

УДК 552.13

WinTWQ, Winpyrox - моделирование условий формирования ксенолитов гипербазитов и мегакристов из щелочных базальтоидов (Шаварын-Царам, Монголия)

А.В. Асеева, А.А. Карабцов, С.В. Высоцкий, А.А. Чашин, О.В. Авченко

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Владивосток, Россия. aseeva@fegi.ru

Ключевые слова: WinTWQ, WinPyrox, включения
гипербазитов, мегакристов, щелочные базальтоиды.

Включения базитов, гипербазитов и мегакристов в щелочных базальтоидах - весьма интересные объекты для решения задач мантийной петрологии, поскольку они отражают, состав глубинных слоев Земли (Haggerty, 1995). Базальтоиды в этом случае служат не только транспортерами, но и «матриksom», в котором совершаются преобразования (преимущественно ретроградные) захваченных ксенолитов. Это и образование келифитовых кайм, и твердофазное разложение с образованием симплектитов, а также рост новообразованных минералов в трещинах и межзерновых пространствах первичных минералов. Именно поэтому разрозненный ксеногенный материал часто затруднительно использовать для реконструкции термодинамических параметров кристаллизации. Тем не менее, применение геотермометров и геобарометров возможно в том случае, когда достигается «локальное» термодинамическое равновесие внутри некоторого объема в некоторый момент времени (Коржинский, 1953). К минералам, сосуществующим в такой относительно закрытой системе, может быть применено понятие о минеральной ассоциации, что делает возможным моделирование физико-химических условий образования таких «условно равновесных» парагенезисов. В основе этой работы лежит предположение, что именно такое локальное равновесие устанавливается между минералами ксенолитов в щелочном базальте. Такое же равновесие характерно и для сростков мегакристов.

Для этой работы мы взяли образцы ультраосновных включений и мегакристов из щелочно-базальтового кайнозойского палеовулкана Шаварын-Царам (плато Хангай, Монголия). Это исключительная по

многообразию включений постройка: базальтоиды здесь насыщены крупными мегакристами Fsp, Cpx, Grt, Ilm¹ и других минералов, а также обломками гипербазитов. Последние сложены преимущественно Cpx, Ol и Орх, которые присутствуют в различных количественных соотношениях образуя ряды пород от перидотита до пироксенита. Spl, Phl и Grt могут присутствовать в этих включениях с основными минералами совместно или по отдельности, В некоторых случаях они слагают большую часть ксенолита.

Ранее мы уже пытались оценить физико-химические условия возникновения включений в щелочных базальтоидах Шаварын-Царам (Высоцкий и др., 2011, Асеева и др., 2014). Однако разброс рассчитанных значений T и P получился очень велик, поскольку при вычислении одного параметра (например, T), мы всегда были вынуждены фиксировать другой (P), в результате видели только частный случай общей картины. В поисках наиболее точной оценки физико-химических параметров образования включений гипербазитов из базальтоидов мы обратились к возможностям компьютерного моделирования – к программным комплексам WinTWQ 2.32 и Winpyrox.

WinTWQ 2.32 представляет собой программу под Windows, позволяющую рассчитывать кривые фазовых равновесий в координатах PT (Berman, 2007). В программе используется согласованная база термодинамических данных и твердых растворов, основанная на экспериментальных данных. По химическому составу минералов парагенезиса строятся кривые минеральных равновесий (рис. 1). Среди моделируемых минералов: Орх, Cpx, Ol, Grt, Sil, Bt, Spl, Fsp, Pl, Ilm, Amp и другие.

Winpyrox - программа для Windows позволяющая извлечь из составов Орх и Cpx максимум информации: выполняет расчет миналов, позиций катионов в пироксенах, оценку активности конечных членов рядов, позволяет сравнить точки составов пироксенов на различных классификационных диаграммах. В программе собраны представительные мономинеральные и дупироксеновые геотермобарометры: Nimis and Grütter (2010), Nimis (2000), Putirka (2008) и другие (Yavuz, 2013).

¹Здесь и далее Alm – альмандин, Atr-амфибол, Anapatit, Bt-биотит, Cpx-клинопироксен, Di-диопсид, Fsp-полевой шпат, Grs-гроссуляр, Grt-гранат, Hd-геденбергит, Ilm-ильменит, Ol-оливин, Орх-ортотироксен, Phl-флогопит, Pl-плагиоклаз, Py-пироп, Sil-силлиманит, Spl-шпинель, Ts- чермакит, (Whitney and Evans, 2010).

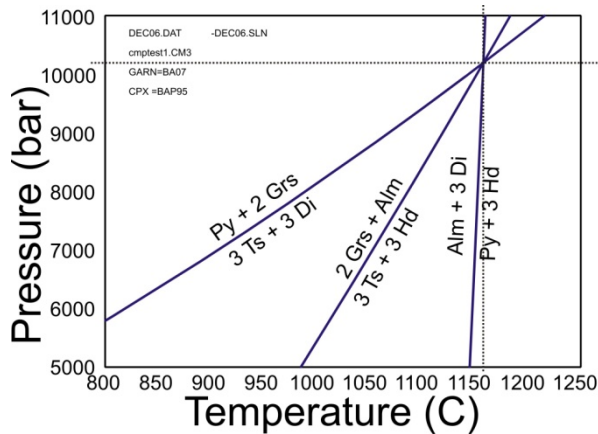


Рис. 1 – Положение кривых реакций между мегакристами Grt (Alm+Py+Grs) и Cpx (Ts+Di+Hd) в координатах PT (10000 кбар, 1160 °С). Точка пересечения кривых принимается за область, где миналы минералов заданного состава приходят в равновесие.

Моделирование (WinTWQ и WinPyrox) по гипербазитам и мегакристам из щелочно-базальтового палеовулкана Шаварын-Царам позволило выделить три интервала равновесий, характерных для этого геологического объекта (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные значения (округлены) PT-условий образования гипербазитовых включений и мегакристов в щелочных базальтоидах Ш-Ц (Монголия). P – кбар., T – °C.

Ассоциация	1 интервал		2 интервал		3 интервал	
	P	T	P	T	P	T
Grt-Орх-Срх-Ол	15-16	1050	7,5	1100	-	-
Grt-Орх-Срх	12-14	1050	8,5	1050	4	1050
Grt-Спл-Срх-Орх	12-13	1100	7,5	1120	-	-
Ол-Орх-Срх-Спл	15-16	1100	9,5	1010	4	900
Срх-Ар-Pl-Phl	11-13	1150	-	-	-	-
Ол-Срх-Орх-Phl	-	-	8-9	1020	-	-
Grt-Срх (мегакр)	11	1100	-	-	5	950

«Первичные» минералы ассоциации гипербазитов (Cpx± Ol, Орх, Grt, Spl) образовались на глубине соответствующей 12-16 кбар, и позже дважды (P=8-10 кбар, P=4-5 кбар) приходили в равновесие с окружающими их минералами. Минералы мегакристов (Grt, Cpx) образовались позже (P=11 кбар), эти минералы вновь пришли в равновесие при давлении 5 кбар (табл.1). Температуры образования минералов «первичной» ассоциации варьируют для ксенолитов гипербазитов различных типов от 1100 до 1050 °С, температура образования минералов мегакристовой ассоциации 1100-1070 °С. Увеличение температуры с уменьшением глубины может свидетельствовать о процессах окисления при подъеме базальтовой магмы, несущей включения гипербазитов и мегакристы к поверхности.

Таким образом, моделирование с помощью программных комплексов WinTWQ и WinPyrox позволило получить новые данные и интерпретировать полученные ранее, выделив интервалы PT, в которых сосуществующие минералы находились в равновесных условиях.

Авторы благодарят Л.Я. Арановича и Ф. Явуза за возможность работы с программами WinTWQ и WinPyrox и Андрея Асеева за адаптацию программы Winpyrox для использования на имеющемся оборудовании.

Список литературы

Асеева, А.В., Высоцкий, С.В., Карабцов, А.А. и др. (2014) Трансформация гранатовых мегакристов под воздействием щелочных базальтовых магм. Тихоокеанская геология. Т. 33. №2. С. 53–63.

Высоцкий, С. В., Будницкий, С. Ю., Рассказов, С. В. и др. (2011) О сохранности радиогенного аргона в мантийных слюдах in situ: датирование глубинных включений палеовулкана Шаварын-Царам, Монголия. Доклады Академии Наук. Т. 440. № 5. С. 674–677.

Коржинский, Д.С. (1953) Инфильтрационный метасоматоз при наличии температурного градиента и приконтактовое метасоматическое выщелачивание. Записки ВМО. Т. 82. № 3. С. 161–172.

Berman, R.G. (2007) WinTWQ (version 2.3): a software package for performing internally-consistent thermobarometric calculations. Geological Survey of Canada, Open File 5462, (ed. 2.32), 41 pages.

Haggerty, S.E. (1995) Upper mantle mineralogy. J. Geodinmics. Vol. 20. No. 4. P. 331–364.

Yavuz, F. (2013) WinPyrox: A Windows program for pyroxene calculation classification and thermobarometry. American Mineralogist. Vol. 98. Issue 7. P. 1338–1359.

Whitney, D.L. and Evans, B.W. (2010) Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals. American Mineralogist. Vol. 95. P. 185–187.