

Акцессорные минералы как маркер участия гранитоидов фундамента в формировании магм вулканического центра Хангар (Срединный хребет, Камчатка)

Толстых М.Л.¹, Бабанский А.Д.²

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

² *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, baban@igem.ru*

Аннотация. Проанализирован химический и минеральный состав пород вулкано-тектонической структуры Хангар (Срединный хребет, Камчатка). Обнаружены признаки генетической взаимосвязи голоценовых вулканитов и гранитоидов мелового возраста: кристаллические включения циркона и монацита в минералах-вкрапленниках дацитовых пемз. Микроэлементные характеристики (в частности, концентрации РЗЭ, особенно-сти Се-максимума и др.) цирконов из вулканитов и интрузивов подтверждают генетическое родство этих пород.

Ключевые слов: дацит, гранитоид, циркон, Камчатка, генезис вулканитов.

Accessory minerals as marker of basement granitoid participation in the generation of magmas of the Khangar volcanic center (Sredinny Range, Kamchatka)

Tolstykh M.L.¹, Babansky A.D.²

¹ *Vernadsky Institute of geochemistry and analytical chemistry RAS, Moscow, mashtol@mail.ru*

² *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, baban@igem.ru*

Annotation. The chemical and mineral composition of rocks of the volcano-tectonic structure of Khangar (Sredinny Range, Kamchatka) are presented. Crystal inclusions of zircon and monazite in minerals of dacite pumice were found. Signs of a genetic relationship between the Holocene volcanites and earlier granitoids were confirmed by microelement characteristics of zircons from volcanites and intrusives.

Key words: dacite, granitoid, zircon, Kamchatka, genesis of volcanic rocks.

Хангар (54°45' с.ш. 157°24' в.д., высота 2000 м.) – самый южный вулкан Срединного хребта, расположенный в пределах Срединной метаморфической зоны Камчатки. Самыми древними породами района вулкано-тектонической структуры Хангар можно считать породы метаморфического купола и его обрамления – гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты палеозой-мезозойского возраста (Певзнер и др., 2019).

В меловое время, вероятно, под воздействием теплового потока мантийного происхождения начался процесс мигматизации и гранитизации центральных частей купола, причем объемное расширение исходных пород в ходе этого процесса вызвало заложение множества концентрических и радиальных разломов, нарушивших целостность гранито-гнейсового массива.

В неоген-четвертичное время, при формировании в регионе активного вулканического пояса эти нарушения спровоцировали заложение вулканической структуры Хангар в границах гранитно-метаморфического массива около 7 млн. лет назад (Певзнер, 2019). После длительного перерыва, около 0.4 млн. лет назад вулканическая активность района возобновилась; началось формирование дацитовых потоков и куполов, а также постройка крупного стратовулкана андезит-дацитового состава.

Около 7000 лет назад произошло мощное (14-15 км³ материала) «субкальдерообразующее» извержение стратовулкана Хангар, в результате которого образован крупный вершинный кратер, впоследствии заполненный озером. Мощные пирокластические отложения этого извержения (индекс ХГ) в виде пеплов фиксируются практически во всех почвенно-пирокластических разрезах Камчатки соответствующего возраста. Это событие характеризуется кислым составом продуктов извержения (дациты, риодациты). Предположительно, процесс генезиса этих магм связан с плав-

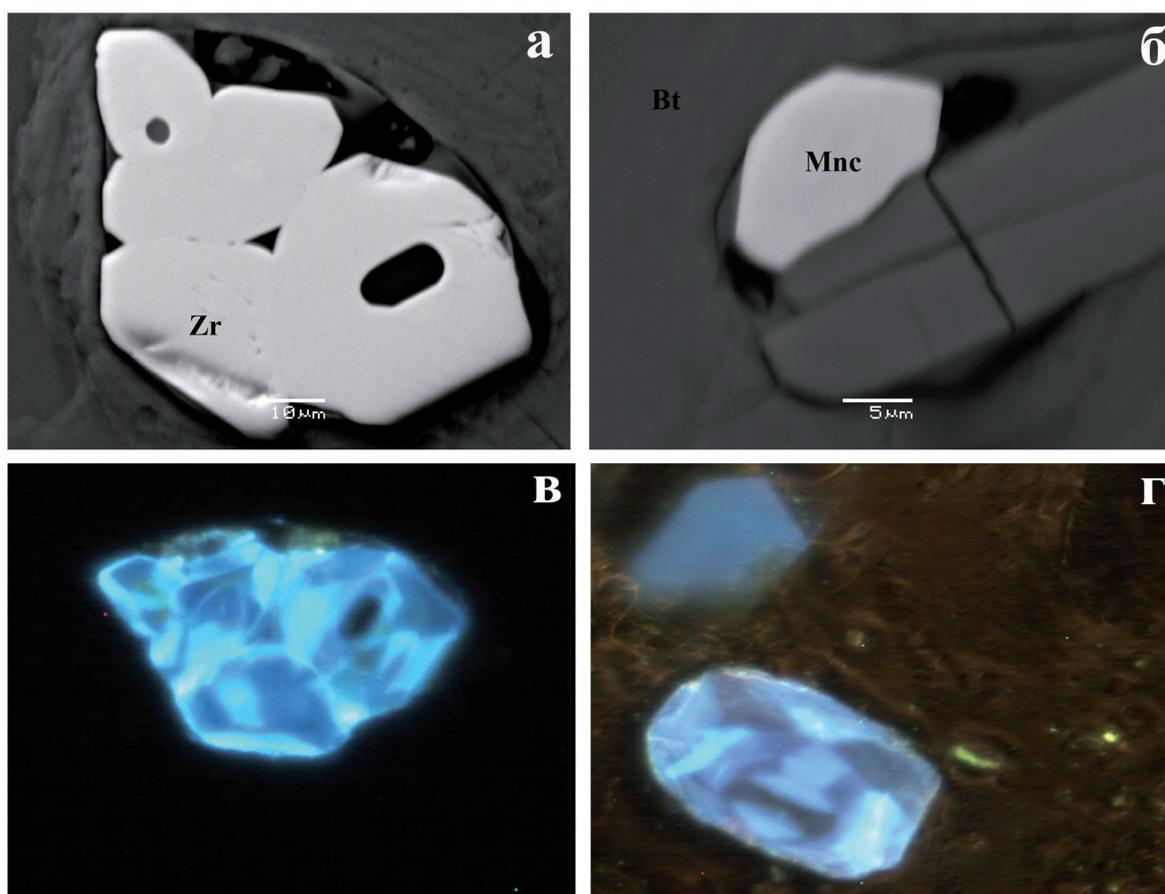


Рис. 1. Фото кристаллических включений в биотите дацитовых пемз: сростка цирконов (а) и зерна монацита (б); CL-фото сростка цирконов (в), зерно циркона в граните (г).

Fig. 1. Image of crystalline inclusions in the biotite of dacite pumices: zircons (a) and monazite grains (b); CL-image of zircons (b), a grain of zircon in granite (d).

лением гранито-гнейсового материала купола. О взаимодействии расплава с породами фундамента свидетельствует и смещение в породах изотопных отношений: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ составляет 0.703-0.704 в дацитах Хангара, < 0.702 и > 0.706 в вулканитах прочих районов Камчатки и в гранито-гнейсах фундамента Хангара, соответственно. Сходным образом соотносятся и величины ϵNd : 4-7, 7-10, < 3 дациты Хангара, вулканиты Камчатки и породы фундамента, соответственно (Асафов и др., 2014).

Были изучены образцы тефр лапиллиевой размерности извержения ХГ с возрастом 6900 лет, отобранные на расстоянии нескольких километров от центра извержения, а также образцы некоторых гранитных интрузий.

Пемзовые лапилли, химический и минеральный состав которых представлен в таблице 1, представляют собой вспененную стекловатую массу со вкрапленниками, составляющими около 30 % объема породы; среди вкрапленников преобладает плагиоклаз An 35-22 (изредка встречаются отдельные зоны роста An 50-60), кварц в виде округлых крупных зерен и биотит #Mg 49-51. Крайне редко встречаются кристаллы амфибола с кристаллическими включениями клинопироксена. В качестве аксессуарных минералов распространены обычные для вулканитов титаномагнетит, апатит, а также редкие циркон и монацит в виде кристаллических включений в биотите, кварце, плагиоклазе (рис. 1, таб. 1). В состав гранитов входит кварц, плагиоклаз An 23-30, ортоклаз, биотит #Mg 25-26, иногда хлоритизированный, а также магнетит, апатит, циркон и монацит.

Именно особенности циркона и монацита, обнаруженных как в интрузивных, так и в вулканических породах, позволяют предполагать генетическое родство этих пород, поскольку составы породообразующих минералов дацитов и гранитов достаточно сильно различаются, причем со-

ставы минералов-твердых растворов из дацитов соответствуют более высокотемпературным условиям кристаллизации, возможно, фиксирующим процесс магматического смешения. Косвенным подтверждением ксеногенного для вулканитов происхождения циркона является морфология зерен (рис. 1) с незначительной степенью удлинения (максимум 1:3) и сложным лоскутным характером зональности на CL-фото (Hanchar, Hoskin, 2003), причем лоскутная зональность характеризует и цирконы гранитов.

Таблица 1. Представительные анализы циркона и монацита вулcano-тектонической структуры Хангар.

Table 1. Representative analyses of zircons and monazites of the Khangar volcano-tectonic structure.

Эл-т, ppm	1	2	3	Эл-т, вес. %	4	5
Ti	47.84	34.16	30.87	P ₂ O ₅	28.48	28.25
Ca	342.2	238.2	1074.7	La ₂ O ₃	16.26	15.31
La	0.97	1.04	0.24	Ce ₂ O ₃	31.4	30.63
Ce	36.50	24.64	19.98	Nd ₂ O ₃	11.34	11.64
Nd	2.28	2.45	1.47	CaO	2.12	2.48
Sm	4.67	4.01	2.94	SO ₃	2.69	2.47
Gd	27.70	24.49	16.63	ThO ₂	2.49	3
Er	405.54	344.83	184.01	Pr ₂ O ₃	2.84	2.83
Yb	917.95	752.62	450.54	Sm ₂ O ₃	0.84	1.16
Th	125.81	68.79	99.66	Eu ₂ O ₃	0.56	0.66
Hf	11741	11828	12595	Gd ₂ O ₃	0.99	1.28
U	364.02	222.27	294.32	Er ₂ O ₃	–	0.28
Y	2002.71	1737.80	937.31	Сумма	100	100

Примечания. 1, 2 – циркон дацитов, 3 – циркон гранитоидов, 4, 5 – монациты дацитов и гранитоидов, соответственно.

Notes. 1, 2 – zircons of dacite, 3 – zircon of granitoids, 4, 5 – monazites of dacites and granitoids, respectively.

Химический состав монацитов интрузивных и эффузивных пород практически идентичен (табл. 1), особенности микроэлементного состава цирконов, обнаруженных в дацитовых пемзах и гранитоидах, также довольно близки. В области РЗЭ заметны некоторые расхождения (табл. 1), однако на спайдер-диаграмме (рис. 2) сходство спектров РЗЭ цирконов из дацитов и гранитов очевидно.

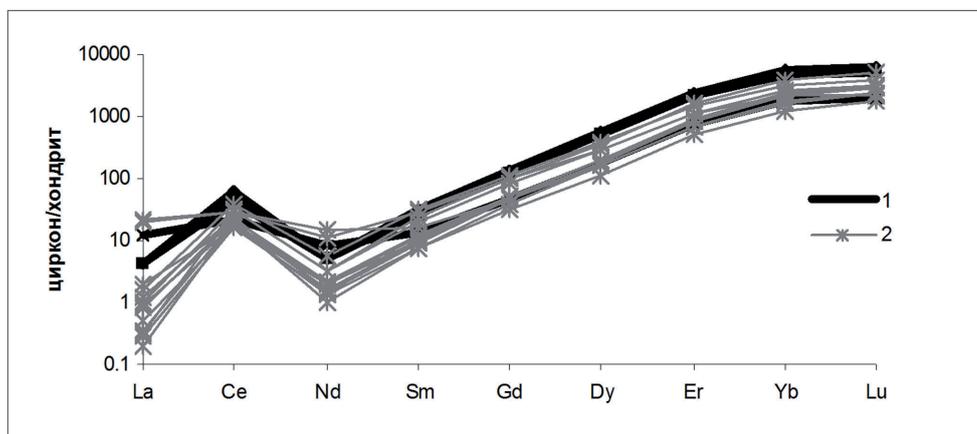


Рис. 2. Спайдер-диаграмма для цирконов дацитов (1) и гранитоидов (2). Значения хондрита – по (Sun, Mc-Dough, 1989).

Fig. 2. Chondrite-normalized diagram of trace elements distribution in zircons of dacite (1) and granitoid (2). Composition of chondrite after (Sun, McDough, 1989).

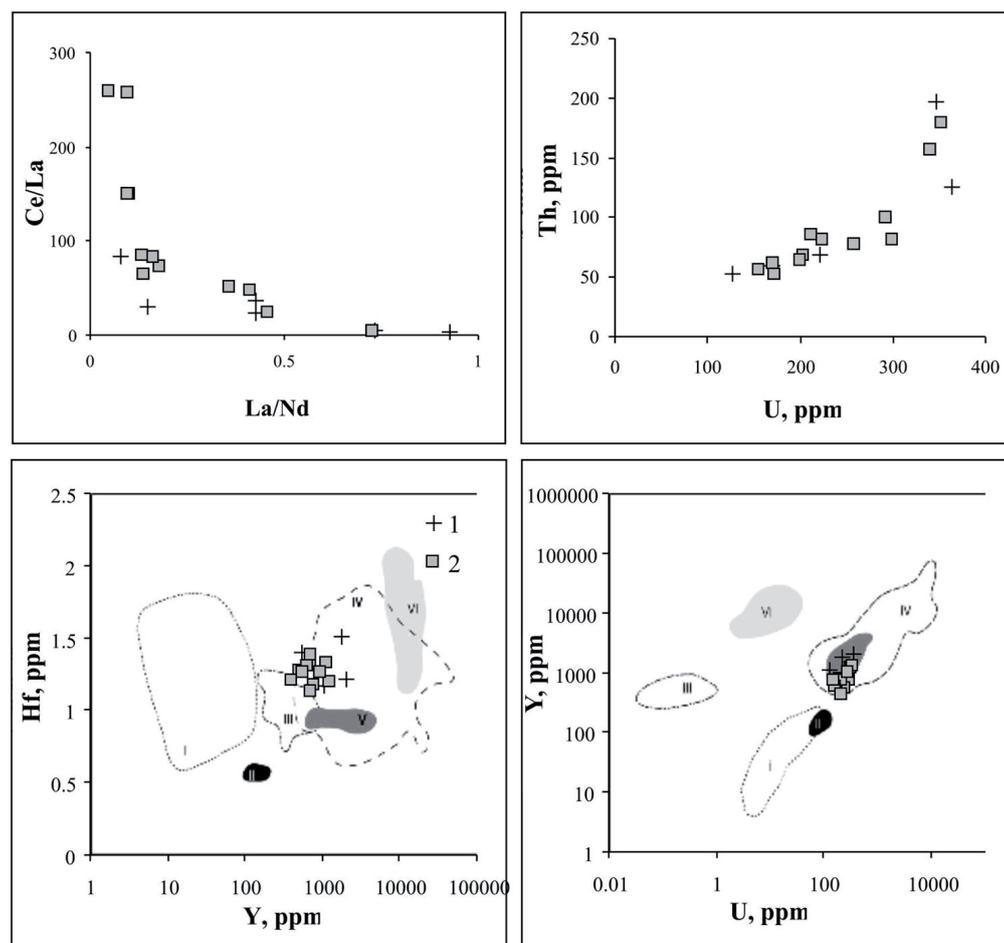


Рис. 3. Вариационные диаграммы для цирконов дацитов (1) и гранитоидов (2).

Поля составов цирконов следующих пород: I – кимберлитов, II – карбонатиты, III – сиениты, IV – гранитоиды, V – долериты, VI – нефелин-сиенитовые пегматиты по (Belousova et al., 2002).

Fig. 3. Variation diagrams for zircons of dacite (1) and granitoid (2). Fields: compositions of zircons in I – kimberlites, II – carbonatites, III – syenites, IV – granitoids, V – dolerites, VI – nepheline syenite pegmatites after (Belousova et al., 2002).

На дискриминационных бинарных диаграммах (рис. 3) и те, и другие цирконы попадают в поле гранитов. Таким образом, можно предполагать, что эти акцессорные минералы дацитов (и циркон, и монацит) могли являться фрагментами рести́та при частичном плавлении гранито-гнейсового массива, являющегося фундаментом вулканического центра Хангар.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0137-2019-0014 и частично поддержана из средств гранта РФФИ (18-05-00224).

Литература

1. Асафов Е.В., Костицын Ю.А., Певзнер М.М., Бабанский А.Д., Плешакова Г.Н. Изотопные признаки взаимодействия расплавов с фундаментом в четвертичных вулканитах Камчатки // XI Международная школа наук о Земле. 2013. Тезисы докладов. С. 12–17.
2. Певзнер М.М., Лебедев В.А., Вольнец А.О., Толстых М.Л., акад. Костицын Ю.А., Бабанский А.Д. Возраст стратовулканов Ичинский и Хангар (Срединный хребет, Камчатка) // Докл. АН. 2019. Т. 489. № 6. С. 82–86. DOI: 10.31857/S08659-56524896.
3. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reily S.Y., Fisher N.I. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type // *Cont. Mineral Petrol.* 2002. V. 143. P. 602–622.
4. Hanchar J., Hoskin Y. Zircon. *Reviews in Minerals and Geochemistry.* V. 53. 500 p.
5. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the ocean basins.* Geol. Soc. London, Special Publ. (Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry). 1989. V. 42. P. 313–345.