

ФОРМИРОВАНИЕ АЛМАЗИТОВ В КАРБОНАТ-УГЛЕРОДНЫХ РАСПЛАВАХ

Литвин Ю.А., Спивак А.В.

Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка, Московская обл.

litvin@iem.ac.ru

Алмазиты (diamondites [1]) – мономинеральные алмазные породы; разновидности: борт, баллас, карбонадо (фрамезит). Чаще это сростки нано- и микрометровых кристаллитов с включениями перидотитовых и эклогитовых минералов парагенезисов в порах и кавернах.

Генезис алмазитов связывают с быстрой кристаллизацией из гипотетического карбонатитового или кимберлитового «флюида» совместно с силикатными минералами [2]. Предположения о связи алмазитов с «флюидами» карбонатитов (щелочных разновидностей, доломитов, кимберлитов, оранжеитов) возникли также при анализе данных по редкоземельным элементам в гранатах и клинопироксенах из включений [1,3]. В порах и кавернах алмазитов фрагментов карбонатитовой материнской среды, как во включениях в волокнистых алмазах [4], пока не обнаружено.

Специфические условия формирования алмазитов крайне интересны как часть проблемы генезиса алмаза. По современным экспериментальным [5, 6] и минералогическим [4] данным, материнские алмазообразующие среды – это многокомпонентные карбонатно – силикатные расплавы, состоящие из главных (карбонаты и силикаты) и примесных (сульфиды, галоиды, фосфаты, уголекислота, вода и др.) компонентов и содержащие растворенный углерод в состоянии лабильных пересыщений к алмазу. Эти представления значимы и для химических условий генезиса алмазитов.

Этот подход позволил в экспериментах при высоких давлениях и температурах впервые осуществить формирование алмазитов в карбонат – углеродных и карбонат – силикат – углеродных расплавах в их контактах с графитом. Стартовыми веществами в опытах были спектрально чистый монокристаллический графит (МГОСЧ), а также карбонатные и карбонатно – силикатные материалы. В их числе: (1) многокомпонентная карбонатная смесь с модельным для флюид - содержащих включений в алмазах Ботсваны карбонатитовым составом [4]: K_2CO_3 27.21, Na_2CO_3 2.89, $CaCO_3$ 26.91, $MgCO_3$ 17.35, $FeCO_3$ 25.63, мас. %; (2) карбонатно – силикатная порода Чагатайского комплекса, Узбекистан – меланократовый карбонатит (обр. 79 [7]) состава, мас. %: SiO_2 18.20, TiO_2 0.65, Al_2O_3 6.24, Fe_2O_3 14.37, FeO 4.20, MnO 0.23, MgO 3.65, CaO 29.40, Na_2O 0.29, K_2O 0.89, P_2O_5 0.43, H_2O 0.46, CO_2 20.90, SO_3 0.13, сумма 100.04), в фазовом составе которой в условиях стабильности алмаза наряду с карбонатом существенно кальцитового состава появляются гранат и клинопироксен [8]; (3) известняк (литографский камень) из Алгети, Грузия, состоящий, в основном, из карбоната существенно кальцитового состава (содержит также менее 5 мас. % оксидов и силикатов).

В экспериментах применена известная методика [9]: аппарат высокого давления типа «наковальня с лункой» с ячейкой из литографского камня Алгети; трубчатый графитовый нагреватель диаметром 5 мм и толщиной стенки 1 мм, который одновременно служит ампулой для размещаемого внутри исследуемого образца; начальные давление и температура определялись, соответственно, с точностью ± 0.01 ГПа и ± 20 °С (в данном специфическом эксперименте их изменение во времени не могло контролироваться). Химическая обработка поликристаллических алмазов для удаления фрагментов затвердевших карбонатных расплавов осуществлялась с использованием HCl и HNO₃. Образцы изучались методами сканирующей электронной микроскопии и микрозондового анализа (прибор CamScan, ИЭМ РАН).

Спонтанная нуклеация и быстрый рост поликристаллических блоков алмаза в контактах графита с карбонатными и карбонатно – силикатными расплавами наблюдались при давлениях выше 7.5 ГПа. При этом формировалось более 80% массы алмазных поликристаллов. Перекристаллизация продолжалась при выдержке до 40 мин. На рис.1 дана микрофотография поликристаллического сростка микроалмазов (после химической обработки) из опыта с расплавом известняка Алгети; вид со стороны внешнего контакта графитового нагревателя с расплавом. Образец, являющийся экспериментальным аналогом алмазита, сложен октаэдрическими микро-

кристаллами и шпинелевыми двойниками алмаза. Их размеры изменчивы в пределах 0, 2 – 20 микрон. В алмазитовых срастаниях участвуют как полногранные, так и скелетные кристаллы.

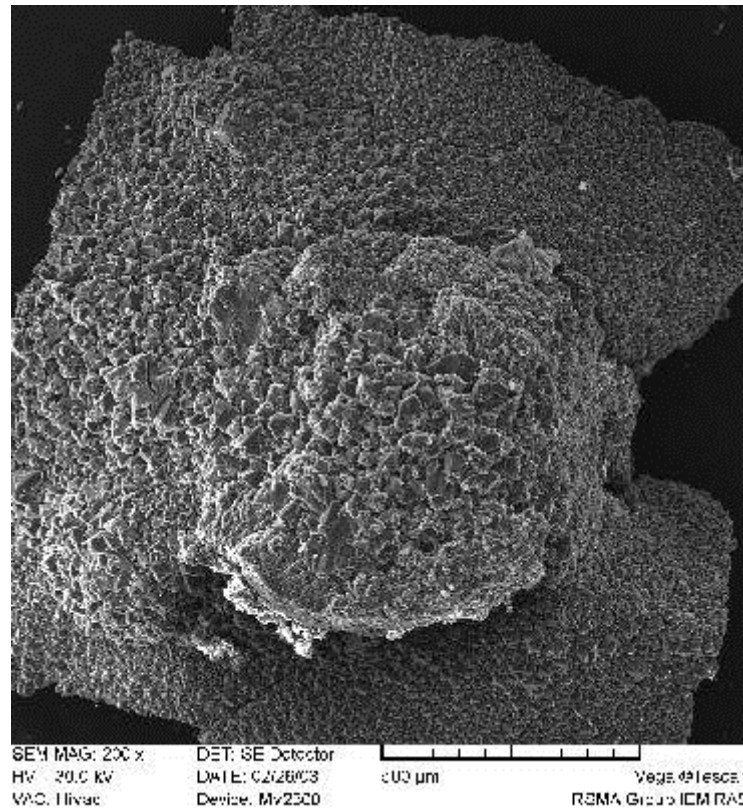


Рис. 1. Алмазит, синтезированный в карбонат – углеродном расплаве (использован известняк Алгетти); общий вид со стороны внешнего контакта с графитовым нагревателем (обр. 937; 7.7 ГПа; 1990 °С, выдержка 45 мин).

Процесс образования алмазита в эксперименте при давлениях выше 7.5 ГПа может быть представлен следующим образом: в разогретом до 1500 - 2000 °С контакте графита и карбоната возникает карбонатный (в основном, кальцитовый) расплав. Самый эффективный рост концентрации растворенного углерода – в зоне расплава, расположенной наиболее близко к контакту с графитом. Как только в таких карбонат - углеродных расплавах - растворах достигаются лабильные концентрации углерода, происходит спонтанная нуклеация алмаза с очень высокой плотностью зародышей (по расчетам, «мгновенная» плотность нуклеации - не менее $5 - 10 \cdot 10^4$ зародышей в мм^3 ; тем самым достигнута самая высокая эффективность алмазообразования в карбонатных и карбонатно – силикатных расплавах) и формируется тонкий поликристаллический алмазный зародышевый слой в промежутке между графитом и карбонатным расплавом. Алмазный зародышевый слой формируется за нескольких секунд после появления карбонатного расплава.

Дальнейший сценарий: в контакте графит – расплав продолжается интенсивное растворение графита и перенос углерода через тонкий слой, или пленку расплава – раствора (толщиной менее 100 микрон) к алмазному зародышевому слою, обеспечивая его дальнейшую кристаллизацию и разрастание в размерах. В этом процессе формируются самые мелкие кристаллы алмазитовых срастков (рис. 2).

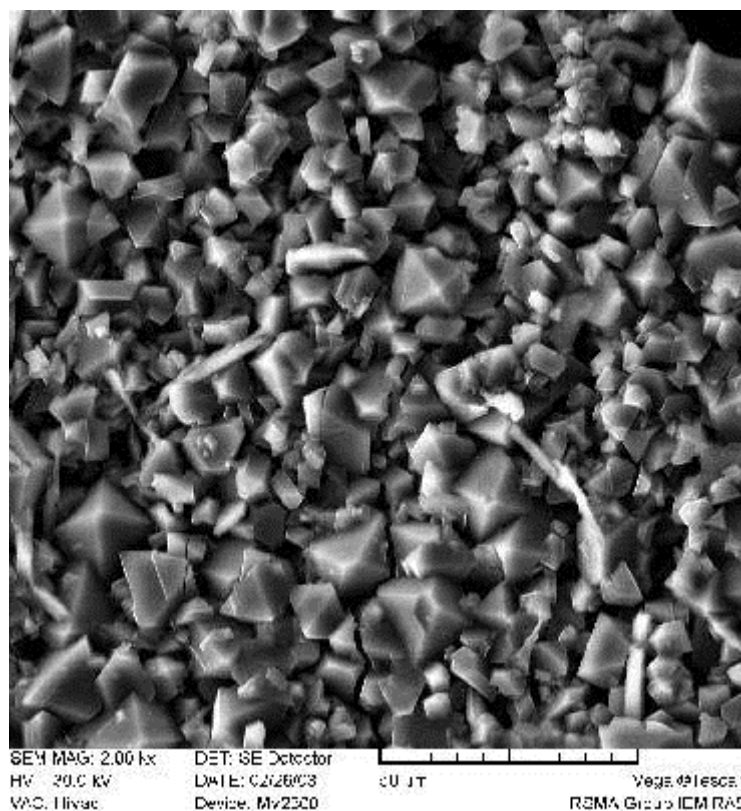


Рис. 2. Участок алмазита из зоны мелкозернистой кристаллизации (обр. 937; 7.7 ГПа; 1990 °С, выдержка 45 мин).

Интересно, что, судя по всему, главной движущей силой перекристаллизации метастабильного графита в алмаз в таком процессе является их разница растворимостей [9] в действующем карбонатном расплаве, поскольку температурные градиенты, если они и существуют по ширине расплавной пленки расплава, очевидно, пренебрежимо малы.

Представление о кристаллизации алмазитов в контакте с внутренней стенкой графитового нагревателя дают рис.3 для многокомпонентного карбонатитового расплава (по химизму отвечает граничной карбонатитовой составляющей флюид-содержащих включений в алмазах Ботсваны) и рис.4 для карбонат – силикатного расплава карбонатита Чагатайского комплекса.

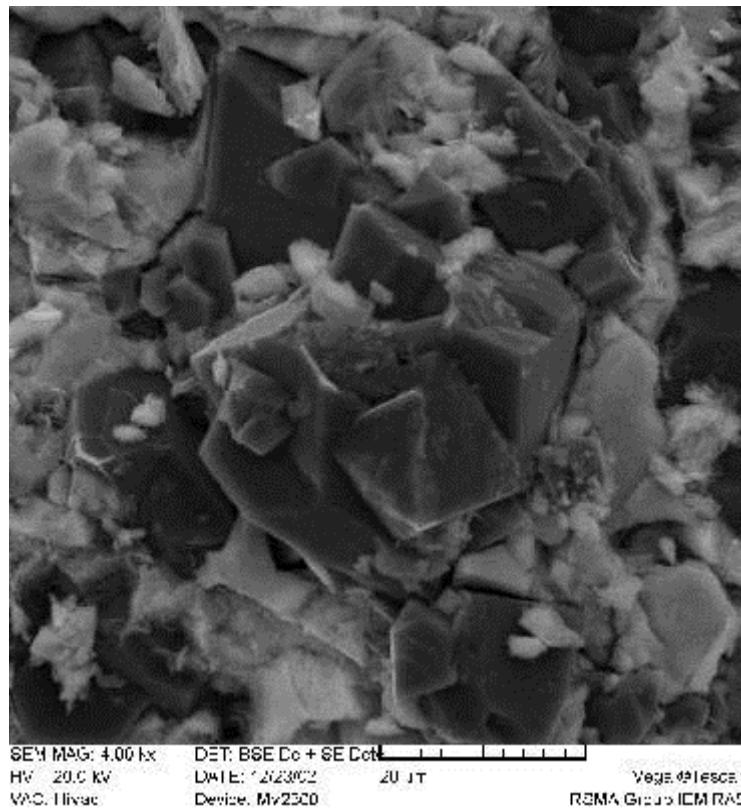


Рис. 3. Участок алмазита, синтезированного в многокомпонентном карбонат – углеродном расплаве (использован граничный карбонатитовый состав флюид – содержащих карбонат – силикатных включений в волокнистых алмазах Ботсваны); белое вещество - затвердевший карбонатный материнский расплав (обр. 997; 8.0 ГПа; 1900 °С; выдержка 50 мин).

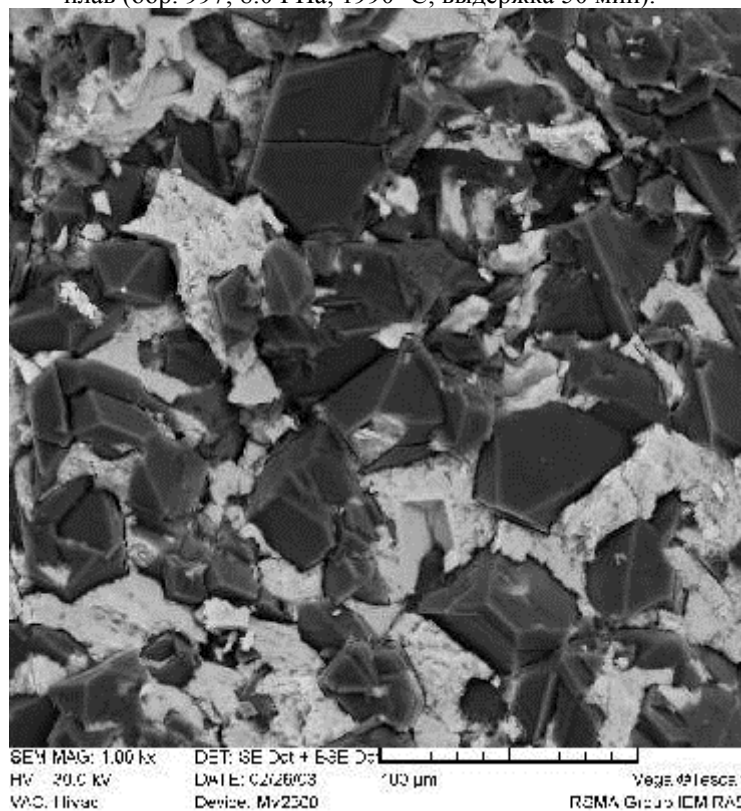


Рис. 4. Участок алмазита, синтезированного в расплаве карбонат – силикатной породы с растворенным углеродом (использован меланократовый карбонатит массива Чагатай, Узбекистан); белое вещество с гранатами и клинопироксенами – затвердевший и раскристаллизованный карбонатно – силикатный материнский расплав (обр. 1007; 8.5 ГПа; 1900 °С выдержка 40 мин).

В этих случаях алмазиты не подвергались специальной химической обработке, и в образцах присутствуют фрагменты затвердевших материнских, соответственно, карбонатного и карбонатно – силикатного расплавов. В составе последнего наряду с карбонатами имеются гранаты, клинопироксены, сульфиды и др. минералы, как показано в работе [8]. Карбонатно – силикатные расплавы карбонатитовых пород Чагатай интересны для моделирования материнских карбонатно – силикатных алмазообразующих сред, так как содержат в своем составе как главные карбонатные и силикатные компоненты материнских алмазообразующих сред, так и наиболее интересные примесные. Их применение позволило выполнить экспериментальное моделирование совместной кристаллизации природных алмазов и минералов сингенетических включений [7]. Использование их при формировании алмазитов позволяет моделировать в эксперименте условия захвата алмазитами сингенетических включений минералов (в том числе гранатов и клинопироксенов эклогитовых парагенезисов). Настоящая работа, - при учете также данных [7, 8], - показывает, что гранаты и клинопироксены эклогитовых парагенезисов формируются сингенетически с алмазитами.

Таким образом, впервые кристаллизация алмазитов осуществлена в карбонат – углеродных и карбонат – силикат – углеродных расплавах, составы которых отвечают химизму природных материнских сред. Экспериментальные данные показывают высокую эффективность карбонат – углеродных и карбонат – силикат – углеродных расплавов с минимальными содержаниями «флюидных» и щелочных компонентов или вообще без них в качестве материнских сред для формирования алмазов. Вместе с тем надо учитывать, что для материнских карбонатно – силикатных расплавов характерна изменчивость их составов в отношении как главных, так и примесных компонентов. Это связано со сложными петрологическими и геохимическими условиями их формирования в веществе мантийного перидотита, с последующей эволюцией в процессах фракционной кристаллизации силикатных и карбонатных минералов. Повышенные концентрации щелочных и флюидных компонентов могут возникать на заключительных стадиях такой эволюции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (по проекту № 02-05-64684) и ОНЗ РАН (приоритетные темы 10-2 и 10-6, 2003 г.).

Литература

1. Kurat G., Dobosi G. // Mineral. Petrol. 2000. V. 69. P. 143-159.
2. Gurney J.J., Boyd F.R. // Carn. Inst. Wash. Yb. 1982. P. 267 – 272.
3. Dobosi G., Kurat G. // Mineral. Petrol. 2002. V. 76. P. 21-38.
4. Schrauder M., Navon O. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1994. V. 1994. № 2. P. 761-771.
5. Литвин Ю.А., Жариков В.А. // ДАН. 2000. Т. 372. № 6. С. 808-811.
6. Литвин Ю.А. // ДАН. 2003. Т. 389. № 3. С.
7. Литвин Ю.А., Джонс А.П., Берд А.Д. и др. // ДАН. 2001. Т. 381. № 4. С. 528-531.
8. Бобров А.В., Литвин Ю.А., Диваев Ф.К. // ДАН. Т. 383. № 3. С. 374-377.
9. Литвин Ю.А. // Известия АН СССР. Сер. Неорган. материалы. 1968. Т. 2. С. 175-181.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1_2003/term-4.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна