подобного мантийного резервуара углерода. Такой флюид или расплав мог образоваться как за счет метасоматоза мантии при внедрении водно-карбонатных компонентов, так и за счет частичного плавления ранее карбонатизированных эклогитов и перидотитов. Вариации состава микровключений в алмазах могут быть обусловлены фракционированием компонентов в процессе кристаллизации или смешением флюидов или расплавов разного состава.

Работа выполнена при поддержке Сибирского отделения РАН (молодежный грант №137) и фонда президента РФ (грант МК-1613.2007.5).

[1] O. Navon, I.D. Hutcheon, G.R. Rossman, G.J. Wasserburg. Mantle-derived fluids in diamond micro-inclusions // *Nature*, 335. 1988. p.784-789.

[2] O. Navon, E.S. Izraeli, O. Klein-BenDavid. Fluid inclusions in diamonds - the Carbonatitic connection / 8th international kimberlite conference, Extended abstracts, FLA_0107. 2003.

[3] D.A. Zedgenizov, H.K. Kagi, V.S. Shatsky, N.V. Sobolev. Carbonatitic melts in cuboid diamonds from Udachnaya kimberlite pipe (Yakutia): evidence from vibrational spectroscopy // *Mineralogical Magazine*, 68. 2004. p.61-73.

[4] E.M. Galimov. Isotope fractionation related to kimberlite magmatism and diamond formation // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55. 1991. p.1697-1708.