

Расплавы позднеплейстоценового кальдерообразующего извержения Ичинского вулкана.

М.Л. Толстых¹, М.М. Певзнер², В.Б. Наумов¹, А.Д. Бабанский³, А.О. Волынец⁴

¹ *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, РАН, Москва, e-mail: mashtol@mail.ru*

² *Геологический институт РАН, Москва*

³ *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, Москва.*

⁴ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Впервые изучены составы стекол природнозакаленных расплавных включений в разных минералах, а также стекла основной массы дацитовый пемзы крупного кальдерообразующего извержения Ичинского вулкана. Получены данные по макро- и микроэлементному составу породообразующих расплавов.

Краткая геологическая характеристика объекта и методика исследований

Вулкан Ичинский – крупнейший обособленный горный массив, расположенный в центральной Камчатке и приуроченный к южному окончанию позднекайнозойского вулканического пояса Срединного хребта.

Непосредственным цоколем современного Ичинского комплекса, залегающим на вулканических породах алнейской серии миоцен-плиоценового возраста, служит щитовой вулкан Древне-Ичинский. Лавы Древне-Ичинского имеют базальтовый и андезибазальтовый состав. Современная постройка вулкана – сооружение типа Сомма-Везувий (высота 3575 м), осложненное массой побочных эруптивных центров и экструзий, а также вершинной кальдерой, внутри которой располагаются два лавовых купола. Вулканисты ичинского комплекса эволюционировали от базальтов (ранние стадии формирования конуса) до андезитов; кальдерообразующее извержение обеспечило выброс значительного количества дацитовый пирокластике. Посткальдерная стадия деятельности вулкана была малопродуктивной и ограничивалась формированием андезитовых лавовых конусов внутри кальдеры. Кроме того, в голоцене у подножия вулкана была сформирована цепочка моногенных шлаковых конусов, извергавших лавы базальтового, андезибазальтового и андезитового составов [1].

Изучению магматической эволюции Ичинского вулкана посвящены многие работы [2, 3, 5], в т.ч. опубликованы семь анализов расплавных включений в пироксенах [6]. В нашей работе приводятся данные по составам расплавных включений в разных минералах дацитовых пемз (см. таблицу) кальдерообразующего извержения позднеплейстоценового возраста.

Исследуемые породы – кусочки вспененной лавы пепловой и лапиллиевой размерностей, состоящие из стекла (40 об. %) и вкрапленников. Среди вкрапленников выделяется более ранний парагенезис (ортопироксен + титаномагнетит + плагиоклаз до $An\ 65 \pm$ амфибол) и более поздний (плагиоклаз $An\ 45-30$ + биотит + амфибол + титаномагнетит). Минералы раннего парагенезиса часто образуют сростания.

Изучались составы стекловатых природно-закаленных включений в пироксене, амфиболах, слюдах, плагиоклазах, а также стекла основной массы и интерстиций в гломеропорфировых сростках. Для получения макроэлементного состава стекол и минералов использовались рентгеноспектральный микроанализатор JEOL-8200, ИГЕМ РАН и рентгеноспектральный микроанализатор САМЕВАХ, ГЕОХИ РАН). Для получения микроэлементного состава стекол - рентгеноспектральный микроанализатор

Cameca IMS-4f, Центр Коллективного пользования «Диагностика микро- и макроструктур», г. Ярославль.

Все стекла при микрозондовом анализе демонстрируют низкие суммы и слабую устойчивость к воздействию электронного пучка. Такие особенности стекла, связанные с его водонасыщенностью, ведут к потере некоторых элементов, в частности, натрия, при анализе с высокой локальностью. В таблице приведены рассчитанные значения содержаний Na_2O , полученные с учетом коэффициента поправки [4].

Результаты изучения расплавных включений

Расплавы исследуемого извержения относятся к диапазону дацит-риолитов, большая их часть – это риодациты. Содержания SiO_2 изменяются в интервале 67-75 %, MgO – 0,1-1,2 %, Al_2O_3 -11-15 %, CaO 0,3-1,4 %, FeO 0,6-2,7 %, K_2O 3,5-4,5 %. При этом включения в различных минералах располагаются в разных участках этого диапазона. Усредненные значения составов стекол включений в разных минералах приведены в таблице.

Таблица. Состав породы и усредненные составы стекол включений и основной массы дацитовых пемз кальдерообразующего извержения Ичинского вулкана

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	73,55	72,31	70,12	67,94	69,99	67,59
TiO_2	0,18	0,25	0,29	0,21	0,33	0,57
Al_2O_3	12,09	13,44	14,00	12,22	14,02	15,46
FeO	0,82	1,16	1,38	2,67	1,42	3,58
MnO	0,05	0,05	0,07	0,17	0,06	0,08
MgO	0,15	0,15	0,26	1,20	0,32	2,05
CaO	0,58	0,97	1,15	1,02	1,20	3,46
Na_2O	3,63	3,52	3,28	2,21	3,26	4,09
K_2O	4,28	4,09	4,03	3,95	3,95	3,04
P_2O_5	0,01	0,11	0,04	0,07	0,16	-
Cl	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08	0,16
F	0,01	0,05	0,05	0,05	0,09	-
сумма	94,59	95,34	93,95	91,28	94,20	100,08
n	19	5	8	1	7	
Хозяин	Pl	Bi	Amph	Px	GM	Порода

Примечания. n – количество измерений, Pl, Bi, Amph, Px – плагиоклаз, биотит, амфибол и пироксен, соответственно; GM – стекло основной массы

Наиболее примитивным (с минимальными содержаниями SiO_2 , максимальными – MgO и FeO) является единственное включение, обнаруженное в ортопироксене. Чуть более дифференцированы расплавы, образующие включения в амфиболах, далее – в биотитах и плагиоклазах. Любопытно, что стекла основной массы по составу довольно близки стеклам включений в амфиболе (рис. 1).

Результаты изучения микроэлементного состава стекол некоторых крупных ($d > 30$ мкм) включений представлены на рис. 2.

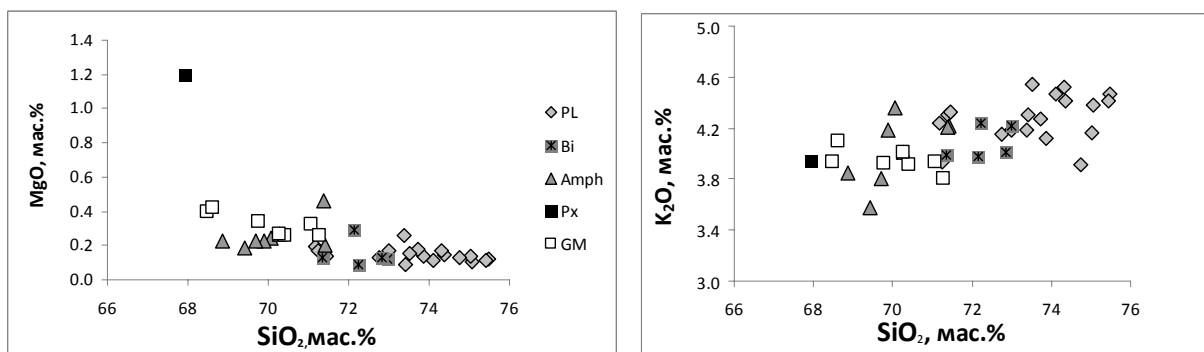


Рис. 1. Вариационные диаграммы для расплавных включений в разных минералах пород кальдерообразующего извержения Ичинского вулкана.

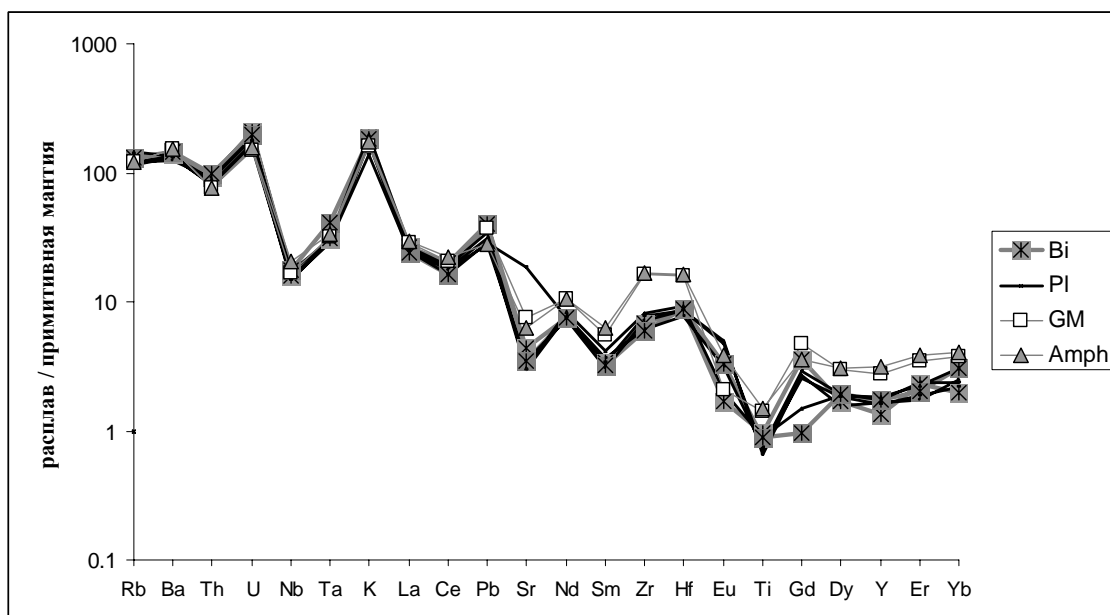


Рис. 2. Спайдер-диаграмма для расплавов включений в минералах (Bi, Pl, Amph) и стеклах интерстиций (GM) дацитовых пемз кальдерообразующего извержения Ичинского вулкана.

Можно отметить сходство составов всех стекол, их идентичность в диапазоне наиболее некогерентных элементов, относительно слабо выраженный Nb-минимум. В области средних и тяжелых РЗЭ, а также высокозарядных элементов Zr и Hf обращает на себя внимание некоторое обогащение стекол основной массы и включений в амфиболе. К сожалению, редкие включения в пироксенах были недостаточно велики для анализа на ионном зонде.

Возможны следующие объяснения наблюдаемых различий в макро- и микроэлементных составах исследуемых стекол. Если включения в пироксенах – расплавы, являющиеся наиболее ранними компонентами этой системы, то включения в амфиболах, биотитах и плагиоклазах фиксируют результаты дальнейшей кристаллизационной дифференциации исходного расплава, близкого по составу к породе. В пользу этого предположения свидетельствуют эволюция составов стекол с последовательным накоплением SiO_2 и потерей феррических компонентов от пироксенов до плагиоклазов (рис. 1); относительное обеднение РЗЭ и Hf расплавов, обнаруженных во включениях в биотитах и плагиоклазе, также может рассматриваться как результат кристаллизации амфибола. Однако то, что стекла включений в амфиболе наиболее близки по составу (в т.ч. и редкоэлементному) стеклам основной массы, заставляет предположить, что процесс петрогенезиса не исчерпывался

кристаллизационной дифференциацией. Вероятно, здесь также имели место процессы магматического смешения, причем минералы раннего парагенезиса являются реликтами менее дифференцированного агента смешения. Для уточнения выводов необходимы дополнительные исследования, в т.ч. изучение пирокластического материала предшествующих и последующих извержений. Поскольку кальдерообразующее извержение отражает переходный этап, изменивший характер вулканической деятельности вулкана, то дацитовый и риолитовый расплавы, обнаруженные в изученных породах, могут оказаться характеристическими для двух разных стадий эволюции магматической системы.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 17-05-00155, 17-05-00112.

Список литературы

1. *Волынец О.Н., Патока М.Г., Мелекесцев И.В., Зубин М.И.* Вулкан Ичинский // Действующие вулканы Камчатки. Т.1. М.: Наука, 1991. С. 84-103.
2. *Волынец А.О., Чурикова Т.Г.* Моногенный вулканизм Ичинской зоны Срединного хребта Камчатки: вариации составов расплавов по данным изучения расплавных и твердофазных включений в оливине. // Тезисы конференции «Ломоносов-2003», Москва, МГУ, 2003.
3. *Некрылов Н.А., Попов Д.В.* Влияние коровой ассимиляции на состав голоценовых ареальных вулканитов Срединного хребта (Камчатка) // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2015» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2015.
4. *Толстых М.Л., Певзнер М.М., Наумов В.Б. и др.* Типы расплавов, формировавших пирокластические породы различных структурно-возрастных комплексов вулканического массива Шивелуч (Камчатка), по данным изучения расплавных включений // Петрология. 2015. Т. 23. С. 521-560. URL:<http://elibrary.ru/item.asp?id=23908897>
5. *Churikova, T., Dorendorf, F., Wörner, G.* Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // Journal of Petrology, 2001. V. 42, N 8, p. 1567-1593.
6. *Dobretsov N., Simonov V., Kultyarov A. et al.* Physicochemical parameters of crystallization of melts in intermediate suprasubduction chambers (by the example of Tolbachik and Ichinskii Volcanoes, Kamchatka Peninsula) // Russian Geology and Geophysics, 2016. V. 57, P. 993-1015.