

ВОДА В ТЕКТИТОВЫХ И ИМПАКТИТОВЫХ СТЕКЛАХ

Луканин О.А., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН)

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

Ключевые слова: тектит, импактит, вода, ударное плавление, природные стекла

Введение

Уже первые определения воды в тектитах (Fridman, 1962; Gilchrist et. al., 1969) показали, что ее содержания в тектитовых стеклах (< 0.03 мас.%) значительно ниже, чем в земных стеклах вулканического происхождения, в том числе и в наиболее близких по составу к тектитам - кислых обсидианах (> 0.15 мас.%). Это стало одним из отличительных признаков тектитов и аргументом в пользу их внеземного происхождения (O'Keefe, 1976). Однако в настоящее время большинство исследователей приходит к заключению об образовании тектитов в результате ударных событий на поверхности Земли (Koeberl, 1986; Фельдман, 1990; Heinen, 1998). Вместе с тем в большинстве случаев в отличие от импактитов их пространственная и генетическая связь с конкретными ударными кратерами не является вполне очевидной. Существенный прогресс в изучении воды в тектитовых и импактитовых стеклах был достигнут, благодаря использованию локальных методов инфракрасной спектроскопии. В данном сообщении на основании некоторых новых определений H_2O в тектитовых и импактитовых стеклах [1], а также обзора уже имеющихся данных рассматриваются следующие вопросы: 1) вариации воды в различных типах тектитов и импактитов, 2) возможные погрешности в определении H_2O , 3) влияние на содержание воды в тектитовых и импактитовых стеклах вторичных изменений при их длительном пребывании в земной коре. Кроме того, используя имеющиеся физико-химические и экспериментальные данные, обсуждаются некоторые особенности поведения воды при импактном процессе.

Результаты и обсуждение

Содержания воды были определены методом FTIR спектроскопии в двух образцах молдавитов (Коросеки, Чехия), индошините (Вьетнам), а также в иргизите - тектитоподобном стекле из ударного кратера Жаманшин (Казахстан) (рис.1).

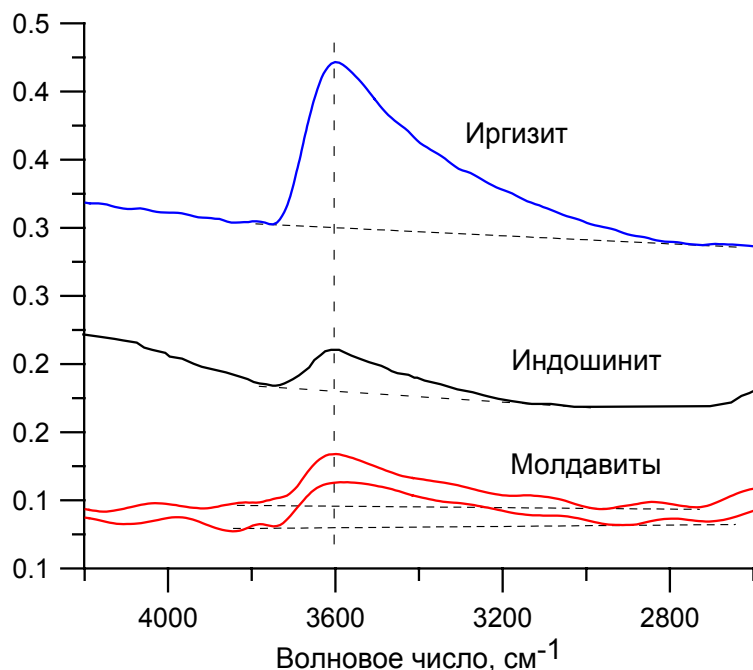


Рис.1. ИК(FTIR) спектры поглощения исследованных стекол тектитов и иргизита в области основной полосы поглощения воды в виде OH^- групп 3550 см^{-1} , по интенсивности, которой проводилась количественная оценка концентраций воды в стеклах. Интенсивности поглощения приведены к одной толщине пластинок равной 300 мкм .

Измеренные содержания H_2O в молдавитах $0.0095 - 0.0111$ мас.%, хорошо согласуются с предыдущими определениями (Gilchrist et. al., 1969; King, Arndt, 1977; Engelhardt et al., 1987) и соответствуют среднему значению для всей известной выборки анализов воды в молдавитах 0.010 ± 0.005 мас.%. (рис. 2). Концентрация воды в исследованном образце индошинита 0.0038 ± 0.0005 мас.% близка к наиболее низким из известных значений для этой группы тектитов $0.0047 - 0.031$ мас.% (Gilchrist et. al., 1969; Beran, Koeberl, 1997; Newman et al., 1995). Она существенно ниже, чем среднее значение для индошинитов из различных районов Индокитая, которое составляет 0.0165 ± 0.0009 мас.% (рис. 2). Из изученных образцов иргизит имеет самое высокое содержание $H_2O - 0.0348 \pm 0.0008$ мас.%. Значительно более высокие концентрации H_2O в иргизитах по сравнению с другими тектитовыми стеклами были отмечены ранее в работах (King, Arndt, 1977; Beran, Koeberl, 1997), которые определили вариации содержаний воды в пределах $0.017-0.051$ мас.% со средним значением 0.0322 ± 0.0020 мас.%, что близко к величине, полученной для нашего образца (рис. 3). В целом, имеющиеся к настоящему времени данные демонстрируют широкие вариации содержаний воды в тектитовых и импактитовых стеклах (рис. 2 и 3). Импактиты имеют, как правило, значительно более высокие концентрации воды. Среднее содержание H_2O в импактитах ($0,054$ мас.%) более чем в три раза превышает среднее содержание H_2O в тектитах ($0,015$ мас.%). Однако при этом для обеих разновидностей импактных стекол имеется достаточно широкий диапазон перекрытия концентраций воды.

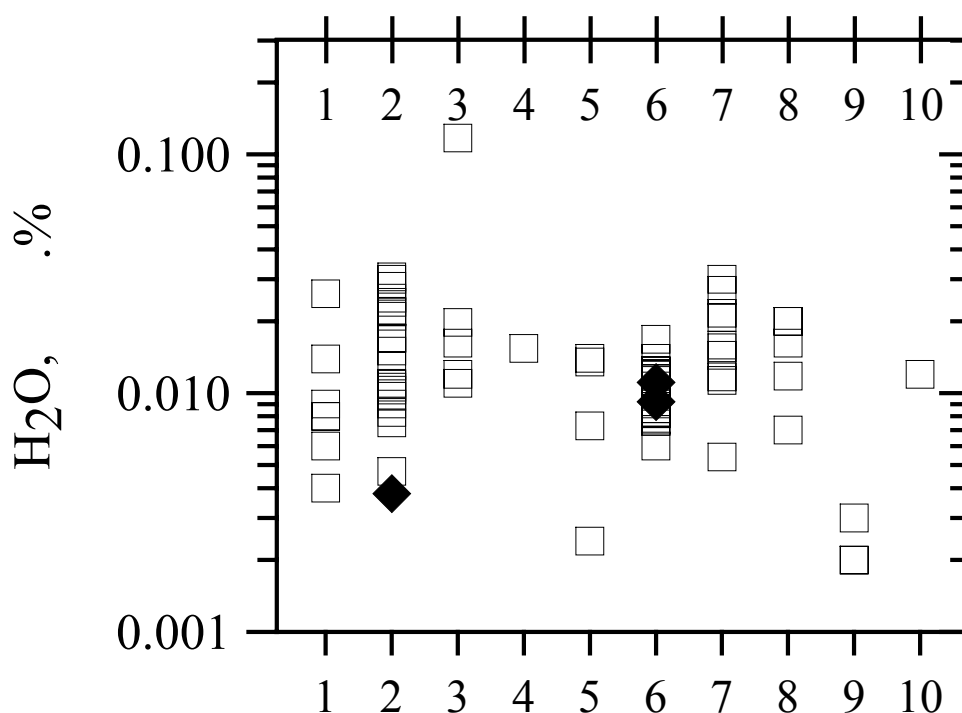
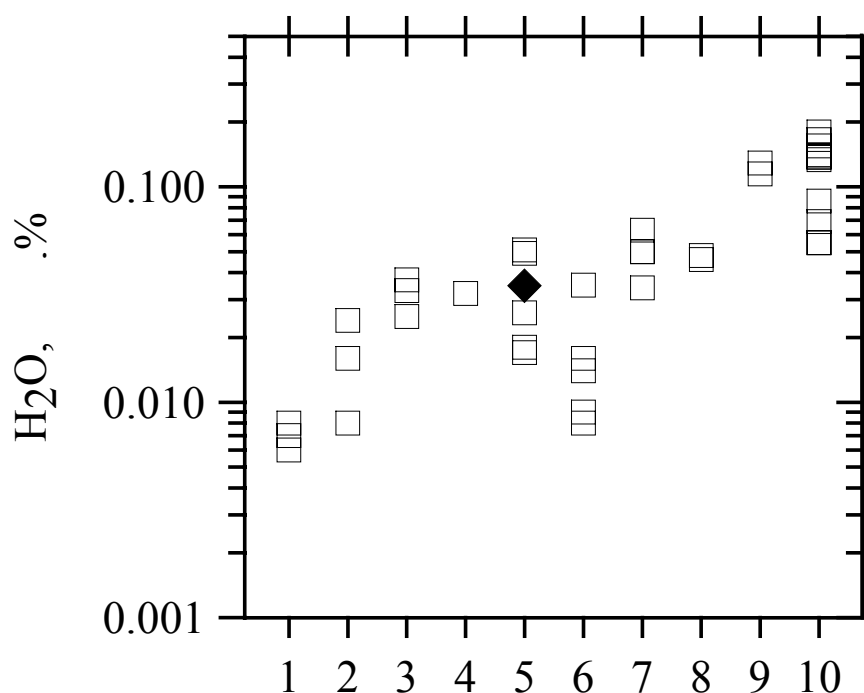


Рис.2. Содержания воды в различных типах тектитовых (а) и импактитовых (б) стекол. Квадраты - имеющиеся данные (Gilchrist et. al., 1969; King, Arndt, 1977; Engelhardt et al., 1987; Koeberl, Beran, 1988; Newman et al., 1995; Beran, Koeberl, 1997). Ромбы - данные, полученные в данной работе.



Погрешность ИК определений H_2O в стеклах зависит от точности измерений интенсивности поглощения, толщины пластинки стекла, используемой для ИК измерений, а также от точности определения коэффициентов экстинкции и плотности стекла. Для тектитовых стекол погрешность определений H_2O , как правило, не превышает 10 %. Однако в случае наиболее низких концентраций H_2O в тектитах она может достигать 20-25%. Одной из нерешенных проблем определения H_2O в тектитах методом ИК спектроскопии является необходимость более точной калибровки интенсивности полосы поглощения $\sim 3550 \text{ см}^{-1}$ в интервале очень малых концентраций H_2O 0.05-0.005 мас.%, характерных для тектитовых стекол. Использование в работах разных авторов близких методических подходов свидетельствует о примерно одинаковой погрешности определений воды и дает возможность сравнивать результаты, полученные в этих работах.

Имеющиеся данные по взаимодействию силикатных стекол с водными растворами (Glass, 1984; La Marche et al., 1984; Barkatta et al., 1984; Mazer et al., 1992; Glass et al., 1997; и др.) показывают, что скорость растворения стекол тектитового состава в растворах при температурах, характерных для приповерхностного слоя земной коры, выше скорости диффузии воды в стекле. Это позволяет сделать вывод о том, что в большинстве случаев, тектитовые стекла не испытывали вторичной гидратации во время своего длительного нахождения в земной коре при обычных относительно низких температурах. Вместе с тем взаимодействие стекол с водными растворами при повышенных температурах может сопровождаться гидратацией и существенными вторичными изменениями стекол. Такого рода изменения часто наблюдаются в импактитах, которые первоначально состояли полностью или частично из стекла. Наблюдаемая в тектитах обратная зональность в распределении воды (понижение концентрации H_2O к краям об-

разца) свидетельствует о том, что гидратация тектитовых стекол (и возможно исходных расплавов) в результате взаимодействия с атмосферой на стадии их разлета после ударного события, по-видимому, не играла какой-либо заметной роли.

Эксперименты, проведенные для выяснения особенностей поведения воды и других компонентов при ударном плавлении (быстрый разогрев водосодержащих пород различного состава до очень высоких температур $>2000-2500^{\circ}\text{C}$, плавление и испарение силикатов в вакууме), пока весьма приближенно моделируют отдельные стороны импактного процесса. Испарение вещества и последующая его конденсация, несомненно, являются наиболее эффективными процессами дифференциации в отношении летучих и других компонентов. При столь высоких температурах, которые необходимы для полного испарения силикатного вещества $\geq 2700-3000^{\circ}\text{C}$, вода в паре будет представлена, главным образом, не молекулами H_2O , а частицами H , H_2 , O , O_2 , OH [1]. Возможно, какая-то часть из них может входить в состав более сложных частиц (кластеров), которые формируются при испарении силикатного вещества и включают в себя петрогенные компоненты. При охлаждении и конденсации пара в первую очередь в силикатную жидкость будут входить летучие компоненты, связанные с более крупными группировками. Кроме того, некоторая часть летучих, присутствующих в паре самостоятельно в виде более простых частиц, также будет захватываться образующейся силикатной жидкостью. Возможно, образование силикатных шариков (корольков) на месте проведения испытательных ядерных взрывов, которые имеют очень низкие, близкие к тектитам концентрации воды (~ 0.01 мас.%) [2], является более адекватной моделью поведения воды и других летучих компонентов при формировании тектитов во время ударных событий большой мощности.

Заключение

Большинство тектитов является природными стеклами земного происхождения с наиболее низкими концентрациями воды, которые в основном отражают исходные содержания H_2O в расплавах, образующихся при ударных событиях. Сохранившиеся без изменения импактитные стекла по сравнению с тектитовыми имеют, как правило, значительно более высокие содержания воды. Вместе с тем имеется достаточно широкий диапазон перекрытия концентраций воды в тектитах и импактитах. Наибольшее влияние на поведение воды и других компонентов имеют процессы испарения и конденсации силикатных жидкостей, образующихся при импактных событиях в условиях экстремального энергетического воздействия. В зависимости от мощности взрыва и удаленности от эпицентра соотношение паровой и жидкой фаз должны варьировать. При разлете взрывных струй процессы конденсации и охлаждения расплавов, по-видимому, окончательно формировали состав тектитовых стекол.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-05-64735) и Отделения наук о Земле РАН (проект 10.5)

Литература

1. Кадик А.А., Луканин О.А., Жаркова Е.В., Фельдман В.И. Режим кислорода и водорода (воды) при формировании тектитов // Геохимия, 2003. № 9. PP. 950-967.
2. Glass B.P., Senftle F.E., Muenov D.W., Aggorey K.E., Thorpe A. Atomic bomb glass beads: Tektite and mikrotektite analogs // Proceedings of the 2nd International Conference on Natural Glasses (ed. J. Korta), Prague. The Czech Rep., 1988. PP. 361-369.

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/planet-6.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