

## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАНТИЙНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

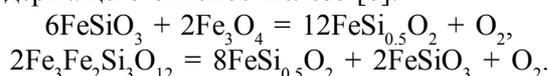
Рябчиков И.Д.

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,  
Москва, iryab@igem.ru*

Окислительно-восстановительный потенциал является одним из главных факторов, определяющих эволюцию Земли и других космических тел. Основным окислителем в геологических системах является кислород. Летучесть кислорода ( $f_{O_2}$ ) – мера окисленности природных систем, независимо от присутствия или отсутствия в них газовой фазы, содержащей свободный кислород.

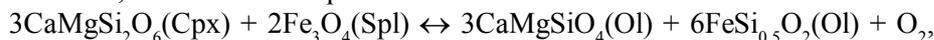
Летучесть кислорода контролирует поведение многих элементов в процессах конденсации протопланетного облака, в ходе аккреции планетизималей и планет и формирования их металлических ядер.

Многочисленные оценки летучести кислорода для мантийных перидотитов и базальтовых магм были получены на основании окислительно-восстановительных реакций между компонентами магнетитсодержащих шпинелей, оливинов и ортопироксенов [3, 4, 9], а для более высокобарных условий был предложен оксидометр, основанный на равновесии оливина, ортопироксена и граната, содержащего окисное железо [6]:



Эти кислородные барометры применимы к мантийным перидотитам, для многих из которых характерно одновременное присутствие оливина, ортопироксена и шпинели или граната, но в магматических породах даже толеитового семейства ортопироксен как правило отсутствует в щелочных вулканитах и продуктах кристаллизации щелочных магм ортопироксен вообще не встречается, что является препятствием для оценки  $f_{O_2}$  в них.

Нами предложен новый вариант оксидометра для фазовой ассоциации оливин + клинопироксен + шпинель, основанный на равновесии:



Этот метод был применен для оценки летучестей кислорода для дайковых и интрузивных пород Маймеча-Котуйской провинции щелочных ультрамафических пород и карбонатитов, в которых ортопироксен отсутствует. Полученные значения  $f_{O_2}$  для меймечитов и оливинсодержащих пород Гулинской интрузии показывают чрезвычайно высокую степень окисленности, что значительно выше, чем для базальтов срединно-океанических хребтов, и сравнимы с окислительно-восстановительными характеристиками магматических пород островных дуг.

Продуктом крайне восстановительных условий являются силикатные расплавы, образовавшие интерстициальные стекла в ксенолитах мантийных лерцолитов, найденных в вулканитах острова Сал, архипелаг о-вов Зеленого Мыса [2, 8]. Микрофенокристи, присутствующие в этих стеклах, представлены оливином, клинопироксеном, хромшпинелидом и редко плагиоклазом, содержат также зерна Fe-Ni сплавов и сульфидов.

Приведенные выше оценки показывают, что значения  $f_{O_2}$  в магмах мантийного источника могут различаться на 7-8 порядков.

Ведущими формами углерода в природных магмах и флюидах являются либо окисленные ( $\text{CO}_2$ , CO, карбонаты), либо восстановленные соединения (главным образом метан и другие углеводороды). Образование кристаллических форм элементарного углерода (графита или алмаза) в эндогенных процессах может происходить либо за счет восстановления  $\text{CO}_2$  или карбонатных форм, либо за счет частичного окисления углеводородов. В настоящей работе проведен термодинамический анализ минеральных равновесий в углеродсодержащих системах, позволяющий сделать выбор между этими альтернативами.

Карбонаты, несомненно, могут играть важную роль в алмазообразующих средах, однако возможное участие углеводородов в этих процессах может быть рассмотрено на основе константы равновесия следующей реакции:



Преобладающие содержания воды в мантийных оливинах 0-50 г/т [7]. В сравнении с предельной растворимостью гидроксила в оливине при параметрах алмазообразования это дает  $a_{\text{H}_2\text{O}} < 0.01$ .

Нижние части субкратонной литосферы, являющиеся, по-видимому, областью формирования преобладающей доли алмазов, характеризуются резко восстановительными условиями [1, 5]. Однако даже в столь восстановительных условиях при активности воды порядка 0.001 значения активности метана оказываются существенно меньше единицы, то есть система очень далека от насыщения в отношении метана. Отсюда следует, что наиболее вероятным механизмом алмазообразования является не частичное окисление углеводородов, а восстановление карбонатных компонентов.

Логично предположить, что окисленный углерод в форме карбонатных компонентов, присутствующих в расплаве или надкритическом флюиде, поступал в субкратонную литосферу из нижележащей астеносферы или из восходящего мантийного плюма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Рябчиков И.Д.* Окислительно-восстановительные равновесия в верхней мантии // Доклады АН СССР. 1983. Т. 268. № 3. С. 703-706.
2. *Рябчиков И.Д., Когарко Л.Н., Нтафлос Т., Курат Г.* Металлические фазы в мантийных ксенолитах // ДАН. 1994. Т. 338. С. 95-98.
3. *Рябчиков И.Д., Уханов А.В., Ишчи Т.* Окислительно-восстановительные равновесия в щелочных породах из верхней мантии Якутской кимберлитовой провинции // Геохимия. 1985. № 5. С. 1110-1123.
4. *Ballhaus C.* Redox states of lithospheric and asthenospheric upper mantle // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1993. V. 114. P. 341-348.
5. *Creighton S., Matveev S., Hufer H., McCammon C., Luth R.W.* Oxidation of the Kaapvaal lithospheric mantle driven by metasomatism // Contrib Mineral Petrol. 2009. V. 157. P. 491-504.
6. *Gudmundsson G., Wood B.J.* Experimental tests of garnet peridotite oxygen barometry // Contrib. Mineral. Petrol. 1995. V. 119. P. 56-67.
7. *Peslier A.H., Woodland A.B., Wolff J.A.* Fast kimberlite ascent rates estimated from hydrogen diffusion profiles in xenolithic mantle olivines from southern Africa // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2008. V. 72. P. 2711-2722.
8. *Ryabchikov I.D., Ntaflos T., Kurat G., Kogarko L.N.* Glass-bearing xenoliths from Cape Verde: Evidence for a hot rising mantle jet // Mineralogy and Petrology. 1995. V. 55. P. 217-237.
9. *Wood B.J., Bryndzia L.T., Johnson K.E.* Mantle oxidation state and its relationship to tectonic environment and fluid speciation // Science. 1990. V. 248. P. 337-345.