

Экспериментальное моделирование сингенезиса алмаза и минералов перидотитового и эклогитового парагенезисов

Н. Е. Покровская, Ю. А. Литвин

Московский государственный университет им М.В.Ломоносова, геологический факультет, Москва
Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка
nataliya@list.ru, факс: 8 (496) 524 9687, тел.: 8 (496) 522 5876

Ключевые слова: алмаз, материнские среды, парагенетические включения, эксперимент, эклогитизация минералов перидотита.

Ссылка: Покровская Н.Е., Ю. А. Литвин (2011), Экспериментальное моделирование сингенезиса алмаза и минералов перидотитового и эклогитового парагенезисов, *Вестник ОНЗ РАН*, 3, NZ6079, doi:10.2205/2011NZ000209.

Аннотация. Начато исследование физико-химических условий сингенезиса алмаза и минеральных фаз перидотитового и эклогитового парагенезисов в карбонатитовых материнских средах с изменчивыми составами при 8 ГПа и 1200–1800°C. Экспериментальные определения свидетельствуют, что составы материнских сред алмаза и включений принадлежат к фазовому полю «граничный карбонатит–перидотит₃₀карбонатит₇₀–эклогит₃₅карбонатит₆₅». Установлено, что в областях полного и частичного плавления составов, богатых перидотитовой составляющей, развиваются процессы карбонатизации оливина, а также его гранатизации в реакции с жадеитовым компонентом. В результате этих процессов поле устойчивости минералов перидотитового парагенезиса сокращается, а эклогитового – расширяется.

Введение. Единственным достоверным источником сведений о химическом составе материнских сред для природных алмазов и захваченных ими при росте фаз является аналитическая минералогия первичных («сингенетических») включений. Вместе с тем физико-химический эксперимент позволяет получить объективную информацию о генетических связях алмаза и включенных фаз, если исследуются алмазообразующие системы, в граничных составах которых учтены данные минералогии включений. В результате обобщения минералогических и экспериментальных данных такого рода разработана мантийно-карбонатитовая теория генезиса алмаза [Litvin, 2007, 2009], в соответствии с которой природная материнская среда в основе является многокомпонентным полностью смесимым карбонатно-силикатным расплавом с растворенным элементарным углеродом (в рамках системы перидотит–эклогит–граничный карбонатит–алмаз). Пределы составов алмазообразующих расплавов экспериментально определены по концентрационным барьерам нуклеации алмаза (КБНА) и соответствуют значениям (масс. %): перидотит₃₀карбонатит₇₀ и эклогит₃₅карбонатит₆₅ [Бобров, Литвин, 2009]. Построена обобщенная диаграмма составов материнских сред [Литвин, 2010; Литвин и др., 2011], которая определяет границы фазового поля материнских сред алмаза и включений. При этом выясняется, что составы природных алмазообразующих сред принадлежат к карбонатитовому классификационному интервалу. В данной работе начато экспериментальное изучение физико-химических условий сингенезиса алмаза и минеральных фаз перидотитового и эклогитового парагенезисов в карбонатитовых материнских средах при 8 ГПа и 1200–1800°C.

Экспериментальные исследования образования алмаза и парагенных фаз. Из диаграммы фазового поля материнских сред (рис. 1) следует, что их составы предельно изменчивы как по содержаниям силикатных компонентов перидотит-пироксенитового и эклогит-гроспидитового парагенезисов, так и по показателям силикатно-карбонатных отношений. Рассчитан средневзвешенный состав материнской среды для ее концентрационного треугольника «перидотит₃₀карбонатит₇₀ - эклогит₃₅карбонатит₆₅ - граничный карбонатит» (состав 10 на рис. 1 и в табл. 1). Экспериментальное изучение сингенезиса алмаза и включений начато в сечении (масс. %) граничный карбонатит–(перидотит₃₀карбонатит₇₀)₅₀(эклогит₃₅карбонатит₆₅)₅₀, которое формально делит треугольник составов материнских сред на две части – перидотитовую и эклогитовую. Стартовые экспериментальные составы №№ 9, 10 и 4 приведены в таблице 1 вместе с граничными составами, использованными при их вычислении.

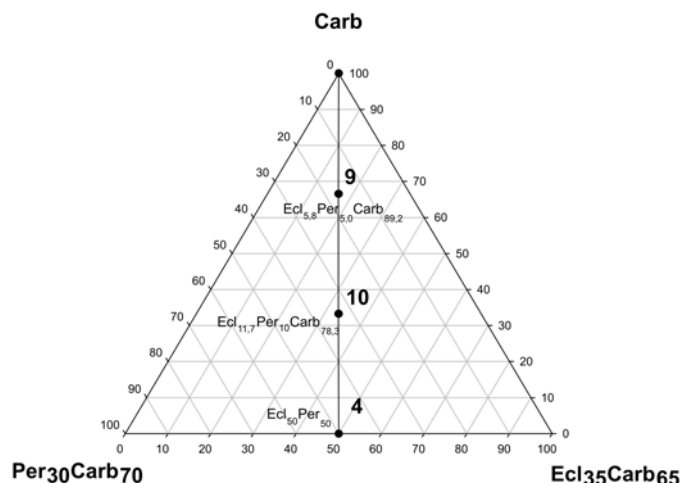


Рис. 1.

Таблица 1. Граничные составы обобщенной диаграммы составов материнской среды, ее фазового поля, а также стартовых веществ, использованных в экспериментах при 8.0 ГПа

Составы	Оксиды (масс. %)							
	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CO ₂
Граничный Per		0.52	37.12	11.35	2.49	3.48	45.04	
Граничный Ecl		3.71	8.51	15.24	9.04	15.76	47.74	
Граничный Carb	18.55	1.69	8.30	15.89	15.08			40.49
КБНА Per ₃₀ Carb ₇₀	12.99	1.34	16.95	14.53	11.31	1.04	13.50	28.34
КБНА Ecl ₃₅ Carb ₆₅	12.08	2.40	8.38	15.65	12.95	5.52	16.70	26.30
№ 9	16.55	1.72	9.99	15.59	14.05	0.99	5.01	36.10
№ 10	13.30	1.80	12.80	14.80	12.40	1.90	14.43	28.00
№ 4	12.54	1.87	12.67	15.09	12.13	3.28	15.10	27.32

Примечания к табл. 1. Условные обозначения: Per – перидотит, Ecl – эклогит, Carb – карбонатит; КБНА – концентрационный барьер нуклеации алмаза; экспериментальные составы, выраженные через граничные составляющие (масс. %): № 9 – Ecl_{5.8}Per_{5.0}Carb_{89.2}, №10 – Ecl_{11.7}Per_{10.0}Carb_{78.3}, № 4 – Ecl_{17.5}Per_{15.0}Carb_{67.5}

Экспериментальные исследования выполнены в тороидном аппарате наковальня с лункой, детали методики охарактеризованы в работе [Литвин и др., 2008]. Результаты микрозондовых анализов экспериментальных фаз, – расплавов, образующихся при температурах 1600–2000 °С, силикатных минералов (граната и клинопироксена) и карбонатного минерала (Mg–Fe-карбоната) при температурах 1400–1600°С, даны в табл. 2. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в изучаемом сечении граничный карбонатит–(перидотит₃₀карбонатит₇₀)₅₀(эклогит₃₅карбонатит₆₅)₅₀формируются исключительно фазы эклогитового парагенезиса, тогда как фазы перидотитового парагенезиса не представлены. При этом важно подчеркнуть, что отсутствуют характеристические минералы перидотитов – оливин и ортопироксен, что свидетельствует об их реакционном взаимодействии с другими компонентами исследуемой системы. Другими словами, наблюдается реакционная «эклогитизация» перидотита. В качестве важных факторов при этом выступают реакции карбонатизации магниезиальных минералов перидотита, установленные в экспериментах при более низких давлениях [Wyllie, Huang, 1976], а также реакция компонентов оливина и жадеита, в результате которой происходит гранатизация оливина [Gasparik, Litvin, 1997].

Массовая кристаллизация алмаза в расплаве, пересыщенном растворенным элементарным углеродом, в образце № 10 со средневзвешенным составом - на рис. 2 (оп. 2429, 2000°С). На рис. 3 (оп. 2450, состав № 9, 1400°С) – эклогитовая ассоциация Crx + Grt с Mg-Fe-карбонатом; Ol и Орх не обнаруживаются. На рис. 4 (оп.2270, модельная система Fo-Di-Jd-Dol, 1200°С) процесс гранатизации оливинового компонента: в образце после опыта присутствуют Grt и Crx, тогда как форстерит (главный компонент оливина) не обнаруживается.

Таблица 2. Представительные составы фаз, полученных в экспериментах при 8 ГПа

Обр.	T, °C	Фазы	Оксиды (масс. %)							
			K ₂ O	Na ₂ O	MgO	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CO ₂
№ 9	1600	L	6.6–16.1	1.3–2.1	2.6–3.9	4.0–4.8	5.1–6.5	0.3–0.4	1.6–2.2	45.0–50.0
	1400	Carb	0.12	0.02	24.77	23.01	3.52		0.21	48.35
		Cpx	0.79	1.85	9.98	14.19	18.78	1.94	52.47	
		Grt		0.25	5.61	25.56	15.57	11.90	40.93	
№ 10	2000	L	4.8–8.5	0.7–1.4	2.3–3.9	3.5–4.0	3.1–4.1	1.0–3.0	4.0–6.0	30.0–50.0
	1400	Cpx	1.45	2.31	13.41	10.47	15.49	3.05	53.82	
		Grt		0.11	10.18	19.52	7.22	21.61	41.36	
№ 4	1800	L	5.0–5.5	0.7–3.5	1.7–5.8	10.6–13.9	6.5–10.9	1.5–3.7	12.4–18.9	40.5–53.0
	1600	Carb	0.65	0.18	17.89	23.86	7.01	0.09	0.49	49.83
		Cpx	0.56	2.50	9.88	14.91	15.76	2.87	53.52	
		Grt		0.26	5.85	24.16	12.95	17.98	38.80	
	1400	Cpx	1.06	2.84	11.70	10.04	17.92	3.72	52.72	
		Grt		0.11	10.00	22.60	8.06	19.11	40.12	

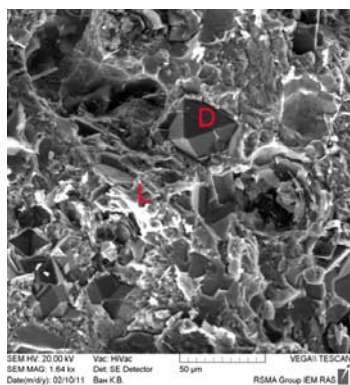


Рис. 2.

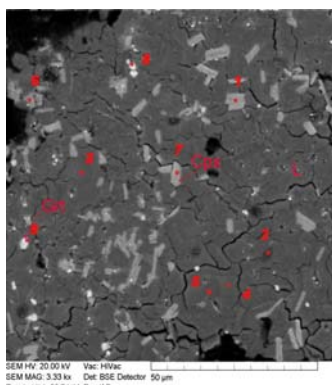


Рис. 3.

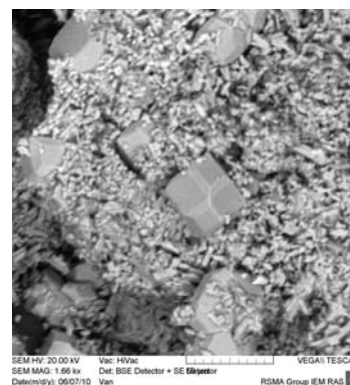


Рис. 4.

Закключение. Экспериментальное моделирование сингенезиса алмаза и включений в материнской карбонатно-силикатной среде, содержащей минералы перидотитов и эклогитов, раскрывает физико-химические условия сингенетической кристаллизации алмаза и минералов эклогитового (Cpx, Grt) парагенезиса. При этом формирование характеристических минералов перидотитового парагенезиса подавляется процессами карбонатизации и гранатизации оливина и ортопироксена.

Данное исследование поддержано грантами РФФИ 11-05-0040 и, НШ-3564.2011.5.

Литература

Бобров, А. В., Ю. А. Литвин (2009), Перидотит-эклогит-карбонатитовые системы при 7.0–8.5 ГПа: концентрационный барьер нуклеации алмаза и сингенезис его силикатных и карбонатных включений, *Геология и геофизика, том. 50, № 12*, сс. 1571–1587.

Литвин, Ю. А. (2009), Экспериментальные исследования физико-химических условий образования алмаза в мантийном веществе, *Геология и геофизика, том 50, № 12*, сс. 1530–1546.

Литвин, Ю. А. (2010), Физико-химические условия образования природного алмаза и гетерогенного вещества первичных включений в нем, *XI съезд РМО «Современная минералогия: от теории к практике» и Федоровская сессия 2010, Санкт-Петербург, 12-15 октября 2010 г.*, сс. 77–78.

Литвин, Ю. А., П. Г. Васильев, А. В. Бобров, В. Ю. Окоемова, А. В. Кузюра (2011), Материнские среды алмазов и первичных включений по данным физико-химического эксперимента, *Вестник ОНЗ РАН* (в настоящем выпуске).

Литвин, Ю. А., В. Ю. Литвин, А. А. Кадик (2008), Особенности кристаллизации алмазов расплавах мантийных силикат-карбонат-углеродных систем по данным экспериментов при 7.0–8.5 ГПа, *Геохимия, №6*, сс. 579–602.

Gasparik, T., Yu. A. Litvin (1997), Stability of $\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ and melting relations on the forsterite-jadeite join at pressures up to 22 GPa, *European Journal of Mineralogy*, Vol. 9, pp. 311–326.

Litvin, Yu. A. (2007), High-pressure mineralogy of diamond genesis, *Advances in High-Pressure Mineralogy* (Ohtani E., ed.): *Geological Society of America Special Paper 421*, pp. 83–103, doi: 10.1130/2007.2421(06).

Wyllie, P. J., W.-L. Huang (1976), Carbonation and melting reactions in the system $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-CO}_2$ at mantle pressures with geophysical and petrological applications, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol. 54, pp. 79–107.