

Материнские среды алмазов и первичных включений по данным физико-химического эксперимента

Ю. А. Литвин¹, П. Г. Васильев², А. В. Бобров², В. Ю. Окоемова², А. В. Кузюра¹

¹Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка

²Московский государственный университет им М.В.Ломоносова, геологический факультет, Москва
litvin@iem.ac.ru, факс: 8 (496) 524 9687, тел.: 8 (496) 522 5876

Ключевые слова: алмаз, диаграмма материнской среды, первичные включения, эксперимент, диаграмма сингенезиса, классификация включений

Ссылка: 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*, 3, NZ6066, doi:10.2205/2011NZ000196.

Аннотация. Дана краткая характеристика мантийно-карбонатитовой концепции генезиса алмаза [Litvin, 2007; Литвин, 2009]. Впервые разработана обобщенная диаграмма составов многокомпонентной гетерогенной материнской среды для алмаза и первичных включений в нем. Граничные составы диаграммы материнской среды представлены компонентами перидотитового и эклогитового парагенезисов, мантийных карбонатитов и С–О–Н флюидов, акцессорных фаз как растворимых в карбонатно-силикатных расплавах, так и не растворимых в них, а также углеродом. Исследованы фазовые отношения при 7 ГПа многокомпонентной системы эклогит–карбонатит–сульфид–алмаза. Построена «диаграмма сингенезиса» алмаза, парагенных и ксеногенных минералов (включая кривые растворимости алмаза в карбонатно-силикатных и сульфидных расплавах). Раскрыт физико-химический механизм образования природного алмаза и парагенных минералов. Разработана генетическая классификация первичных включений в природных алмазах. Выполнен анализ физико-химической истории алмазообразования в очагах карбонатитовых магм.

Введение. Мантийно-карбонатитовая концепция генезиса алмаза кимберлитовых месторождений [Litvin, 2007; Литвин, 2007, 2009] обосновывается комплексом минералогических, экспериментальных и теоретических данных. Основой ростовых материнских сред для доминирующей массы природных алмазов и парагенных минералов включений являются полностью смесимые карбонатно-силикатные ростовые расплавы с растворенным элементарным углеродом (источником углерода для алмаза). Материнские карбонатно-силикатно-углеродные расплавы являются многокомпонентными гетерогенными средами с сильно изменчивыми составами. Так, силикатные составляющие представлены минералами и компонентами как перидотитового, так и эклогитового парагенезисов [Соболев, 1974]. Как перидотит-карбонатит-углеродные, так и эклогит-карбонатит-углеродные расплавы являются высокоэффективными алмазообразующими средами, что установлено в экспериментах при высоких давлениях и температурах. На рис. 1 дан пример кристаллизации алмаза в пересыщенном растворенным углеродом расплаве эклогит–карбонатитовой системы.

Диаграмма составов материнской среды для алмаза и первичных включений. Разработана обобщенная диаграмма составов многокомпонентной гетерогенной материнской среды для алмаза и первичных включений в нем (рис. 2).

Ее базовым элементом является главный тетраэдр составов системы перидотит–эклогит–карбонатит–растворимые примесные компоненты, в котором учтена принадлежность минеральной ассоциации сингенетических включений в природных алмазах к двум главным парагенезисам -перидотитовому и эклогитовому. Граничные составы диаграммы материнской среды определяется компонентами минералов вспомогательных тетраэдров – перидотитового (Ol–Orx–Cpx–Grt), эклогитового (Cpx–Grt–Ctn–Coes), мантийных карбонатитов (карбонаты Mg, Fe, Ca, K, Na и др.), фаз и компонентов акцессорного примесного типа – растворимых в карбонатно-силикатных расплавах (хлориды, фосфаты и др.), включая и компоненты С–О–Н летучих соединений, а также углеродом. Все компоненты перечисленных граничных тетраэдров ответственны за образование совместно с алмазами парагенных минеральных фаз и, соответственно, захват парагенных включений природными алмазами. Вместе с тем, благодаря физико-химическому эксперименту, выясняется, что в ассоциации так называемых

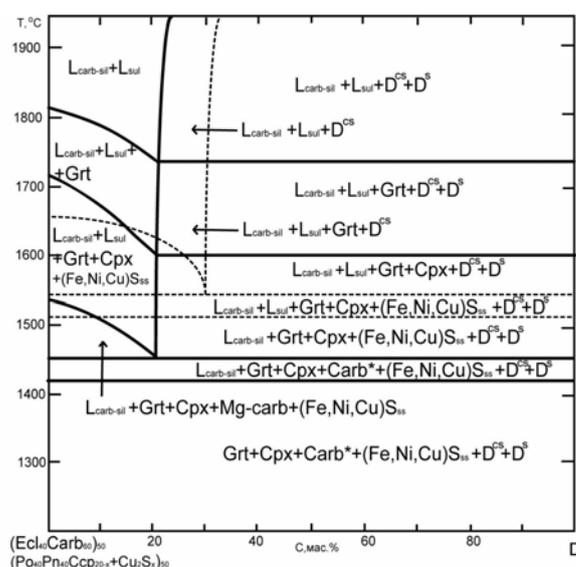


Рис. 3

Получены новые физико-химические результаты, в том числе, определены кривые растворимости алмаза в полностью смесимых карбонатно-силикатных (20–22 масс. % углерода) и сульфидных (30–32 масс. % углерода) расплавах и их соотношения с границами полей карбонатно-силикатных и сульфидных фаз. Диаграмма сингенезиса дает возможность наглядно раскрыть физико-химический механизм образования природного алмаза, а также определить *PT* условия формирования парагенных силикатных и карбонатных минералов и сосуществования ксеногенных сульфидных минералов и расплавов. Тем самым выясняются физико-химические условия первичного захвата растущими алмазами *insitu* парагенных и ксеногенных минералов и расплавов, описываемых в минералогии алмаза как сингенетические или первичные включения. Полученные экспериментальные результаты и выводы существенно значимы для обоснования мантийно-карбонатитовой концепции генезиса алмаза [Litvin, 2007; Литвин, 2009].

Генетическая классификация первичных включений в природных алмазах. Данные аналитической минералогии включений и физико-химического эксперимента при их обобщении позволяют разработать генетическую классификацию первичных включений в природных алмазах, которая раскрывает происхождение включений, выявляет их физико-химические связи как с главными компонентами карбонатно-силикатных ростовых расплавов, так и с содержащимися в них растворимыми и нерастворимыми компонентами и фазами [Литвин, 2009]. По физико-химическим условиям своего происхождения первичные включения в алмазах могут быть отнесены к следующим группам: (1). Главные силикатные, алюмосиликатные, карбонатные компоненты и растворенный углерод ответственны за парагенные включения силикатов Mg, Fe, Ca, алюмосиликатов Na, K, Mg, Ca, Fe, оксидов Mg, Ca, Fe, Al, Si, карбонатов Mg, Ca, Fe, Na, K, многокомпонентных карбонатитовых расплавов, алмаза, термодинамически нестабильного графита. (2). Второстепенные примесные растворимые компоненты, - оксиды, второстепенные силикаты и алюмосиликаты, фосфаты, хлориды, - ответственны за парагенные включения акцессорных оксидов, силикатов и алюмосиликатов, апатита, хлоридов и др. (3). Второстепенные примесные растворимые компоненты системы C–O–H ответственны за включения парагенных фаз летучих соединений (H₂O, CO₂ и др.). (4). Второстепенные фазы, нерастворимые и полностью несмесимые в жидком состоянии с карбонатитовыми расплавами, ответственны за включения ксеногенных сульфидов, самородных металлов и др.

Физико-химическая эволюция природного алмазобразующего очага. Фазовая диаграмма сингенезиса алмаза, парагенных и ксеногенных минералов и расплавов позволяет рассмотреть физико-химическую историю алмазобразования в мантийных очагах карбонатитовых магм, а также подойти к оценке условий их образования в веществе перидотитовой мантии Земли.

Данное исследование поддержано следующими грантами - Президента РФ МД-534.2011.5, РФФИ 09-05-00027, 10-05-00654, 11-05-00401, 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. (2007), Эксперимент в решении проблемы генезиса алмаза, *Записки Российского Минералогического общества*, том 136, № 7, сс. 138–158.

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

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, *Геохимия*, в печати.

Соболев Н.В. (1974), *Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии*. Новосибирск: Наука, 264 с.

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).