

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ ПЕРВИЧНЫХ РАСПЛАВОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В РИФТОВОЙ ЗОНЕ ВБЛИЗИ ГОРЯЧЕЙ ТОЧКИ БУВЕ

Мигдисова Н.А. (ГЕОХИ РАН), Хворов Д.М. (МГУ), Сушевская Н.М. (ГЕОХИ РАН)
 nadyas@geokhi.ru

Западное окончание Юго-Западного Индийского хребта (ЮЗИХ) состоит из двух протяженных сегментов рифта, разделенных между собой трансформным разломом Буве. Северный сегмент, названный хребтом Шписс, имеет возраст не более 2 млн. лет [1], южный имеет более древнее происхождение. Его специфической особенностью является развитие около 2 млн. лет назад в его пределах горячей точки Буве, значительно повлиявшей на характер магматизма в этом регионе. Геохимически, изливающиеся в пределах этих районов лавы близки между собой и относятся к слабообогащенным толеитам. Однако, в пределах сегмента вблизи о. Буве помимо обогащенных разновидностей отмечаются и типично деплетированные. Вопрос о влиянии горячей точки на условия выплавления и дифференциации первичных расплавов остается дискуссионным.

Для шести стекол, поднятых в рифтовой долине хребта Шписс (табл. 1) получены численные оценки параметров субликвидусных фазовых равновесий при атмосферном давлении и летучести кислорода, соответствующей области между буферами QFM и Ni-NiO. Использован новый численный алгоритм [2], позволяющий получать численные оценки субликвидусных фазовых ассоциаций и соответствующих РТ-параметров равновесия. Метод основан на формальной возможности разложения в ряд зависящих от состава системы функций Р и Т в произвольной точке на ликвидусе. Коэффициенты такого ряда заранее не известны и определяются по ходу счета. Предполагается, что тому же разложению удовлетворяют экспериментально синтезированные стекла, составы которых “достаточно близки” к искомому. Таким образом, результат счета полностью определяется известными экспериментальными данными.

Оценка точности модели равновесия базальтов получена на примере стекла 61-002-110 (табл. 1), синтезированного [3] при температуре 1160 °С в равновесии с оливином (Fo₇₉), плагиоклазом (An₈₂) и высококальциевым клинопироксеном (mg#=82). В модели равновесие этого же стекла с оливином (Fo₇₇), плагиоклазом (An₈₁) и высококальциевым клинопироксеном (mg#=81) достигается при температуре 1155±2 °С, что удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

Таблица 1.

Составы стекол хр. Шписс, для которых получены оценки субликвидусных фазовых отношений

Образец	Baker, Egger, 1987	12/12	15/27k	13/11	15/19	T4	10/19	Yang et al, 1996
SiO ₂	59.20	56.35	51.93	51.56	50.51	52.02	50.85	50.40
TiO ₂	1.23	2.59	2.86	2.80	2.63	2.29	1.87	1.84
Al ₂ O ₃	14.60	13.52	14.46	14.29	14.53	14.51	14.47	14.70
FeO	8.61	12.41	12.19	12.36	11.88	10.62	10.94	10.30
MnO	0.22	0.25	0.01	0.27	0.19	0.17	0.16	nd
MgO	2.74	2.58	4.55	4.88	5.78	5.67	6.90	6.96
CaO	5.82	6.10	9.09	9.01	9.95	10.20	11.25	11.70
Na ₂ O	3.70	3.81	3.46	3.67	3.43	3.60	3.06	2.90
K ₂ O	2.75	1.72	0.95	0.77	0.73	0.59	0.33	0.17
P ₂ O ₅	0.32	0.67	0.50	0.39	0.37	0.33	0.17	0.18
Mg#	0.36	0.27	0.40	0.42	0.47	0.49	0.53	0.55

Оценка точности модели равновесия андезитов получена на примере стекла 1086 (табл. 1), синтезированного [4] при температуре 1106 °С в равновесии с оливином (Fo_{64}), плагиоклазом (An_{80}) и высококальциевым клинопироксеном ($mg\#=69$). В модели этот состав при температуре 1120 ± 2 °С находится в равновесии только с плагиоклазом, а при температуре около 1100 °С - с плагиоклазом (An_{79}), оливином (Fo_{67}), высококальциевым клинопироксеном ($mg\#=71$), пижонитом ($mg\#=75$) и титаномагнетитом. Очевидно несоответствие результатов эксперимента и расчета, чему может быть, по крайней мере, две причины: 1) в субликвидусной области протекает сложная перитектическая реакция с участием расплава, оливина, двух пироксенов и плагиоклаза [4], которую не позволяет корректно воспроизвести численная модель. 2) менее вероятно, что в опыте не было достигнуто равновесие; расплав перегрет, то есть его состав соответствует более высокотемпературной ассоциации.

Образец 10/19 отобран из потока пиллоу-лав и представлен пористым субафировым базальтом с редкими вкрапленниками плагиоклаза. Стекло 10/19 (табл. 2) является одним из наиболее магнезиальных ($mg\#=0.53$) стекол, известных в районе хр. Шписс. Вблизи ликвидуса при 1185 °С оно достигает равновесия одновременно с оливином (Fo_{82-80}) и плагиоклазом (An_{83-81}), причем ранней фазой является оливин. Высококальциевый клинопироксен начинает кристаллизоваться примерно на 15 °С позже. В этом же температурном интервале возможно появление минералов ряда титаномагнетит-ильменит.

Таблица 2.

Субликвидусные фазовые равновесия при 1 атм базальтовых стекол хр. Шписс

Станция/образец	T, °С	фазовые ассоциации
10/19	1185	lq,pl(82),ol(81)
	1170	lq,pl,ol,aug
Т4	1165	lq,pl(81),ol(78)
	1155	lq,pl,ol,aug
15/19	1155	lq,pl(81),ol(78)
	1145	lq,pl,ol,aug
13/11	1150	lq,pl(80),ol(74)
	1130	lq,pl,ol,aug
15/27к	1145	lq,pl(80),ol(76)
	1130	lq,pl,ol,aug
12/12	1100	lq,pl(79),ol(58),aug(65)
	1095	lq,pl,ol,aug,pig
	1080	lq,pl,aug

Насыщение водой расплава 10/19 достигается при температуре 1080 °С и давлении чуть ниже 1 кбар. Оливин и, возможно, титаномагнетит устойчивы на ликвидусе до 4-5 кбар, где сменяется высококальциевым клинопироксеном.

Образцы Т4, 15/19, 13/11 и 15/27к отобраны из афировых или субафировых лав с редкими вкрапленниками плагиоклаза. Химические составы их стекол ($mg\#=0.4-0.5$) наиболее типичны для большинства других лав драгированных на склонах хр. Шписс. В интервале температур 1145-1165 °С эти стекла достигают равновесия одновременно с оливином (Fo_{79-73}), плагиоклазом (An_{82-79}) и, возможно, титаномагнетитом. Высококальциевый клинопироксен появляется во всех случаях позже на 10-20 °С. В этой группе составов положение фазовых границ в высокобарной области выглядит следующим образом. Плагиоклаз устойчив на ликвидусе в интервале давлений до 7-9 кбар, где его сменяет высококальциевый клинопироксен. Например, стекло Т4 достигает равновесия одновременно с плагиоклазом и высококальциевым клинопироксеном в окрестности точки 8.5 кбар и 1230 °С. Барический интервал ликвидусной устойчивости высококальциевого клинопироксена в свою очередь ограничен сверху полем граната. Например, стекла 13/11 и 15/27к достигают равновесия одновременно с высококальциевым клинопироксеном и гранатом в области 27-32 кбар и 1380-1420 °С. Последняя оценка является неточной, что

связано с недостаточной экспериментальной изученностью равновесия пироксен-гранат в базальтовых системах, и приводится только для ориентира.

Насыщение водой этих расплавов достигается при температуре около 1050 °С и давлении чуть выше 1 кбар. Оливин и, возможно, титаномагнетит являются ликвидусными фазами до 2-3 кбар, где сменяются высококальциевым клинопироксеном.

Образец 12/12 отобран из потока пиллоу-лав в кальдере хр. Шписс и представлен пористым афировым андезитом. Стекло 12/12 отличается низкой магнезиальностью ($mg\#=0.27$) и повышенными содержаниями щелочей и фосфора. На ликвидусе оно достигает равновесия одновременно с оливином (Fo_{59-57}), плагиоклазом (An_{80-78}), высококальциевым клинопироксеном ($mg\#=0.65$) и, возможно, титаномагнетитом при температуре около 1100 °С. При снижении температуры всего на 5-10 °С появляются признаки перитектических взаимоотношений фаз, вероятно, связанные с кристаллизацией пижонита.

Выводы

1. Стекла хр. Шписс в целом образуют значительно дифференцированную непрерывную серию от базальтов до андезитов, в которой температуры безводного ликвидуса при 1 атм последовательно снижаются на интервале 1200-1100 °С.

2. Состав подавляющего большинства драгированных стекол позволяет достигать равновесия расплав-оливин-плагиоклаз на ликвидусе при 1 атм. Плагиоклаз устойчив на ликвидусе в интервале давлений до 7-9 кбар. При дальнейшем увеличении давления единственной ликвидусной фазой становится сначала высококальциевый клинопироксен, а затем гранат начиная с 27-32 кбар. В безводных условиях ни одно стекло не достигает высокобарного равновесия с участием оливина и пироксенов. В условиях насыщения водой расширяется поле ликвидусной стабильности оливина и реализуется равновесие с участием оливина и высококальциевого пироксена. В последнем случае область ликвидусной стабильности оливина сужается в серии базальтов-андезитов с 4-5 кбар до 2 кбар. Таким образом, наблюдаемый вещественный состав магм хр. Шписс, вероятно, формировался в режиме декомпрессионной кристаллизационной дифференциации водосодержащего расплава. Такой режим обеспечивал кристаллизацию и фракционирование оливина в приповерхностных условиях по мере снижения давления.

3. Природные вкрапленники плагиоклаза имеют состав An_{60-91} . В модельном расчете наиболее кальциевый плагиоклаз (An_{83}) получен в равновесии с одним из базальтовых расплавов. Высококальциевая часть природных плагиоклазов, вероятно, образована в условиях более высоких давлений и, не исключено, в присутствии некоторого количества растворенной воды. Наиболее натровый плагиоклаз (An_{78}) получен в равновесии с андезитовыми расплавами. Существенно более натровые природные вкрапленники не соответствуют равновесию.

Литература

1. Суцневская Н.М., Мигдисова Н.А., Беляцкий Б.В., Пейве А.А. Образование обогащенных толеитовых магм в пределах западной части Африкано-Антарктического хребта (Южная Атлантика) // *Геохимия*, 2003, №1, СС. 1-22.
2. Хворов Д.М., Коптев-Дворников Е.В., Бычкова Я.В. Реконструкция формы Кивакского расслоенного интрузива // *Общие проблемы петрологии*, 2000, №1. СС. 224-227.
3. Yang H.-J., Kinzler R.J., Grove T.L. Experiments and models of anhydrous, basaltic olivine-plagioclase-augite saturated melts from 0.001 to 10 kbar // *Contrib. Mineral and Petrol.*, 1996, V. 124, N 1. PP. 1-18.
4. Baker D.R., Egglar D.H. Compositions of anhydrous and hydrous melts coexisting with plagioclase, augite, and olivine or low-Ca pyroxene from 1 atm to 8 kbar: application to the Aleutian volcanic centre of Atka // *Amer. Miner.*, 1987, V. 72, N 1/2. PP. 12-28.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 03-05-64573, Н.Ш.-1831. 2003.5

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПП-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/term-23.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