

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ОКЕАНИЧЕСКИХ БАЗАЛЬТОВЫХ СТЕКОЛ ПО ДАННЫМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

М. А. Крылова, С. М. Лебедева, В. Н. Быков

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, maryakrylova@mail.ru

Океанические базальтовые стекла являются важнейшими минералогическими объектами, исследование которых дает информацию о современном магматизме Земли, составе и эволюции мантийных магм. Стекла являются термодинамически неустойчивой переохлажденной жидкостью, находящейся в метастабильном состоянии, и для них характерна постепенная перестройка структуры, связанная с процессами самопроизвольной кристаллизации [Аппен, 1974]. Этот процесс имеет большое значение особенно для природных стекол, которые, как правило, представляют собой гетерогенные объекты, в которых всегда присутствуют кристаллические фазы, образованные по тому или иному механизму. Природные стекла несут информацию о химизме расплавов, их термической истории и объем этой информации увеличивается при их совместном изучении с сосуществующими кристаллическими фазами [Природные стекла..., 1987; Фрих-Хар, 1977].

Целью данной работы являлось детальное исследование состава, структуры океанических базальтовых стекол из различных районов Мирового океана: Срединно-Атлантического хребта, Восточно-Тихоокеанского поднятия и района тройного сочленения Буве [Пейве и др., 1994; Симонов, Колобов, 1995; Пушаровский и др., 1998]. Электронно-микроскопические исследования, с определением составов стеклообразной матрицы и сосуществующих включений были выполнены на растровом электронном микроскопе РЭММА-202.

Дифрактометрическое исследование образцов показало, что степень кристалличности исследованных образцов меняется в широких пределах: от полностью гомогенных стекол до стекол, в которых содержится значительное количество кристаллических фаз (оливин, плагиоклаз и пироксен).

Базальтовые стекла представляют собой существенно неоднородные объекты, в которых в стеклообразной матрице находятся включения разных кристаллических фаз, в том числе и размеров, слишком малых для того, чтобы изучить их с помощью оптической микроскопии. Для более детального исследования таких включений, структуры стеклообразной матрицы, а также определения химического состава образцы базальтов были изучены методом растровой электронной микроскопии. Химический состав оливинов САХ и ВТП по результатам исследований не зависит от морфологии, формы и размеров кристаллов. Для оливинов тройного сочленения Буве характерны две генерации. Первая генерация представлена наиболее крупными фенокристаллами ($Fo_{81}-Fo_{88}$). Вторая генерация вкрапленников отвечает скелетным и футляровидным кристаллам и лежит в пределах $Fo_{67}-Fo_{80}$. Во всех океанических базальтовых стеклах также установлены две генерации плагиоклазов. Первая генерация (An_{70-90}) представлена крупными фенокристаллами, а вторая генерация представлена скелетными кристаллами и кристаллитами (An_{45-70}).

Существует большое количество работ, в которых неоднородности в базальтах изучены на оптическом уровне, в том числе кристаллы разной формы, вариолиты, описаны текстуры и структуры базальтов [Атлас структур..., 1980; Лапин, Фролова, 1992; Шарфман и др., 2005]. Неоднородное строение является принципиальной особенностью базальтовых стекол. Существуют неоднородности разного масштаба – от крупных фенокристаллов, далее идут кристаллиты, размер которых на порядок меньше и затем субмикронные области неоднородностей в самом стекле. Таким образом, в стекле существуют различные иерархические уровни.

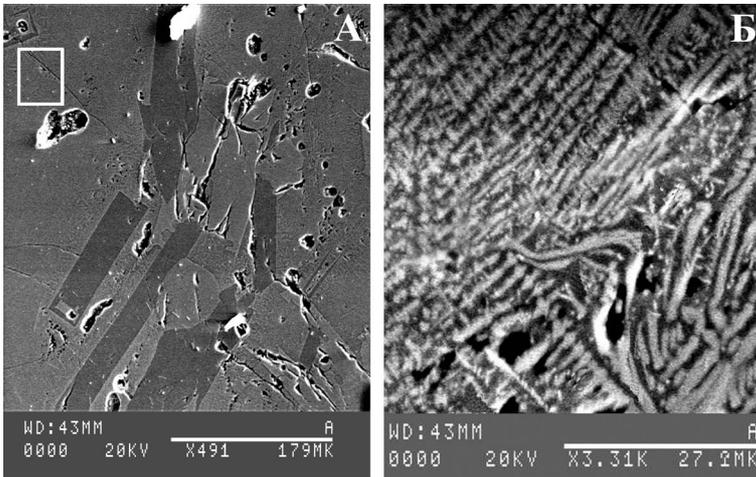


Рис. 1. Оптическое (А) и электронно-микроскопическое (Б) изображения образца S18-16/37. Оптически однородное базальтовое стекло (участок, выделенный прямоугольной рамкой) под электронным микроскопом проявляет микронеоднородную структуру.

Базальтовое стекло как при рассмотрении в оптический микроскоп, так и при не очень больших увеличениях в электронный выглядит как однородное стекло (рис. 1А). Однако, при большом увеличении (участок выделен рамочкой) видно, что данное стекло является неоднородным (рис. 1Б): наблюдаются светлые и темные участки, которые отличаются по химическому составу.

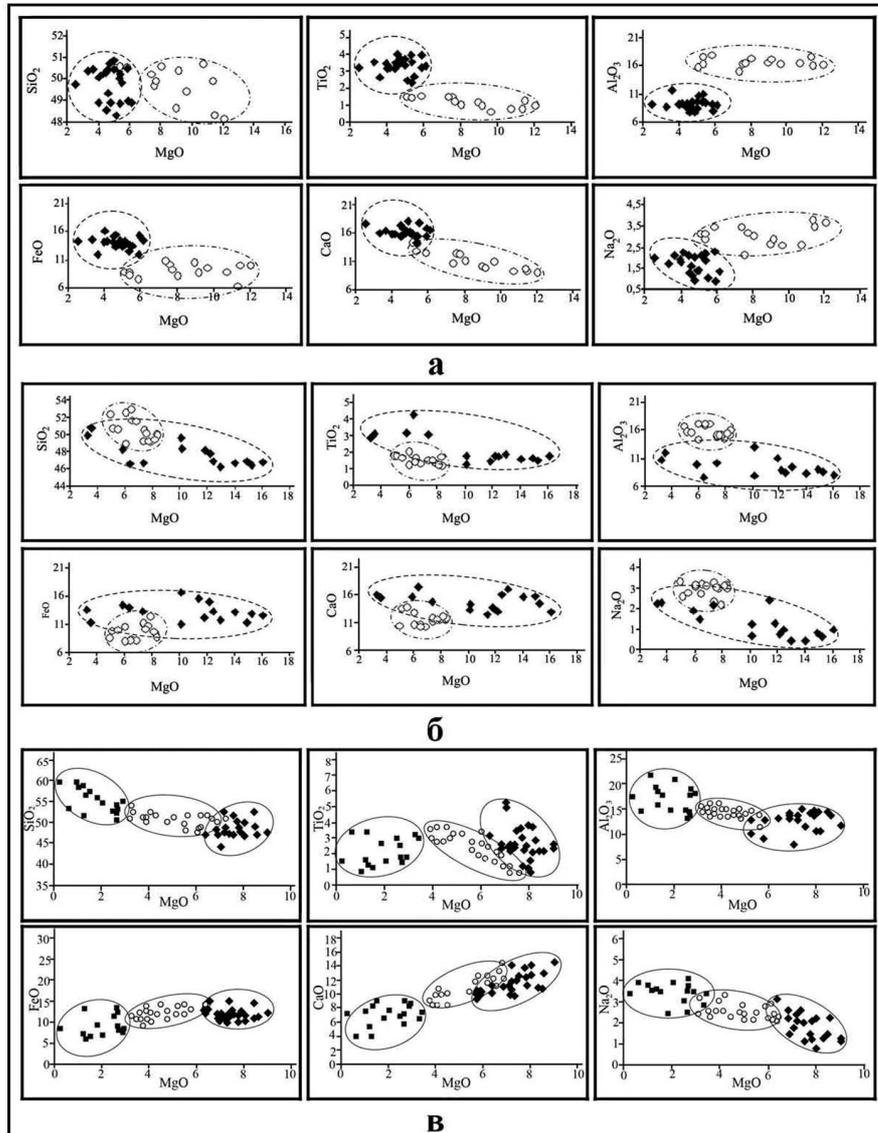


Рис. 2. Поля распределения порообразующих окислов (вес. %) по отношению к MgO для базальтовых стекол САХ (а), ВТП (б) и района тройного сочленения Буве (в).

◆ – микронеоднородное стекло (светлые участки); ■ – микронеоднородное стекло (темные участки); ○ – гомогенное неизменное стекло.

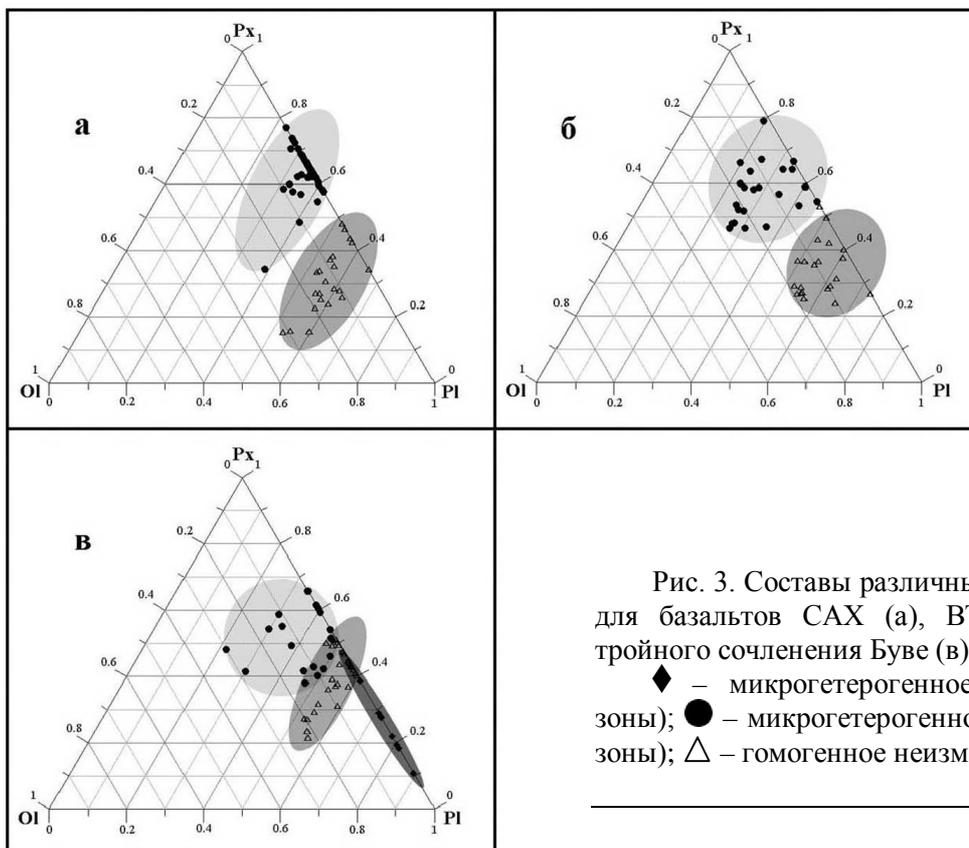


Рис. 3. Составы различных участков стекла для базальтов САХ (а), ВТП (б) и района тройного сочленения Буве (в).

◆ – микрогетерогенное стекло (темные зоны); ● – микрогетерогенное стекло (светлые зоны); △ – гомогенное неизмененное стекло.

Методом энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа были определены составы участков неоднородностей в базальтовых стеклах. По результатам анализов были построены диаграммы распределения породообразующих окислов от содержания магния (рис. 2). Известно, что содержание магния является показателем степени дифференциации базальтового расплава [Christie et al., 1986]. На диаграммах, построенных для базальтов САХ и ВТП, отчетливо прослеживается две области, которые характеризуют гомогенные неизмененные и микрогетерогенные стекла (рис. 2а, б). Определить химический состав разных зон микрогетерогенного стекла в этих базальтах не представляется возможным из-за их малого субмикронного размера. В океанических базальтах района тройного сочленения Буве удалось определить химический состав светлых и темных зон микрогетерогенного стекла. Было показано, что состав гомогенного неизмененного стекла является промежуточным между составом этих двух зон неоднородного стекла (рис. 2в).

В базальтовых стеклах САХ и ВТП на диаграмме ОI–Pl–Px составы микрогетерогенных стекол образуют поля, смещенные в направлении пироксена (рис. 3а, б). В базальтовых стеклах района тройного сочленения Буве на диаграмме ОI–Pl–Px поле составов (рис. 3в), соответствующее светлым зонам микрогетерогенного стекла, смещено в сторону пироксена. Поле составов, соответствующее темным зонам, смещено в противоположную сторону в направлении плагиоклаза и, таким образом, состав гомогенного стекла является промежуточным между составами этих двух зон микрогетерогенного стекла. Это предполагает, что микрогетерогенное стекло образовалось путем дифференциации гомогенного расплава.

Таким образом, исследование природных океанических базальтовых стекол показало, что они обладают существенно неоднородным строением, связанным с существованием вкрапленников (плагиоклазов, оливинов, клинопироксенов) разной степени структурного совершенства, кристаллитов, вариолей, а также областей гомогенного и микрогетерогенного стекла на субмикронном уровне. Методом электронной микроскопии высокого разрешения на субмикронном уровне показано, что оптически однородные базальтовые стекла имеют сложное строение. В них выделяются области гомогенного неизмененного стекла и области микрогетерогенного стекла.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта научных исследований УрО-СО РАН и гранта РНП 2.1.1/5741.

Литература

- Аппен А. А.* Химия стекла. Л.: Химия. 1974. 352 с.
- Атлас структур глубоководных лав Тихого океана. М: Наука. 1980. 142 с.
- Латин Б. Н., Фролова Т. И.* Атлас структур базальтов Мирового океана. Новосибирск: Наука, 1992. 258 с.
- Природные стекла – индикаторы геологических процессов. М.: Наука. 1987. 247 с.
- Пуцаровский Ю. М., Симонов В. А., Пейве А. А., Колобов В. Ю., Тикунов Ю. В., Мельгунов М. С.* Взаимосвязь геохимических особенностей базальтов с геодинамическими обстановками в районе тройного сочленения Буве (Южная Атлантика) // Докл. РАН. 1998. Т. 361. № 2. С. 225–228.
- Симонов В. А., Колобов В. Ю.* Особенности магматических и гидротермальных систем в районе тройного сочленения срединно-океанических хребтов в Южной Атлантике // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 5. С. 48–54.
- Фрих-Хар Д. И.* Кристаллизация магматического стекла и некоторые вопросы петрогенезиса. М.: Наука, 1977. 119 с.
- Шарфман В. С., Кузнецов И. Е., Соболев Р. Н.* Структуры магматических пород и их генезис. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 396 с.
- Christie D. M., Carmichael I. S. E., Langmuir C. H.* Oxidation states of mid-ocean ridge basalt glasses // Earth and Planet. Sci. Lett. 1986. V. 79. P. 397–411.