

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛУБИННЫХ ПАРАГЕНЕЗИСОВ И ФАЗОВЫЕ ДИАГРАММЫ МОДЕЛЬНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМ

Н.В.Сурков

Институт минералогии и петрографии СО РАН, Новосибирск

Вестник ОГГГН РАН № 5 (15) 2000 т. 1

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/magm31

Проблемы генезиса глубинных пород и их классификации имеют общую основу. Решение этих вопросов лежит в области экспериментальных физико-химических исследований. Наиболее популярной моделью для экспериментальных исследований генезиса глубинных пород служит система $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Выбор этой системы в качестве экспериментальной модели связан с достаточной близостью состава этой системы и глубинных парагенезисов.

Объём составов системы $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ можно условно разбить на три области составов: форстеритнормативную, кварцнормативную и глинозёмистую. Наибольший интерес для петрологии представляет форстеритнормативная часть системы $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ [1]. Основным компонентом этой области фазовой диаграммы является невариантное равновесие ($\text{Cpx, Opx, Gr, Fo, An, Sp}$), из точки которого в область высоких температур выходят лучи трёх моновариантных реакций: $\text{An}+\text{Fo}=\text{Cpx}+\text{Opx}+\text{Sp}$, $\text{Opx}+\text{An}+\text{Sp}=\text{Cpx}+\text{Gr}$, $\text{Sp}+\text{Opx}+\text{Cpx}=\text{Gr}+\text{Fo}$, [1-3].

В области низких давлений устойчива ассоциация $\text{An}+\text{Fo}$, фазовый состав которой соответствует парагенезисам пород приповерхностных фаций основного и ультраосновного состава типа габбро и т. д. При давлениях выше от реакции $\text{An}+\text{Fo}=\text{Cpx}+\text{Opx}+\text{Sp}$ до реакции $\text{Sp}+\text{Opx}+\text{Cpx}=\text{Gr}+\text{Fo}$, устойчивы ассоциации типа $\text{Sp}+\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Fo}$, $\text{Sp}+\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{An}$, соответствующие по своему набору фаз парагенезисам шпинельных лерцолитов и шпинель-плагиоклазовых пироксенитов. Образование пары клинопироксен-гранат становится возможным при давлениях выше от реакции $\text{Opx}+\text{An}+\text{Sp}=\text{Cpx}+\text{Gr}$ и становится устойчивым целый ряд клинопироксен-гранатовых ассоциаций, соответствующих глубинным парагенезисам. Отметим, что прямого перехода габбро в эклогит не существует. Особый интерес представляет ассоциация $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}$. В системе $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ она является дивариантной. Совместно с этими тремя фазами могут сосуществовать как шпинель, так и форстерит, кварц (коэсит) или кианит (силлиманит). Каждые четыре фазы образуют обширный объём составов, который можно сопоставить с некоторыми типами глубинных парагенезисов. Так ассоциация $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Sp}$ соответствует шпинель-гранатовым пироксенитам, для ассоциаций $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Qz}(\text{Co})$ и $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Ky}$ аналогов природных парагенезисов не встречено, а ассоциация $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Fo}$ соответствует парагенезисам гранатовых лерцолитов, и разным типам гранатовых пироксенитов. Последние парагенезисы при-

нято разделять по количеству минералов, в частности оливина. Однако физико-химической точки зрения это деление не имеет смысла. Это один тип пород. Типоморфным признаком этого типа парагенезисов является каличиевость граната, которая остаётся практически постоянной во всём РТ-интервале устойчивости этой ассоциации [4] и составляет 12-16 мол.%grossулярового компонента.

При давлениях выше от луча реакции $\text{Sp}+\text{Opx}+\text{Cpx}=\text{Gr}+\text{Fo}$ устойчива интересная дивариантная ассоциация $\text{Sp}+\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Fo}$, которая может рассматриваться как упрощённый аналог парагенезиса гранатовых верлитов. Особенностей этой ассоциации является рост содержания grossулярового компонента в гранате с увеличением давления [3], что соответствует особенностям состава граната в парагенезисе гранатовых верлитов.

В ликвидусной области форстеритнормативной части системы $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ существуют две серии моновариантных реакций плавления эвтектического вида. Первая серия представлена реакциями: $\text{L}=\text{Fo}+\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{An}$, $\text{L}=\text{Cpx}+\text{Opx}+\text{An}+\text{Sp}$, $\text{L}=\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{An}+\text{Sp}$ и $\text{L}=\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{An}+\text{Co}$, в которых жидкость имеет существенно кремнезёмистый и существенно глинозёмистый состав. Вторая серия эвтектических реакций представлена одной реакцией: $\text{L}=\text{Fo}+\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Gr}$, луч которой уходит вверх по давлению из сингулярной точки ($\text{L, Fo, Opx, Cpx, Gr}$). Наличие этой эвтектики исключает возможность дифференциации расплава через плоскость $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6\text{-Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$ для составов содержащих нормативный форстерит. Эта эвтектика носит фундаментальный характер, и сохраняет своё влияние при усложнении состава дополнительными компонентами, такими как FeO , Na_2O и т. д.

В кварцнормативной области фазовые взаимоотношения изучены менее подробно. Установлено, что при давлении 15 кбар и температуре около 900 °C находится невариантная точка ($\text{An, Opx, Ky, Gr, Qz, Cpx}$) [5, 6], из которой выходят лучи моновариантных реакций: $\text{An}+\text{Opx}+\text{Ky}=\text{Gr}+\text{Qz}$, $\text{An}+\text{Opx}=\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{Qz}$, $\text{Qz}+\text{Gr}+\text{An}=\text{Cpx}+\text{Ky}$ и $\text{Gr}+\text{Qz}=\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Ky}$.

Для выяснения фазовых взаимоотношений в области плавления нами был выполнен ряд экспериментов в сечении анортит-энстатит, по результатам которых построена фазовая диаграмма сечения при давлении 16 кбар, и установлено, что плавление в этом сечении происходит по реакции $\text{An}+\text{Opx}=\text{Cpx}+\text{Gr}+\text{L}$ [7].

Реакции $An+Opx+Ky=Gr+Qz$ и $Gr+Qz=Opx+Cpx+Ky$, ограничивают поле устойчивости ассоциации $Gr+Qz$ в солидусе. То есть, коэситовые (кварцевые) эклогиты представляют собой достаточно высокотемпературный парагенезис существующий при умеренных давлениях. При высоких давлениях он замещается кианитовыми эклогитами.

При давлениях выше 30-40 кбар особых изменений в фазовых отношениях системы $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ не происходит. Основные изменения связаны с устойчивостью твердых растворов. В результате образования непрерывной серии твердых растворов гранатов в сечении пироп-гроссуляр происходит превращение плоскости энстатит-волластонит-корунд в автономную трёхкомпонентную систему, которая разделяет объём составов системы $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ на две независимые системы: форстеритнормативную и кварц нормативную. При дальнейшем повышении давления (до 100 кбар) сокращаются твердые растворы ортопироксенов и клинопироксенов, по-видимому, почти до чистого энстатита и диопсида. В тоже время расширяется область составов которую занимают твердые растворы гранатов, за счёт вхождения мейджоритового компонента [8].

Таким образом, описанные фазовые взаимоотношения в модельной системе $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ при сопоставлении их с известными природными глубинными парагенезисами позволяют упорядочить существенные признаки характеризующие глубинные породы. Выделенные фазовые объёмы дают возможность классифицировать глубинные парагенезисы не входя в противоречие с возможным генезисом этих пород. Знание фазовых взаимоотношений в модельной системе позволяет выделять парагенетические признаки для глубинных парагенезисов на физико-химической основе, а не на случайном наборе эмпирического материала.

1. Сурков Н.В.. Экспериментальное исследование устойчивости и плавления дивариантных ассоциаций в форстеритнормативной части системы $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ в связи с петрологией верхней мантии. - в сб.: Материалы по генетической и экспериментальной минералогии. Под ред. Н.В. Соболева, Новосибирск, изд. СО РАН, НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1995, т. 11, стр. 27-43.
2. Kushiro I., Yoder H.S.Jr.. Anortite-forsterite and anortite-enstatite reactions and their bearing on the basalt-eclogite transformation. - *Journ. of Petrol.*, 1966, V. 7, N 3, p. 337-362.
3. MacGregor I.D. Stability fields of spinel and garnet peridotites in the synthetic system $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$. - In b.: *Carn. Inst. Wash., Yearbook*, 1965, V. 64, p. 126-134.
4. Сурков Н.В., Кузнецов Г.Н.. Экспериментальное исследование устойчивости твердых растворов клинопироксенов в ассоциации $Cpx+Opx+Gr$ системы $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$. - *Геология и геофизика*, 1996, т.37, N 12, стр. 18-25.
5. Perkins III D.. The stability of Mg-rich garnet in the system $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ at 1000-1300 °C and high pressure. // *American Mineralogist.*, 1983, V. 68, N 3-4, pp. 355-364.
6. Hensen B.J.. The stability of pyrope-grossular garnet with excess silica. // *Contrib.Mineral.Petrol.*, 1976, V. 55, N 3, pp. 279-292.
7. Сурков Н.В.. Experimental investigation of phases equilibriums in system $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ as a model some upper mantle paragenes. - Sixth International Kimberlite conference, Novosibirsk, August 1995, Extended abstracts, 1995, pp. 589-591.
8. Ringwood A.E., Major A. The system $Mg_2SiO_4-Fe_2SiO_4$ at high pressure and temperatures. - *Earth and Planetary Science Letters*, 1970, v. 3, N , p. 89-108.