

**РЕЛИКТЫ НАИМЕНЕЕ ТРАНСФОРМИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА  
ВЕРХНЕЙ МАНТИИ В СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЯХ**

**Чашухин И.С., Вотяков С.Л.**

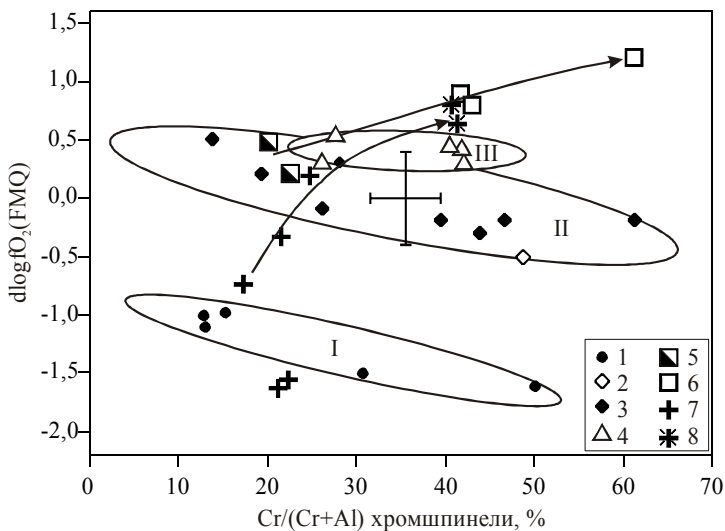
*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, chashchukhin@igg.uran.ru*

Известно, что гарцбургит-лерцолитовые серии (ГЛС) представляют собой наименее трансформированное вещество верхней мантии. Постоянство соотношений петрогенных элементов, независимое от тектонической обстановки становления сложенных ими геологических тел, свидетельствует о формировании ГЛС в ходе частичного плавления пиrolита мантии. По мере падения давления, с сохранением соотношений петрогенных элементов ГЛС образуют эволюционный ряд: гранатовые → шпинелевые → плагиоклазовые фации.

Наиболее чувствительным индикатором смены фаций является их редокс-состояние. Фациальные переходы сопровождаются увеличением летучести кислорода от -5 (в гранатовых) до +1 (в плагиоклазовых) ед.  $\log fO_2$  относительно буфера FMQ. Таким образом, величина летучести кислорода является также индикатором степени преобразования продуктов частичного плавления пиrolита верхней мантии.

В шпинелевых фациях наиболее восстановлены ГЛС подконтинентальных массивов Бени Бушера, Марокко и Ронда, Испания [3],  $fO_2$  в которых заметно ниже, чем в ксенолитах ГЛС в щелочных вулканитах. Можно утверждать, что в них сохранилось наименее трансформированное последующими процессами вещество верхней мантии Земли.

На Урале аналогичные по степени частичного плавления средиземноморским шпинелевые ГЛС обнажаются в массивах Крака, Нурали, Миндяк и в ряде более мелких. Задачей работы являлось сравнительное изучение редокс-состояния и поведения РЗЭ в ГЛС массивов Крака и Нурали в сопоставлении с аналогичными породами массива Ронда с целью поисков на Урале наименее трансформированного вещества верхней мантии.



**Рис. 1. Зависимость летучести кислорода от хромистости акцессорной хромшпинели в гарцбургит-лерцолитовых сериях массивов Крака, Нурали и Ронда.**

1-4 – ГЛС в шпинелевой фации, массивы Крака: 1 – Северный, 2 – Узьянский, 3 – Южный, 4 – шпинель-плагиоклазовая ГЛС Среднего Крака; 5-6 – массив Нурали, фации: 5 – шпинелевая, 6 – плагиоклазовая; 7-8 – массив Ронда [3]. Эллипсы – поля шпинелевой фации массивов Крака: I – Северного, II – Южного, III – Среднего. Стрелками показаны тренды эволюции  $fO_2$  в массивах Ронда и Нурали при преобразовании шпинелевой фации в плагиоклазовую.

В целом были отобраны и петрографически изучены 393 образца ультрамафитов. Аналитические исследования проведены в Центре коллективного пользования УрО РАН «Геоаналитик», г. Екатеринбург, аттестат аккредитации № 001544. Для 55 образцов акцессорной хромшпинели проведено мессбауровское изучение состояния железа и выполнены оценки редокс-состояния ультрамафитов. Мессбауровские спектры сняты на спектрометре SM2201, источник излучения  $^{57}Co$  в матрице Cr, режим постоянных ускорений, комнатная температура. На основе полученных данных оценено редокс-состояние ультрамафитов; расчеты  $fO_2$  выполнены по оксидометру [1].

Спектры РЗЭ в наименее истощенных лерцолитах массивов Крака, Нурали и Ронда идентичны и отвечают степени частичного плавления менее 5%. Коэффициенты распределения РЗЭ между сосуществующими орто- и клинопироксенами в лерцолитах Крака и Ронда практически оди-

наковы. Исключение составляют наименее деплетированные шпинелевые лерцолиты массива Северный Крака – величина  $K_{DREE}^{орх/срх}$  в них в 2 раза выше, чем в остальных образцах, в том числе из массива Ронда. Это свидетельствует о сохранении относительно высокой температуры минерального равновесия [2]. В остальных образцах в ходе преобразования в плагиоклазовую фацию происходит перебалансировка РЗЭ в пользу клинопироксена.

Величина летучести кислорода в массивах варьирует от  $-1,5$  до  $+1,2$  ед.  $\log fO_2$  (FMQ) – см. рисунок. Для шпинелевых ГЛС в массивах с слабым развитием плагиоклазовой фации (Северный и Южный Крака) прослеживается обратная зависимость величины  $fO_2$  от хромистости хромшпинели  $Cr/(Cr+Al)$  – индикатора степени частичного плавления. В массивах с широким развитием плагиоклазовой фации тренд выполаживается (Средний Крака), при установлении полного равновесия между сосуществующими фазами в плагиоклазовых лерцолитах он становится прямым и величины  $fO_2$  достигают максимума (массив Нурали).

Наиболее восстановленное на Урале редокс-состояние зафиксировано в отобранных вдали от плагиоклазовых лерцолитов образцах шпинелевой ГЛС Северного Крака ( $fO_2 = -1,0 \dots -1,5$  ед.  $\log$  (FMQ), идентичное шпинелевым лерцолитам массива Ронда. В Ронда вблизи выходов плагиоклазовых лерцолитов  $fO_2$  увеличивается до  $-0,7 \dots -0,4$  и в самих плагиоклазовых лерцолитах достигает  $+0,7$  ед.  $\log fO_2$  [3].

Таким образом, по редокс-состоянию и распределению РЗЭ между сосуществующими орто- и клинопироксенами шпинелевые лерцолиты массива Северный Крака представляют собой наименее трансформированное вещество верхней мантии Земли, доступное к изучению в складчатых областях.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №23 «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов» (Проект «Роль магматизма, метаморфизма и метасоматоза при формировании хромитового оруденения в ультрамафитах складчатых областей».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ballhaus C., Berry R., Green D. High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer: implication for the oxidation state of the upper mantle // Contrib. Mineral. Petrol. 1991. V 107. P. 27-40.
2. Witt-Eickschen G., O'Neill H.St.C. The effect of temperature on the equilibrium distribution of trace elements between clinopyroxene, orthopyroxene, olivine and spinel in upper mantle peridotite // Chemical Geol. 2005. V. 221. P. 65-101.
3. Woodland A., Kornprobst J., Wood B. Oxygen thermobarometry of orogenic lherzolite massifs // J. Petrol. 1992. V. 33. Part 1. P. 203-230.