

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА КРИСТАЛЛОВ ЦИРКОНОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

Жаркова Е.В., Кадик А.А., Бибикова Е.В. (ГЕОХИ РАН)

*kadik@geokhi.ru*

В данной работе проведены экспериментальные измерения собственной летучести кислорода ( $fO_2$ ) 14-ти кристаллов циркона из различных по возрасту магматических и метаморфических комплексов континентальной коры с целью определения возможной эволюции окислительно-восстановительного режима литосферных слоев верхней мантии во времени. Циркон является широко распространенным акцессорным минералом во многих типах изверженных, метаморфических и осадочных пород. По своей природе он может быть как продуктом первичной кристаллизации, так и ксенокристаллом, продуктом выветривания и рекристаллизации зерен. Собственная летучесть кислорода оксидных минералов имеет сложную природу, связанную как с наличием элементов переменной валентности, так и с кислородными дефектами в их структуре. С термодинамической точки зрения  $fO_2$  минералов, определенные с помощью твердых кислородных электрохимических ячеек, должны отражать окислительно-восстановительные условия их первоначального роста, если природные соединения не испытывали вторичных изменений под влиянием последующих геохимических процессов. Определения  $fO_2$  проводились на высокотемпературной установке, на основе двух твердых электролитических ячеек в интервале температур от 800 до 1100°C при 1 атм. В целом зависимость  $\log fO_2 - 1/T, ^\circ K$  по своему наклону лежит в области равновесия WM. Отклонения от этой величины составляют  $\pm 1 \log$  ед.  $fO_2$ . Результаты экспериментов представлены в таблице.

Образец	Описание образца	Возраст млн. лет	$\log fO_2$ 900°C
15148	Гранит, Вост. Забайкалье	130-170	-13.68
С-87-21	Гранодиорит. Клыч, Б.Кавказ	320	-15.82
8-365	Гранитоид, Шароазаринский массив. В.Сибирь	340	-16.94
19 а	Биотитовый рапакиви, Бердяушского плутона. Ю.Урал	1350	-15.09
19	Кимберлит. Якутия		-16.48
3/1	Чарнокит. Алдан.	1970	-15.56
518	Чарнокит. Вигамский массив. Карелия	2420	-14.47
29950	Габбро. Украинский щит	2650	-15.44
Чук 10	Тоналит-гнейс. Омолонский массив	2700	-15.90
13-11	Габбро. Нот-озеро. Карелия.	2700	-16.86
196	Диорит. Тупая губа. Карелия.	2730	-15.58
2128	Габбро-диорит. Еленовка. Приазовье.	2900	-17.12
650	Танолит. Ямбург. Приднестровье.	3000	-1497
ОНГ 3	Тоналит. Олот. Присяянье.	3400	-15.17

Цирконы, выбранные для исследования, несут признаки магматического происхождения и сложной петрологической истории тех пород, в которых они присутствуют в качестве акцессорных минералов. Следует ожидать, что измеренная летучесть кислорода этих кристаллов отражает всю сложность процессов, которые протекали в литосфере в различные геологические времена. В связи с этим интерпретация природы явлений, которые определили значения  $fO_2$  цирконов, встречает много трудностей.

В целом можно заключить, что собственная летучесть кислорода кристаллов цирконов из магматических и метаморфических комплексов, возраст которых лежит в области 3000-3500 млн. лет, подтверждает представление о том, что наиболее существенное изменение потенциала кислорода верхних слоев мантии, скорее всего, произошло на ранних этапах формирования Земли. Можно предполагать, что значения  $fO_2$  цирконов из докембрийских пород древней коры отражают ту стадию дифференциации верхней мантии, когда ее глубинное вещество в целом

испытало повышение  $fO_2$  в предыдущие времена. Сравнение  $fO_2$  древних цирконов с  $fO_2$  перидотитовых пород современной литосферы позволяет предполагать дальнейшее изменение окислительно-восстановительного состояния литосферных слоев верхней мантии в сторону повышения потенциала кислорода. Высокие значения  $fO_2$  (QFM, QFM+1) ее перидотитовых пород с явными признаками метасоматических преобразований, позволяет предполагать, что эта эволюция связана с развитием метасоматических процессов в мантии. Согласно ряду геохимических данных около 2200 тысяч лет тому назад. Одной из предполагаемых причин этого явления является изменение геодинамики планетарного вещества связанного с возникновением тектоники плит и активного формирования астеносферных диапиров. Вместе с тем сравнение  $fO_2$  древних цирконов с  $fO_2$  перидотитовых пород современной литосферы свидетельствуют о дальнейшей эволюции окислительно-восстановительного состояния литосферных слоев верхней мантии. Если сравнить полученные значения  $fO_2$  для цирконов и измеренные ранее величины летучестей кислорода для алмазоносных перидотитов и эклогитов и для наименее деплетированных шпинелевых перидотитов, то можно заключить, что формирование древнейших тоналитов и гранитоидов при плавлении коры имели некоторую специфику в отношении окислительно-восстановительного режима, которая выражается в более низких значениях  $fO_2$  (WM) по сравнению со средними значениями  $fO_2$  пород современной литосферы (QFM). Можно предположить, что собственная летучесть кислорода кристаллов цирконов из магматических и метаморфических комплексов, возраст которых лежит в области 3000-3500 млн. лет подтверждает представления о том, что наиболее существенное изменение потенциала кислорода верхних слоев мантии, скорее всего, произошло на более ранних этапах формирования Земли.

## **Выводы**

Измерения  $fO_2$  цирконов из магматических и метаморфических комплексов коры различного возраста свидетельствуют о том, что коровое вещество несет некоторые признаки эволюции окислительно-восстановительного режима верхней мантии во времени, связанное с повышением потенциала кислорода в более поздние времена, чем 3000-3500 млн. лет. Вместе с тем, значения  $fO_2$  древних цирконов далеки от окислительно-восстановительных условий равновесия минералов с металлической фазой железа, которые, по-видимому, были характерны для заключительных стадий формирования верхних слоев мантии.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 02-05-64735  
и программ ОНЗ РАН № 5 и № 10*

---

*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-16.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/term-16.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*