

## О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРИКЛАЗА В АССОЦИАЦИИ С АЛМАЗОМ И ФОРСТЕРИТОМ В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

Шацкий А.Ф., Пальянов Ю.Н.

Институт минералогии и петрографии СО РАН, г. Новосибирск

*palyanov@uiggm.nsc.ru*

Факс: (3832) 34-25-01; тел.: (3832) 34-25-01

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН № 72 и Фонда содействия отечественной науке

**Вестник Отделения наук о Земле РАН, № 1(20)2002**

URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2002/informbul-1.htm#faza-13](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2002/informbul-1.htm#faza-13)

В последнее десятилетие в области экспериментальных исследований по кристаллизации алмаза, проявляется большой интерес к карбонат-углеродным системам. На сегодняшний день установлено, что карбонаты способны обеспечить кристаллизацию алмаза в очень широком интервале температур и давлений [1-5]. При этом щелочные карбонаты обладают наименьшими температурами плавления и обеспечивают кристаллизацию алмаза при параметрах природного алмазообразования [5]. Базируясь на совокупности имеющихся данных можно переходить к систематическому исследованию более сложных систем, с целью адекватного моделирования природных процессов.

В связи с этим для моделирования процессов алмазообразования были выбраны системы  $K_2CO_3$ - $SiO_2$ -C,  $K_2CO_3$ - $Mg_2SiO_4$ -C и  $K_2CO_3$ - $MgO$ -C. Все эксперименты проведены при 6,3 ГПа, 1650°C и длительности 40 ч. на многопуансонном аппарате высокого давления типа "разрезная сфера". В качестве переменного параметра использовали соотношения кремнезем/карбонат и форстерит/карбонат. Для проведения экспериментов применяли ячейку высокого давления в форме тетрагональной призмы, изготовленную из тугоплавких оксидов. Давление в ячейке определяли на основе сопоставления результатов кристаллизации алмаза в системе никель-углерод и P-T параметров линии равновесия графит-алмаз. В каждом эксперименте температуру контролировали с помощью платино-родиевой термопары, откалиброванной при высоком давлении по плавлению золота и никеля. Фазовый состав образцов изучен на дифрактометре ДРОН-3 ( $Si_{K\alpha}$ -излучение). Химический состав определен на рентгеновском микроанализаторе "Camebax-Micro".

Особенности фазообразования в исследованных системах таковы, что с увеличением содержания силиката в системах карбонат-силикатный расплав перестает обеспечивать спонтанную нуклеацию алмаза, и в области высоких концентраций силиката реализуется лишь рост алмаза на затравках, а также перекристаллизация метастабильного графита. При насыщении расплава кремнеземом в системе  $K_2CO_3$ - $SiO_2$ -C вначале кристаллизуется калиевый вадерит, а затем коэсит. В системе  $K_2CO_3$ - $Mg_2SiO_4$ -C при повышении содержания силиката расплав сначала становится пересыщенным по отношению к форстериту, а затем к форстериту и к периклазу.

Прекращение спонтанной нуклеации алмаза в изученных системах совпадает с началом кристаллизации метастабильного графита. Совместная кристаллизация метастабильного графита и стабильного алмаза отмечалась ранее в C-O-H флюиде и в щелочных карбонат-флюид-углеродных системах и, вероятно, обусловлена кинетическими особенностями алмаз и графит продуцирующих процессов. Исходя из этого, допускаем, что кристаллизация метастабильного графита в наших экспериментах связана с увеличением индукционного периода нуклеации алмаза в области высоких концентраций силиката.

При повышении концентрации силиката в системе  $K_2CO_3$ - $Mg_2SiO_4$ -C начиная с 40 вес.%  $Mg_2SiO_4$  кристаллизуется форстерит и периклаз (табл. 1). Наряду с этим отмечено увеличение соотношения  $SiO_2/MgO$  в расплаве от значений близких к стехиометрии форстерита (0,75) до значений, существенно превышающих стехиометрию энстатита (4,6). Одновременное образование форстерита и периклаза в близкой по составу системе  $K_2Mg_2Si_2O_7$ - $K_2CO_3$  при 3,7 ГПа и 1300-1650°C отмечено ранее в работе [2]. Образование периклаза, вероятно, связано с более высокой, чем  $MgO$ , растворимостью  $SiO_2$  в расплаве  $K_2CO_3$ . Так по нашим оценкам, основанным на результатах экспериментов системах  $K_2CO_3$ - $SiO_2$ -C и  $K_2CO_3$ - $MgO$ -C (табл. 1), растворимость  $SiO_2$  в расплаве  $K_2CO_3$ , по меньшей мере, в 5 раз больше, чем растворимость  $MgO$ . Косвенным подтверждением этому служат экспериментальные данные [4], согласно которым при 7,0 ГПа и 1700-1750°C в системе  $K_2CO_3$ - $SiO_2$ - $MgO$ - $Al_2O_3$ -C с соотношением оксидов, соответствующих стехиометрии граната ( $Mg_2Al_3Si_3O_{12}$ ), кристаллизуется шпинель ( $MgAl_2SiO_4$ ), в то время как кремнезем, вероятно, полностью растворяется в карбонатном расплаве. Известно два возможных варианта появления

периклаза в мантийной среде кристаллизации алмаза. Согласно первому, – периклаз в ассоциации с MgSi-перовскитом образовывался при распаде оливина в условиях нижней мантии [6]. Согласно второму, – периклаз мог образовываться в результате восстановления магнезита в карбонатизированном дуните [7]. На основании полученных экспериментальных данных можем предположить третий вариант, согласно которому периклаз мог являться продуктом метасоматического воздействия высококалийевых мантийных расплавов-флюидов на ультраосновные породы.

Таблица 1

Результаты экспериментов по кристаллизации алмаза в системах  $K_2CO_3-SiO_2-C$ ,  $K_2CO_3-Mg_2SiO_4-C$  и  $K_2CO_3-MgO-C$  при 6,3 ГПа, 1650°C и длительности 40 ч.

№ опыта	Исходный состав	C, вес.%	Полученные фазы	Кристаллизация алмаза	
				нуклеация	рост
1	$K_2CO_3+SiO_2+Gr$	5	Dm+Q(KC+K-wad)	+	+
2	$K_2CO_3+SiO_2+Gr$	10	Dm+Q(KC+K-wad)	+	+
3	$K_2CO_3+SiO_2+Gr$	25	Dm+Gr+Q(KC+K-wad)	+	+
4	$K_2CO_3+SiO_2+Gr$	50	K-wad+Dm+Gr+Q(KC+K-wad)	–	+
5	$K_2CO_3+SiO_2+Gr$	75	Co+Dm+Gr+Q(KC+K-wad)	–	+
6	$K_2CO_3+Fo+Gr$	5	Dm+Q(KC)	+	+
7	$K_2CO_3+Fo+Gr$	10	Fo+Dm+Q(KC)	+	+
8	$K_2CO_3+Fo+Gr$	10	Fo+Dm+Q(KC)	+	+
9	$K_2CO_3+Fo+Gr$	25	Fo+Dm+Q(KC)	+	+
10	$K_2CO_3+Fo+Gr$	25	Fo+Dm+Q(KC)	+	+
11	$K_2CO_3+Fo+Gr$	30	Fo+Dm+Q(KC)	+	+
12	$K_2CO_3+Fo+Gr$	40	Fo+Pc+Dm+Q(KC)	+	+
13	$K_2CO_3+Fo+Gr$	40	Fo+Pc+Dm+Q(KC)	+	+
14	$K_2CO_3+Fo+Gr$	50	Fo+Pc+Dm+Q(KC)	+	+
15	$K_2CO_3+Fo+Gr$	50	Fo+Pc+Dm+Q(KC)	+	+
16	$K_2CO_3+Fo+Gr$	75	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
17	$K_2CO_3+Fo+Gr$	75	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
18	$K_2CO_3+Fo+Gr$	75	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
19	$K_2CO_3+Fo+Gr$	75	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
20	$K_2CO_3+Fo+Gr$	90	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
21	$K_2CO_3+Fo+Gr$	90	Fo+Pc+Dm+Gr+Q(KC)	–	+
22	$K_2CO_3+Fo+Gr$	95	Fo+Pc+Gr+Q(KC)	–	–
23	$K_2CO_3+Fo+Gr$	95	Fo+Pc+Gr+Q(KC)	–	–
24	$K_2CO_3+MgO+Gr$	1	Dm+Q(KC+KMC)	+	+
25	$K_2CO_3+MgO+Gr$	5	Pc+Dm+Q(KC+KMC)	+	+

Примечание. C – исходная концентрация  $SiO_2$  или форстерита в системах, Fo – форстерит, Pc – периклаз, Co – коэсит, K-wad – калиевый вадеит ( $K_2SiSi_3O_9$ ), KC – карбонат калия, KMC –  $K_2Mg(CO_3)_2$ , Dm – алмаз, Gr – графит, Q – закалочные фазы.

Следует отметить, что, как в системе  $K_2CO_3-Mg_2SiO_4-C$ , так и в системе  $K_2CO_3-MgO-C$  кристаллы периклаза представлены октаэдрами, вместе с тем в работе [3] при кристаллизации из натрового карбонатного расплава отмечено образование кубических кристаллов периклаза. Возможно, что изменение морфологии кристаллов периклаза связано с изменением состава среды кристаллизации и вхождением примеси натрия в структуру периклаза. Так в работе [8] показано, что увеличение активности натрия в среде кристаллизации может приводить к вхождению Na (до 2 вес.%  $Na_2O$ ) в структуру периклаза при 3-5 ГПа и 1300-1600°C.

### Литература

1. Akaishi M. et al. (1990). Japanese Journal of Applied Physics. V. 29. P.L1172-L1174.
2. Литвин Ю.А. (1998). Геология и геофизика. Т.9. С.1772-1779.
3. Сокол А.Г. и др. (1998). Докл. РАН. Т.61. С.388-391.
4. Борздов Ю.М. и др. (1999). Докл. РАН. Т.366. С.530-533.
5. Pal'yanov Yu.N. et al. (1999). Nature. V. 400. P.417-418.
6. Chudinovskikh L., Boehler R. (2001). Nature. V. 411. P.574-577.
7. Eggler D.H., Baker D.R. (1982). High-Pressure Research in Geophysics // Tokyo. Academic. P.237-250.
8. Булатов В.К. и др. (2002). Всероссийский семинар «Геохимия магматических пород». М.: С.25-26