

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В УЛЬТРАКАЛИЕВЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Перчук Л.Л. (Геол. ф-т, МГУ)
oleg@iem.ac.ru; тел./факс (096) 524-62-05, (096) 524-96-87

Ключевые слова: эксперимент, ультракалиевые алюмосиликатные, карбонатно-силикатные и хлорид-силикатные жидкости, калийсодержащий клинопироксен, жидкостная несмесимость, мантия

Представлен обзор экспериментальных данных по фазовым равновесиям с участием ультра-калиевых (> 10 мас. % K_2O) алюмосиликатных, карбонатно-силикатных и хлорид-силикатных расплавов при $P > 3$ ГПа. Эти расплавы представляют три главные составляющие жидкостей, включенных в алмазы из кимберлитов [1].

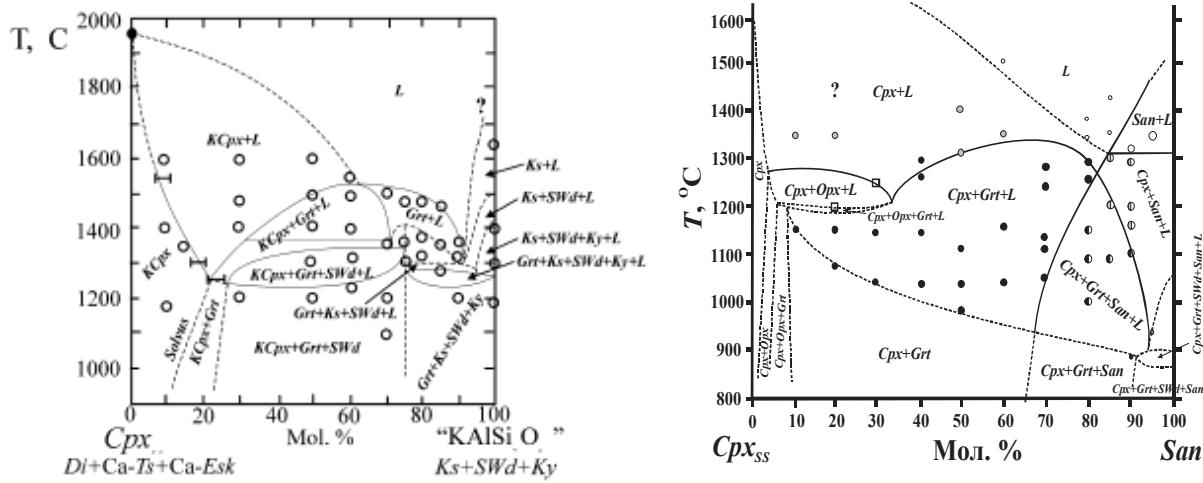


Рис. 1. Предварительные фазовые диаграммы для псевдобинарных сечений $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - KAlSi_2O_6 при 7 ГПа [2] и $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - KAlSi_3O_8 при 6 ГПа. Cpx – клинопироксен (KCpx – калийсодержащий клинопироксен); Grt – гранат, Ks – кальсильит, Ky – кианит, Opx – ортопироксен, San – санидин, SWd – Si-вадеит.

Характерной фазой ультракалиевых систем является калийсодержащий клинопироксен (*KCpx*). Этот минерал появляется на ликвидусах алюмосиликатных и карбонатно-силикатных систем. Содержание K_2O в несодержащих Na *KCpx* достигает 5.0-5.6 мас. % (23-25 мол. % of $KAlSi_2O_6$ или *KJd*) при 7 ГПа [2, 3] (Рис. 1a). Вероятно, это максимальное содержание *KJd* в *KCpx*, не содержащих Na и Fe, по крайней мере, при 7 ГПа. При более высоких концентрациях *KJd* твердый раствор *KCpx* нестабилен и замещается ассоциацией гранат+ $K_2Si_4O_9$ [2]. Концентрация K в клинопироксенах неравномерно уменьшается при снижении давления (Рис. 2). Однако, содержание K_2O 0.5-1.5 wt. %, известное для эклогитовых клинопироксенов, достигается уже при 5-6 ГПа в равновесии с ультракалиевыми расплавами. Остыивание способствует обогащению клинопироксена калием. Жадеит (*Jd*) и Ca-молекула Чермака (Ca-*Ts*) сильно ограничивают содержание *KJd* в *KCpx* (Рис. 2).

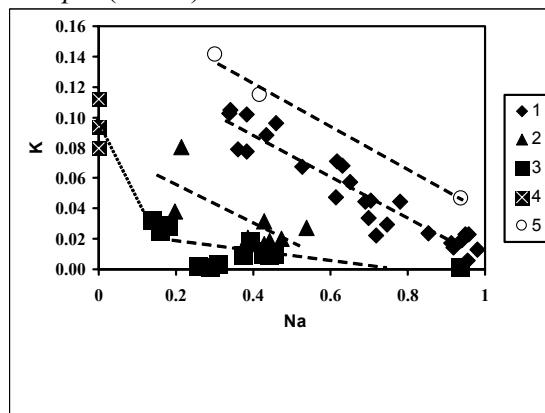


Рис. 2. Влияние давления и лимитирующий эффект Jd на вхождение К в омфациты при 7 ГПа (1), 6 ГПа (2), 5 ГПа (3) [4]. Данные для 10 ГПа (5) приведены для карбонатсодержащей системы [5]. Прерывистые линии иллюстрируют лимитирующее влияние Jd на растворимость KJd . Пунктирная линия показывает резкий скачок растворимости KJd в безнатровых $KCpx$ при 5 ГПа (4). Подобный скачок наблюдается также при 7 ГПа [2]. Отклонение некоторых точек от изобары 5 ГПа отражает лимитирующий эффект $Ca-Ts$ на вхождение К в клинопироксен.

Содержания Ca-молекул Эскола (*Ca-Esk*) и Чермака в *KCpx*, синтезированных в ультракалиевых алюмосиликатных системах, подобны содержаниям этих компонентов в природных *KCpx*. Их концентрации в *KCpx* зависят от *P* и состава сосуществующих расплавов. «Разбавление» алюмосиликатных расплавов карбонатами или хлоридами, а также декомпрессия отражается в снижении содержания *Ca-Esk*, которое сопровождается увеличением концентрации *Ca-Ts*. Снижение давления ведет к образованию специфической зональности в *KCpx*: увеличение *Ca-Ts* от центров кристаллов к их краям за счет *KJd* и *Ca-Esk*.

Остывание ультракалиевых алюмосиликатных и карбонатно-силикатных жидкостей при *P* > 4 ГПа приводит к кристаллизации богатого гроссуляровой составляющей граната (20-50 мол. % гроссуляра) совместно с *KCpx* (Рис. 1 a , δ). Санидин появляется при *P* < 6.5 ГПа только из «сухих» алюмосиликатных расплавов, содержащих свыше 70 мол. % $KAlSi_3O_8$ (Рис. 1 δ). При более низких концентрациях $KAlSi_3O_8$ в расплаве санидин не стабилен, тогда как калий концентрируется в *KCpx*. Снижение температуры при постоянном давлении (напр. 6 ГПа; рис. 1 δ) ведет к частичному разложению санидина с образованием *KCpx* благодаря псевдо-перитектической реакции санидин + расплав = *KJd* (в *KCpx*) [6].

Ультракалиевые алюмосиликатные расплавы несмесимы с богатыми KCl жидкостями при 4-6 ГПа (Рис. 3). Содержание Cl в ультракалиевых алюмосиликатных расплавах равновесных с KCl достигает 3 мас. % при 1300°C, но значительно уменьшается с давлением в интервале 4-6 ГПа (Рис. 4). *P-T*-зависимость содержания Cl (wt. %) в насыщенном хлоридом калия алюмосиликатном расплаве аппроксимировано уравнением: Cl (мас. %) = -40.064(±15.34)-0.757(±0.42)*P*²+6.809(±4.24)*P*+0.022(±0.005)*T* (*r*²=0.95) для интервала 4-6 ГПа и 1150-1300°C. При тех же *P-T* параметрах в карбонатно-силикатных расплавах жидкостная несмесимость не наблюдается [7].

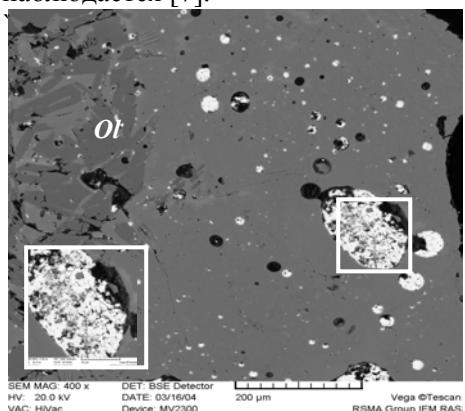


Рис. 3. Жидкостная несмесимость калиевого алюмосиликатного расплава (серая матрица) и богатой KCl жидкости (светлые глобулы) при 4 ГПа; вставка показывает структуру «глобуль в глобуле», которая доказывает жидкостную несмесимость.

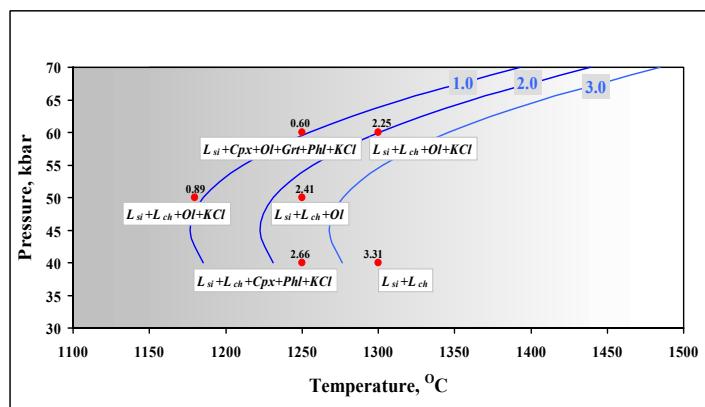


Рис. 4. Предварительные данные по содержанию Cl в алюмосиликатном расплаве равновесном с богатой KCl жидкостью при 4-6 ГПа (Рис. 3). Изоплеты представляют аппроксимацию экспериментальных данных, показанных числами (Cl, мас. %). *L_{Si}* – силикатный расплав, *L_{Ch}* – KCl жидкость, *Ol* – оливин, *Phl* – флогопит, *Cpx* – клинопироксен, *Grt* – гранат.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 04-05-64896, 02-05-64684, 02-05-64025), Программы “Ведущие научные школы” (грант 1645.2003.5) и European Academia Foundation

Литература

1. Navon O., Izraeli E.S., Klein-Ben David O. (2003) Fluid inclusions in diamonds – the carbonatitic connection // 8th International Kimberlite Conference Long Abstracts, FLA_0107.
2. Safonov O.G., Litvin Y.A., Perchuk L.L., Bindi L., Menchetti L. (2003) Phase relations of potassium-bearing clinopyroxene in the system $CaMgSi_2O_6-KAlSi_2O_6$ at 7 GPa // Contrib. Mineral. Petrol., V. 146. PP. 120-133.
3. Чудиновских Л.Т., Жариков В.А., Иибулатов Р.А., Матвеев Ю.А. (2001) О механизме вхождения ультравысоких количеств калия в клинопироксены высокого давления // Доклады АН, Геохимия. Т. 380. PP. 1-4.

4. Сафонов О.Г., Литвин Ю.А., Перчук Л.Л. (2004) Синтез омфацитов и особенности изоморфизма в клинопироксенах системы $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6\text{-NaAlSi}_2\text{O}_6\text{-KAlSi}_2\text{O}_6$ // Петрология. Т. 12, № 1. СС. 84-97.
 5. Harlow G.E. (1997) K in clinopyroxene at high pressure and temperature: an experimental study // Am. Mineral. V. 82. PP. 259-269.
 6. Perchuk L.L., Safonov O.G., Yapaskurt V.O., Barton J.M., Jr. (2002) Crystal-melt equilibria involving potassium-bearing clinopyroxene as indicators of mantle-derived ultrahigh-potassic liquids: an analytical review // Lithos. V. 60 (3-4). PP. 89-111.
 7. Сафонов О.Г., Матвеев Ю.А., Литвин Ю.А., Перчук Л.Л. (2002) Экспериментальное исследование некоторых сечений системы $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6\text{-}(\text{Ca},\text{Mg})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{-KAlSi}_2\text{O}_6\text{-K}_2(\text{Ca},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ при 5-7 ГПа в связи с генезисом гранат-клинопироксен-карбонатных пород Кокчетавского комплекса, Северный Казахстан // Петрология. Т. 10, № 6. СС. 587-608.
-

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-5.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