

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПЛАВЛЕНИЯ КАЛЬЦИТА И ДОЛОМИТА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ ФЛЮИДА

Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН)

persikov@iem.ac.ru; факс (252) 46-205, тел. (252) 46-205

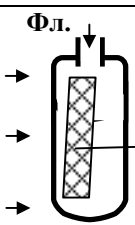
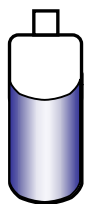
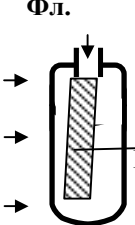
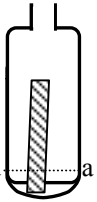
Ключевые слова: карбонаты, плавление, аппарат высокого давления, флюид, механизм

Эксперименты по плавлению кальцита (Cal) и доломита (Dol) впервые проведены с помощью уникальной установки высокого газового давления [1] при температурах до 1310°C и при давлении флюида разного состава (Ar, Ar + H₂O, CO₂, CO₂ + H₂O), равном 1 кбар, с целью изучения влияния состава флюида на механизмы плавления карбонатов. Установка включает сосуд высокого газового давления с внутренним нагревом, который оснащен специальным уравни-телем-разделителем типа цилиндр-поршень. Уравниватель-разделитель недавно модернизирован, что обеспечило возможность проведения экспериментов с флюидами разного, в том числе сложного составов [2].

Впервые установлена зависимость механизмов плавления карбонатов под давлением аргонного и углекислотного флюида от содержания воды во флюиде. Впервые экспериментально показано, что при указанном давлении как аргонного, так и углекислотного обезвоженного флюидов, кальцит плавится инконгруентно при $T = 1310^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ с выделением 5,27 вес. % CO₂ во флюид и образованием карбонатитового расплава, состав которого (92,3Cal + 7,7CaO, вес. %) получен на основе проведенного расчета баланса масс. Этот результат хорошо согласуется с теоретическим значением температуры инконгруентного плавления кальцита при давлении CO₂, равном 1 кбар [3].

Таблица 1

**Параметры экспериментов и некоторые результаты по плавлению кальцита
и доломита при $P_{\text{фл.}} = 1$ кбар**

Номер опыта	T °C	Состав флюида (вес. %); кислородный буфер *	Схема Рт ампулы с образцом		Время опыта (мин)	Потеря веса карбонатных фаз после опыта, (вес. %)
			до опыта	после опыта		
1	1150	97Ar + 3H ₂ O; НМ			15	3,7 ***5,27
14	1260	97Ar + 3H ₂ O; НМ			120	12,8 12,3 (расчет)
13	1280- верх 1300- низ	98CO ₂ + 2H ₂ O; НМ			120	13,1 12,3 (расчет)
15	1260	97Ar + 3H ₂ O; НМ			120	36,5 36,2=23,98* + 12,3 (расчет)
3	1280- верх 1300- низ	98CO ₂ + 2H ₂ O; НМ			120	36,4 36,2=23,98* + 12,3 (расчет)

Условные обозначения:

* - реакция частичной декарбонизации доломита: $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2 = \text{MgO} + \text{CaCO}_3$
(суммарная потеря CO₂ - 23,98 вес.%)

** - реакция полной декарбонизации доломита: $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2 = \text{MgO} + \text{CaO} + 2\text{CO}_2$
(суммарная потеря CO₂ - 47,72 вес.%)

*** - инконгруентное плавление кальцита (потеря CO₂ - 5,27 вес.%)

НМ – гематит / магнетитовый кислородный буфер;

Фл.- флюид; минералы: Dol – доломит, Cal – кальцит

Доломит в этих условиях разлагается по реакции частичной декарбонизации (табл. 1) при $T > 800^{\circ}\text{C}$ с образованием периклаза (Per), CO_2 и кальцита, который плавится инконгруентно при $T = 1310^{\circ}\text{C}$. Суммарное количество CO_2 , которое удаляется при этом из доломита во флюидную фазу достаточно велико ($29,25 = 23,98 + 5,27$, вес. %). Периклаз, кальцит и ассоциация $\text{Cal} + \text{CaO}$ были обнаружены с помощью микрозонда в образце после его изобарической закалки.

Кардинально меняется механизм плавления карбонатов при добавлении во флюид небольших количеств воды (до 3 вес. %). Согласно полученным экспериментальным данным кальцит в этом случае начинает плавиться при $T = 1150^{\circ}\text{C}$ (образец 1, табл. 1) и полностью расплавляется при повышенных температурах, указанных в таблице 1, с выделением около 13 вес. % CO_2 (образцы 14 и 13 в табл. 1). Кальцит и ассоциация ($\text{Cal} + \text{CaO}$) были обнаружены с помощью микрозонда в образцах после их изобарической закалки. Следует подчеркнуть, что эти результаты невозможно объяснить механизмом инконгруентного плавления кальцита, так как потеря CO_2 из образца в этом случае должна быть только 5,27 вес. % (см. выше). В связи с этим, на основе анализа полученных экспериментальных данных и теоретических расчетов баланса масс при плавлении кальцита, а также с привлечением экспериментальных данных по плавлению в системе портландит (Prd) - Cal [4], нами предложен следующий механизм плавления кальцита под давлением водосодержащего флюида.

Кальцит в этих условиях должен частично прореагировать с водой из флюидной фазы с образованием портландита в температурном диапазоне $550^{\circ} - 650^{\circ}\text{C}$. В температурном диапазоне $680^{\circ} - 1150^{\circ}\text{C}$ должна образоваться система: эвтектический расплав ($56\text{Prd} + 44\text{Cal}$, вес. %) + твердый Cal. При $T > 1150^{\circ}\text{C}$ упомянутая система полностью расплавится с образованием карбонатитового расплава ($82\text{Cal} + 18\text{CaO}$, вес. %) и потерей 12,3 вес. % CO_2 во флюидную фазу. Вода из портландита также должна удалиться во флюидную фазу, так как растворимость воды в карбонатитовых расплавах чрезвычайно низкая при столь высоких температурах [3].

Доломит под давлением обедненного водой флюида (образцы 3 и 15, табл. 1) разлагается по реакции частичной диссоциации (табл. 1) при $T < 530^{\circ}\text{C}$ с образованием периклаза (Per), CO_2 и кальцита, который при повышении температуры опытов плавится по указанному выше механизму. При этом во флюид выделяется около 37 вес. % суммарного количества CO_2 . Потеря CO_2 из этих образцов во флюид не соответствует реакции полной декарбонизации доломита (табл. 1), и напротив, хорошо соответствует результатам расчетов баланса масс с учетом предложенного механизма парциального плавления доломита. Образовавшийся в опытах карбонатитовый расплав в виду его низкой плотности и чрезвычайно низкой вязкости практически полностью отделялся от, преимущественно, периклазового рестита и собирался на дне платиновой ампулы (табл. 1). Преимущественно периклаз и небольшое количество кальцита в рестите (центральное ядро образцов, таблица 1), а также кальцит и ассоциация ($\text{Cal} + \text{CaO}$) в карбонатитовом расплаве (оболочка и низ образцов, табл. 1) были обнаружены с помощью микрозонда в экспериментальных образцах после их изобарической закалки. Характерно, что по данным микрозондового анализа все примесные компоненты доломитов, такие как Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 практически полностью концентрировались в карбонатитовом расплаве.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 03-05-64808

Литература

1. Persikov, E.S. (1991): The viscosity of magmatic liquids: experiments, generalized patterns. A model for calculation and prediction. Applications // Physical chemistry of magmas. Advances in Physical Geochemistry. Eds.: L.L. Perchuk, and I. Kushiro, Springer-Verlag, New-York, 9. PP. 1-40.
2. Persikov, E.S., Bukhtiyarov P.G. (2002): Unique gas high pressure apparatus to study fluid-melts and fluid-solid-melts interaction with any fluid composition at the temperature up to 1400°C and at the pressure up to 5 kbars // IX IMPG Symposium. Cambridge Publications // J. Conf. Abs., 7, N 1. P. 85.
3. Treiman, A.H. (1995): Ca-rich carbonate melts: A regular-solution model, with applications to carbonatite magma+vapor equilibria and carbonate lavas on Venus // Amer. Mineral., 80. PP. 115-130.
4. Wyllie, P.J. (1965): Melting relationships in the system $\text{CaO-MgO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$, with petrological applications // J. Petrology, 6. PP. 101-123.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/term-13.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004

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