

ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТОВ И ХЛОРИДОВ ЩЕЛОЧЕЙ НА ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ ЭКЛОГИТ- CaCO_3 -ФЛЮИД ПРИ $P = 4$ ГПа, $T = 1\ 100\text{--}1\ 400$ °С

Н. С. Горбачёв, А. В. Костюк, А. Н. Некрасов, Д. М. Султанов

Институт экспериментальной минералогии РАН, ул. Академика Осипяна 4,
142432 Черногловка, Российская Федерация; gog@iem.ac.ru

Среди ксенолитов мантийных пород наряду с перидотитами встречаются эклогиты. В нодулях мантийных эклогитов широко проявлены признаки мантийного метасоматоза – воздействия надкритических флюидов, карбонатных расплавов и следов частичного плавления с образованием флогопита, апатита, карбонатов и обогащённых щелочами (до 15 мас. %) силикатных стекол. С плавлением метасоматически изменённой карбонатизированной верхней мантии связывают формирование щелочных и связанных с ними карбонатитовых магм. Как правило, карбонатиты встречаются в ассоциации со щелочными породами Na ряда, гораздо реже – с обогащёнными K ($\text{Na/K} < 1$) породами. К их числу относятся палеозойские щелочные комплексы Беларуси, в ассоциации с которыми обнаружены карбонатиты [1]. Главными компонентами метасоматических флюидов и расплавов наряду с H_2O и CO_2 являются соли (карбонаты, хлориды) Na и K. Влияние карбонатов и хлоридов щелочей на фазовые соотношения, составы силикатных L_{Si} и карбонатных L_{Cb} расплавов при плавлении эклогита в «сухих» (без добавления флюида) условиях, а также с H_2O и CO_2 флюидом изучено экспериментально при $P = 4$ ГПа, $T = 1\ 100\text{--}1\ 300$ °С.

Опыты проводились в ИЭМ РАН на установке НЛ-10 в Pt и Au-Pd ампулах с использованием многоампульной закалочной методики. Температура измерялась Pt30Rh/Pt6Rh термопарой, давление калибровалось по кривой равновесия кварц-коэсит. Точность определения температуры и давления в опытах оценивается в ± 5 °С и ± 1 кбар. Длительность эксперимента составляла от 8 до 24 час. Полированные препараты закалочных образцов анализировались на электронном сканирующем микроскопе с детектором вторичных и отраженных электронов и энерго-дисперсионным спектрометром.

Выявлено эффективное влияние температуры, флюида и состава системы на фазовые соотношения и составы силикатных и карбонатных расплавов в эклогитовых системах.

В эклогитовой системе с Ca–Na–K-карбонатами и H_2O -содержащим флюидом при $T = 1\ 100$ °С первыми при плавлении эклогита образуются щелочной силикатный расплав, сосуществующий с клинопроксом (Cpx), гранатом (Grt) и карбонатом (Cb). При дальнейшем увеличении T при $1\ 200\text{--}1\ 250$ °С образуются несмешиваемые силикатный и карбонатный расплавы. В интервале $T = 1\ 250\text{--}1\ 300$ °С находится «критическая» точка T_{K} равновесия L_{Si} и L_{Cb} , выше которой наблюдается полная смешиваемость между ними (табл. 1–3).

В этой же системе в «сухих» условиях карбонатные расплавы образуются в результате ликвации карбонатизированного силикатного расплава с образованием несмешиваемых силикатной и карбонатной жидкостей, сосуществующих при $T = 1\ 200$ °С с Cpx и реликтами хромита (Chr).

Система эклогит– CaCO_3 с хлоридами Na и K и ($\text{H}_2\text{O}\text{--}\text{CO}_2$)-содержащим флюидом характеризуется узким T -интервалом между солидусом ($T > 1\ 200$ °С) и ликвидусом ($T < 1\ 300$ °С) эклогита. Во всём T -интервале образуется только многокомпонентный флюид-содержащий высоко-Ca карбонатный расплав, сосуществующий в субликвидусе при $T = 1\ 200\text{--}1\ 250$ °С с Cpx и Grt.

Образование карбонатного и отсутствие силикатного расплава можно объяснить существованием низкотемпературной (≤ 500 °С) эвтектики (T_e) между хлоридами щелочей и карбонатами Ca и Mg. Т. к. T_e меньше T солидуса эклогита, то карбонатный расплав образуется первым уже в субсолидусе эклогита. Кроме того, взаимодействие флюида с NaCl и KCl: $2\text{MCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{M}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl}$, где M – Na или K, будет приводить к образованию HCl, карбонатов Na и K, снижающих T плавления эклогита и карбонатов, усиливающих экстрагирующую способность многокомпонентного карбонатного расплава. Его стабильности также способствует узкий интервал T между солидусом и ликвидусом эклогита. Хотя компоненты эклогита растворяются в карбонатном расплаве, однако их концентрации ниже концентрации насыщения. Кроме того, при надликвидусных T может существовать полная смешиваемость между L_{Si} и L_{Cb} .

Таблица 1 – Химический состав (в мас. % оксидов) сосуществующих фаз в системе эклогит–CaCO₃–Na₂CO₃–K₂CO₃ + H₂O при T = 1 200 °С, P = 4 ГПа

Показатель	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SrO	P ₂ O ₅	Σ
Cpx	50,58	0,67	7,78	8,22	0,03	9,40	19,29	2,86	0,06	0,18	0,00	99,11
Cb	0,15	0,00	0,06	0,68	0,00	0,46	49,09	0,04	0,12	0,48	0,34	51,50
L _{Si}	50,03	0,30	15,23	1,65	0,13	0,18	5,77	3,48	8,07	0,59	1,49	86,92
Bt	33,95	3,55	12,01	15,72	0,21	9,99	7,42	0,38	8,07	0,59	1,83	93,75
L _{Cb}	1,27	0,10	0,54	1,69	0,03	0,65	48,34	0,13	0,46	0,57	0,04	53,86

Таблица 2 – Химический состав (в мас. % оксидов) сосуществующих фаз в системе эклогит–CaCO₃–Na₂CO₃–K₂CO₃ при T = 1 200 °С, P = 4 ГПа

Показатель	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Σ
Chr	0,94	1,05	21,04	38,51	31,19	0,48	6,02	0,33	0,23	0,06	0,03	99,92
Cpx	51,37	0,47	9,40	2,68	6,53	0,23	9,12	14,16	4,73	0,17	0,00	98,93
L _{Si}	53,14	0,13	17,64	0,19	1,70	0,18	0,07	1,73	6,15	8,06	0,11	89,10
L _{Cb}	1,62	0,04	0,73	0,14	12,09	0,71	1,18	21,98	14,08	1,44	0,44	54,71

Таблица 3 – Химический состав (в мас. % оксидов) сосуществующих фаз в системе эклогит–NaCl–KCl + H₂O + CO₂ при T = 1 250 °С, P = 4 ГПа

Показатель	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Σ
Cpx	47,38	0,31	13,05	1,04	0,02	11,77	23,91	0,89	0,00	0,00	98,93
Grt	39,91	0,25	21,87	3,38	0,00	8,14	25,32	0,21	0,04	0,03	99,89
Ap	1,40	0,02	0,22	0,25	0,14	1,92	50,79	1,59	0,32	30,39	88,42
L _{Cb}	3,29	0,71	1,14	1,48	0,23	4,12	41,51	0,24	1,20	2,45	57,22

При закалке карбонатных расплавов образуется гетерофазная смесь карбонатной и силикатной фаз, апатита, биотита. На диаграммах парных корреляций CaO–SiO₂ составы закалочных фаз карбонатного расплава образуют линейный тренд, крайними членами которого являются силикатная Si и карбонатная Cb компоненты, выделенные по максимальным концентрациям SiO₂ и CaO соответственно (рис. а, б)

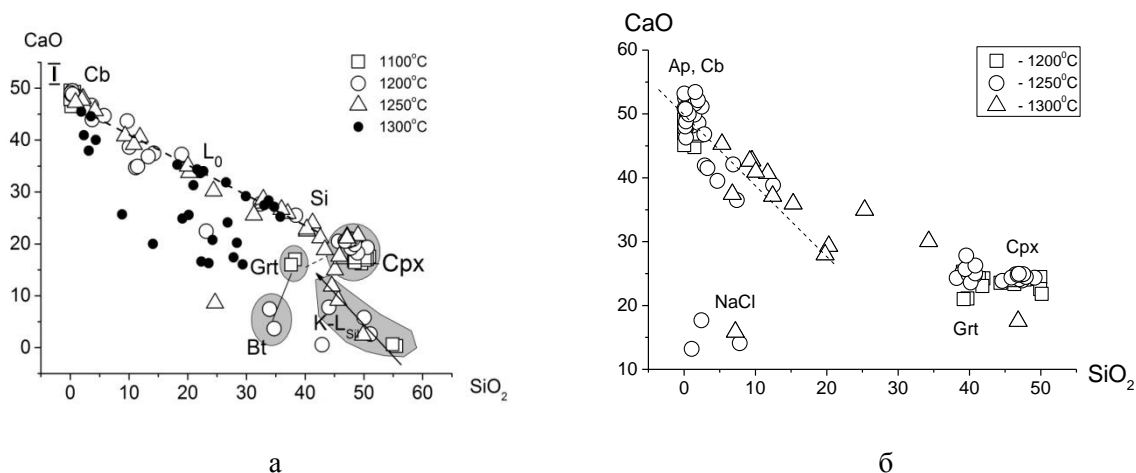


Рисунок – а – эклогит + карбонаты Ca, Na, K; б – эклогит + CaCO₃ + хлориды щёлочей.

Сходный тренд составов флюидно-расплавных включений наблюдался в волокнистых алмазах Африки, Сибири. Существование такого тренда рассматривается в качестве признака полной смеси силикатной и карбонатной компонент надкритического флюидорасплава. Т. к. щёлочно-хлоридные флюиды характерны для зон субдукции, то образование многокомпонентного агрессивного и подвижного карбонатного расплава при T–P параметрах субдуцированной плиты может играть важную роль в метасоматическом преобразовании океанической коры.

1. Михайлов Н. Д., Латцевич А. Г. Первые данные о проявлениях карбонатитов в комплексе палеозойских щелочных магматических пород Беларуси // Геохимия, петрология и генезис щелочных пород. Миасс: УрО РАН, 2006. С. 156–159.