

Современные представления о кристаллографической эволюции мантийных силикатов при высоких давлениях

Научный руководитель – Шацкий Антон Фарисович

Пирназарова Зумрат Назаралиевна

Студент (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра кристаллографии и кристаллохимии, Москва, Россия

E-mail: zumrat.pirnazarova@mail.ru

Фазовые переходы в системах Mg_2SiO_4 и $MgSiO_3$ определяют минералогическую стратификацию мантии Земли и отражают закономерную кристаллографическую эволюцию силикатов при росте давления. Современные экспериментальные и расчётные исследования показывают, что структурные преобразования сопровождаются изменением симметрии и увеличением координационного числа кремния атомами кислорода.

В переходной зоне мантии α - Mg_2SiO_4 (структура оливина) переходит в β - Mg_2SiO_4 (вадслеит), а затем в γ - Mg_2SiO_4 (рингвудит), обладающий шпинельным типом структуры. Эти переходы характеризуются скачкообразным увеличением плотности и перестройкой октаэдрических и тетраэдрических позиций катионов [1]. Таким образом реализуется переход от менее плотной оливиновой упаковки к более компактной шпинельной структуре.

На глубинах, соответствующих границе 660 км, происходит дальнейшее преобразование высокобарических модификаций Mg_2SiO_4 с образованием фаз нижней мантии. Основной силикатной фазой нижней мантии является $MgSiO_3$ со структурой перовскита (бриджманит), открытие которого существенно уточнило представления о кристаллохимии глубинных оболочек Земли [2]. При ещё более высоких давлениях установлена стабильность постперовскитной модификации $MgSiO_3$, характеризующейся иной симметрией и слоистой организацией структуры [3].

С термодинамической точки зрения устойчивость фаз определяется положением равновесия, описываемым наклоном кривой Клайперона ($dP/dT = \Delta S/\Delta V$). Современные исследования показывают, что величина и знак наклона для перехода, соответствующего глубине около 660 км, чувствительны к химическому составу (Fe, Al) и температуре, что уточняет условия устойчивости перовскитных и постперовскитных структур [4]. Это подчёркивает необходимость совместного учёта кристаллографии и термодинамики при моделировании фазовой эволюции мантии.

Таким образом, современные представления рассматривают эволюцию мантийных силикатов как последовательную структурную трансформацию от оливинового к шпинельному, перовскитному и постперовскитному типам, контролируемую давлением, температурой и химическим составом.

Источники и литература

- 1) Katsura T., Ito E. The system Mg_2SiO_4 – Fe_2SiO_4 at high pressures and temperatures // Journal of Geophysical Research. 1989.
- 2) Murakami M., Hirose K., Kawamura K., Sata N., Ohishi Y. Post-perovskite phase transition in $MgSiO_3$ // Science. 2004.
- 3) Hirose K. Postperovskite phase transition and its geophysical implications // Reviews of Geophysics. 2006.
- 4) Morgan G.T., Davies J.H., Myhill R., Panton J. On the global geodynamic consequences of different phase boundary morphologies // Solid Earth. 2025.