

ДЕКОМПРЕССИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ Fe^{3+} ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕКТИТОВ В ИМПАКТНОМ ПРОЦЕССЕ

Луканин О.А., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН)

lukanin@geokhi.ru факс (095)938-20-54 тел.: (095)137-44-72

Ключевые слова: тектиты, ударные процессы, железо, редокс реакции, адиабатическая декомпрессия

Одна из характерных особенностей состава тектитовых стекол, образующихся в результате импактных событий, - существенно более низкие отношения $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, по сравнению с породами мишени, которые являются для них исходным материалом. Возможные причины изменения валентности железа в ударных процессах остаются предметом обсуждения [1-3]. По мнению авторов данного сообщения реакции восстановления с участием ионов железа и других элементов при формировании тектитов могут быть обусловлены, главным образом, закономерным изменением режима кислорода в процессе адиабатической декомпрессии вещества после его ударного сжатия. Основным условием протекания реакций восстановления является полное плавление вещества, вовлеченного в импактный процесс, и достижение на определенной стадии разгрузки высоких температур, которые характерны для образования тектитовых расплавов ($\geq 1800-2000^\circ\text{C}$). В этом случае в процессе адиабатической декомпрессии полностью расплавленного вещества парциальное давление кислорода (p_{O_2}) в системе при снижении общего давления (P_{tot}) приближается к величине P_{tot} . В тот момент, когда достигается условие $p_{\text{O}_2} \cong P_{\text{tot}}$, дальнейшее уменьшение общего давления с неизбежностью вызывает и уменьшение p_{O_2} , что в свою очередь приводит к частичному восстановлению Fe^{3+} в расплаве. Следует отметить, что в данном случае реакции восстановления протекают в закрытой системе и не требуют удаления из нее кислорода.

Декомпрессионный механизм восстановления Fe^{3+} в импактном расплаве иллюстрирует рис.1, на котором в схематическом виде показано изменение p_{O_2} для расплавов в зависимости от общего давления, температуры и соотношения в них $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$. Предполагается, что с увеличением температуры и давления величина p_{O_2} для расплавов, с постоянным соотношением $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, возрастает также как и для буфера магнетит-вюстит (MW). Основанием для такого предположения являются: 1) результаты измерений собственной летучести кислорода f_{O_2} тектитовых стекол в интервале $800-1150^\circ\text{C}$, которые показывают, что температурная зависимость p_{O_2} тектитов примерно такая же как для p_{O_2} буфера MW [3], 2) данные о редокс состоянии ионов железа в силикатных расплавах основного состава, согласно которым в широком интервале P - T условий при увеличении давления (T и $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ в расплаве = const) величина p_{O_2} возрастает на величину примерно такую же как и p_{O_2} буферных равновесий QFM и MW [4, 5].

Пусть на стадии разгрузки при давлении $> 30-40$ кбар $T \cong 2250^\circ\text{C}$ и вещество полностью находится в расплавленном состоянии. При этом соотношение $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = R(\text{mv})$ в расплаве соответствует величине p_{O_2} буфера MW. Адиабатический градиент для силикатного расплава оставляет $\sim 1^\circ\text{C}/\text{кбар}$ и процесс адиабатической декомпрессии в первом приближении можно рассматривать как изотермический. Таким образом, при снижении P_{tot} величина p_{O_2} для расплава с $R(\text{mv})$ будет изменяться по траектории, которая близка к траектории показанной на рис. 1А жирной линией. При $P_{\text{tot}} \sim 50$ бар p_{O_2} приближается к величине P_{tot} . Поэтому, при достижении общего давления в системе ~ 50 бар (или несколько раньше, начиная с более высоких давлений), дальнейшее снижение P_{tot} должно сопровождаться уменьшением p_{O_2} и, соответственно, частичным восстановлением Fe^{3+} в расплаве от $R(\text{mv})$ к $R(\text{mv}-2)$. Чем выше температура, тем при более высоком общем давлении может достигаться условие $P_{\text{tot}} \cong p_{\text{O}_2}$ и тем более значительным может быть относительное восстановление расплава на заключительных этапах адиабатической декомпрессии (рис1Б).

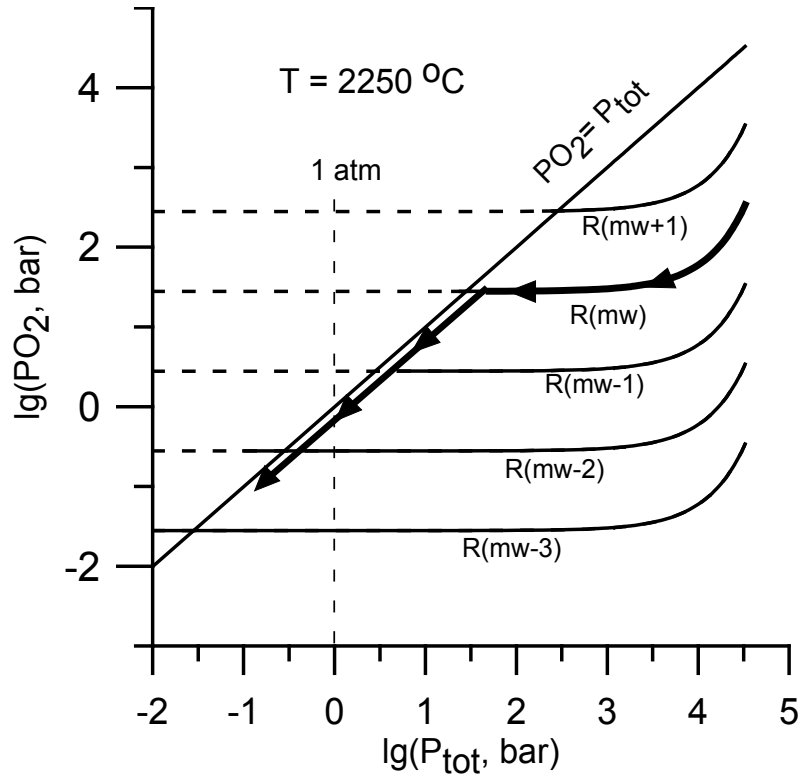
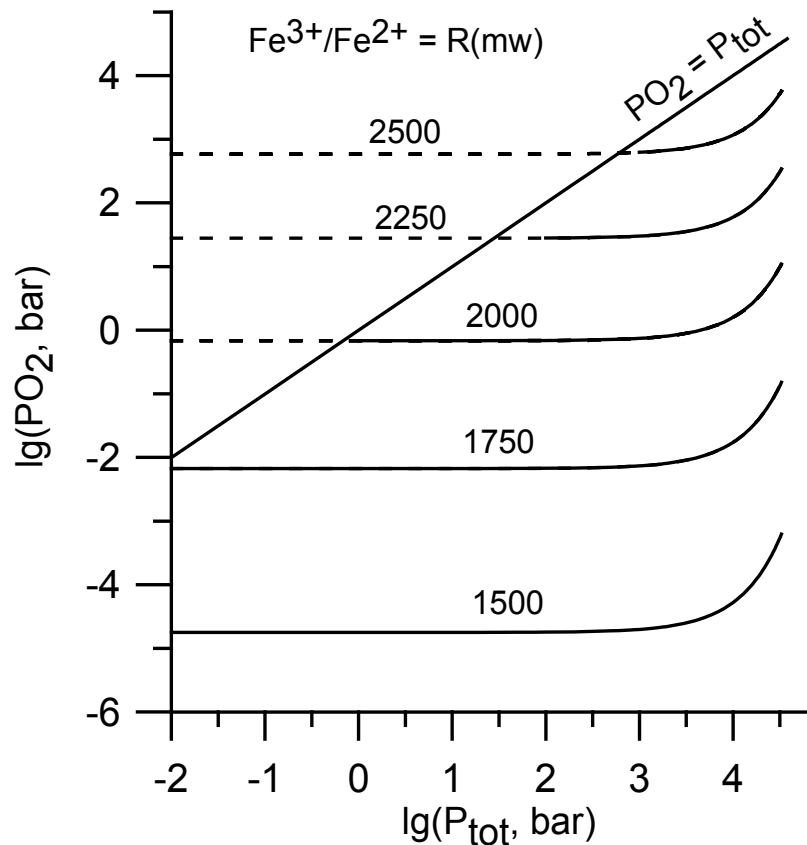


Рис. 1. Схема "декомпрессионного" восстановления расплавов, образующихся в импактном процессе:

А - Изменение pO_2 в зависимости от общего давления (P_{tot}) для расплавов с различным соотношением Fe^{3+}/Fe^{2+} при изотермических условиях ($T=2250^\circ C$). $R(mw)$, $R(mw \pm n)$ - соотношения Fe^{3+}/Fe^{2+} в расплаве, которые соответствуют (или на n порядков больше или меньше) pO_2 буфера MW . $R(mw+1) > R(mw) > R(mw-1) > R(mw-2)$. Жирные линии со стрелками - траектория изменения pO_2 при декомпрессии.



Б- Изотермы изменения pO_2 в зависимости от общего давления (P_{tot}) для расплава с постоянным соотношением $Fe^{3+}/Fe^{2+} = R(mw)$. Цифры у кривых - температура в $^\circ C$.
Дополнительные объяснения в тексте.

Если остаточная температура на определенном этапе разгрузки достигает значений полного испарения расплава ($>2500-3000^{\circ}\text{C}$), то расплав, вновь образующийся в процессе конденсации при последующей декомпрессии и охлаждении системы, может оказаться более восстановленным, по сравнению с исходным расплавом перед его испарением. Возможно, именно при полном испарении вещества и последующей его конденсации рассмотренный выше механизм восстановления реализуется наиболее полно, так как реакции в газовой фазе протекают значительно быстрее и редокс состояние конденсирующийся жидкости ближе отвечает равновесным условиям. Таким образом в процессе адиабатической декомпрессии высокотемпературных импактных расплавов можно ожидать существенное их восстановление. При этом нет необходимости предполагать, что кислород удаляется из системы избирательно или вместе с паровой фазой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-05-64735) и ОНЗ РАН (проект № 10-7, 2003 г.).

Литература

1. Fudali R.F., Dyar M.D., Griscom D.L., Schreiber H.D. The oxidation state of iron in tektite glass // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1987. V. 51. P. 2749-2756.
2. Фельдман В.И. Петрология импактитов. М.: Изд-во МГУ. 1990. 299 с.
3. Кадик А.А., Луканин О.А., Жаркова Е.В., Фельдман В.И. Режим кислорода и водорода (воды) при формировании тектитов.// *Геохимия*, 2003, № 9. (в печати).
4. Луканин О.А., Русаков В.С., Котельникова А.А., Кадик А.А. Валентное и структурное состояние атомов железа в базальтовых расплавах до 5 кбар // *Петрология*, 2002 .Т.10. № 4. С. 339-363.
5. Kress V., Carmichael I.S.E. The compressibility of silicate liquids containing Fe_2O_3 and the effect of composition, temperature, oxygen fugacity and pressure on their redox states // *Contrib. Mineral. and Petrol*, 1991. V. 108. P. 82-92.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2003/informbul-1/planet-4.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна