



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 ГЕОХИ РАН),

2 – ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПЕТРОГРАФИИ, ГЕОХИМИИ И МИНЕРАЛОГИИ (ИГЕМ РАН)



Вулканический центр Хангар – один из двух ныне активных вулканов Срединного хребта Камчатки (СХ). По геодинамической позиции СХ можно отнести к постсубдукционным обстановкам. Специфика же вулкана Хангар – приуроченность этой вулкано-тектонической структуры к гранитно-метаморфическому куполу, входящему в состав Срединно-метаморфического массива мелового возраста (Кутыев, 1976, Соловьев, 2015).

Рис. 1 Схема
позднеплиоцен-
голоценовых
вулканических полей
Камчатки
(по данным
картирования
И.В.Мелекесцева)
(Пономарева и др., 2008

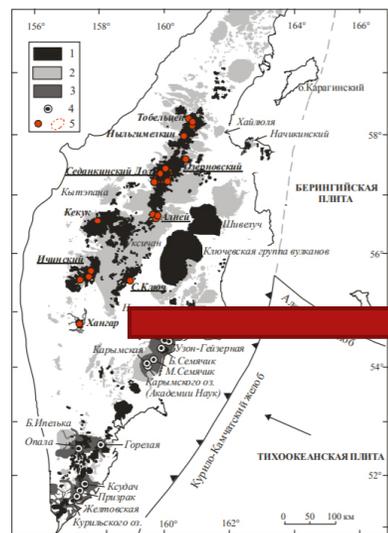
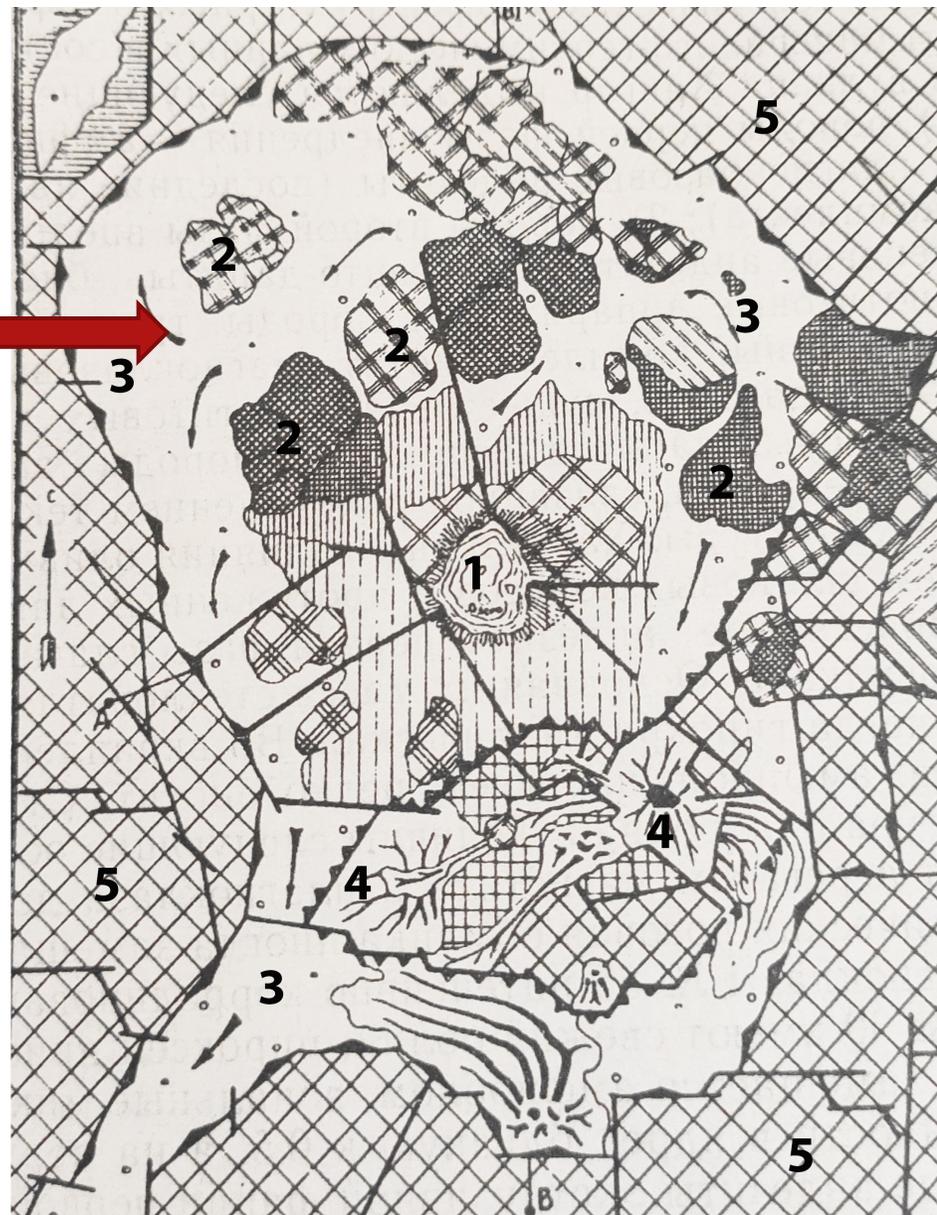


Рис. 4. Схема позднеплиоцен-голоценовых вулканических полей Камчатки (по данным картирования И.В.Мелекесцева) из [Пономарева и др., 2008] с изменениями и дополнениями автора.

Рис. 2 Схема вулcano-тектонической структуры Хангар.
1 – стратовулкан Хангар,
2 – экструзии среднего и кислого состава
3 – игнимбриты и пемзы кислого состава
4 – базальты моногенных центров
5 – мигматиты, гнейсы, граниты фундамента
Линиями обозначены разломы, в том числе сброс, сформировавший крупную кальдерообразную депрессию.



Краткие геологические характеристики и история деятельности структуры Хангар.

PZ-MZ

К

1. Самые древние породы района вулкано-тектонической структуры Хангар - породы метаморфического купола и его обрамления – гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты палеозой-раннемезозойского возраста (Певзнер и др., 2019).

2. В меловое время начался процесс мигматизации и гранитизации центральных частей купола, а также заложение множества концентрических и радиальных разломов, нарушивших целостность гранито-гнейсового массива.

3. В неоген-четвертичное время, при формировании в регионе активного вулканического пояса в границах опущенной по разломам центральной части купола была заложена вулканическая структура Хангар. Наиболее ранними (7 млн. л., Певзнер и др., 2019) вулканитами молодого центра были высокомагнезиальные андезибазальты.

N-Q

4. После длительного перерыва, около 0.4 млн. лет назад, вулканическая активность района возобновилась; началось формирование дацитовых куполов, а также постройка крупного стратовулкана андезит-дацитового состава (рис. 2).

5. 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).

6. Также в голоцене был сформирован комплекс ареальных моногенных центров базитового состава.

Самое
крупное
извержение
голоцена!





Рис. 3. Образцы пемзовых лапилли извержения ХГ.

тефра

**SiO₂ 65 мас.%,
FeO 3%,
MgO 1%,
K₂O 2%**

гранитоиды

**SiO₂ 65 мас.%,
FeO 4 %,
MgO 4 %,
K₂O 2 %**

Были изучены образцы тефра лапиллиевой размерности извержения ХГ с возрастом 6900 лет, отобранные на расстоянии нескольких километров от центра извержения.

Предположительно, процесс генезиса магм, формировавших тефру этого извержения, связан с плавлением 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).

Для сравнения были исследованы минералы гранитоидов фундамента, выходы которых были обнаружены недалеко юго-западной границы вулcano-тектонической структуры Хангар.

Пемзовые лапилли, химический и минеральный состав которых представлен в табл. 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 An50-60), 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.

Таблица 1. Представительные составы минералов тефры вулкана Хангар и гранитоидов, опробованных в кальдере.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	36.89	48.60	53.36	58.37	61.72	50.08	35.76	61.39	65.15
TiO ₂	3.97	0.97	0.07	-	-	-	3.43	-	-
Al ₂ O ₃	13.41	5.99	0.58	25.36	23.32	30.59	15.46	22.84	17.98
FeO	14.19	12.38	18.98	0.22	0.25	0.73	24.98	0.02	0.08
MnO	0.46	1.22	1.79	-	-	-	0.5	-	-
MgO	15.06	15.45	24.03	-	-	-	9.63	-	-
CaO	0.05	10.77	0.94	7.01	4.51	14.33	0.03	5.34	0.01
Na ₂ O	0.54	1.21	0.02	7.41	8.61	3.56	0.17	8.56	1.2
K ₂ O	8.19	0.31	0.00	0.45	0.64	0.10	9.18	0.29	15.29
Cl	0.26	0.03	0.01	-	-	-	0.02	-	-
Сумма	93.02	96.93	99.78	98.82	98.95	99.39	99.14	98.44	99.71
#Mg/An	0.51	0.56	0.56	33	22	69	0.25	25	89*

1-6 – минералы дацитов: 1-3 – вкрапленники биотита, амфибола и шаровидные включения пироксена в амфиболе соответственно, 4, 5 – центральная и краевая зоны вкрапленника плагиоклаза, 6 – промежуточная зона некоторых вкрапленников плагиоклаза, 7-9 – минералы гранитоидов: биотит, плагиоклаз и ортоклаз, соответственно.
* – доля ортоклазового минала.

При сходстве минеральных парагенезисов вулканитов и интрузивов очевидны различия как в номенклатуре, так и в составе минералов этих пород.

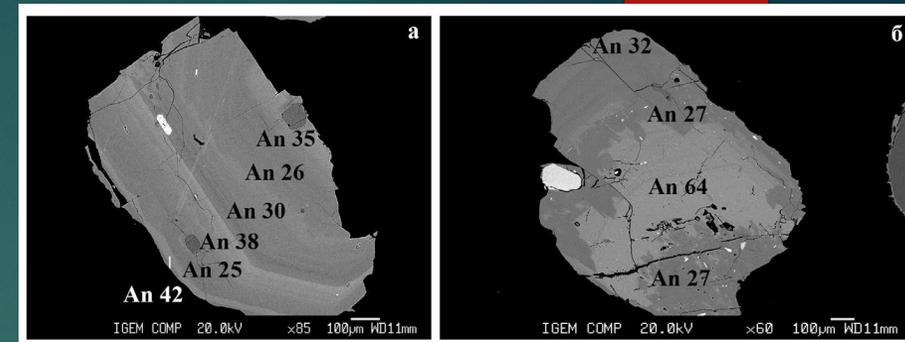


Рис. 4. Характер зональности вкрапленников плагиоклаза в тефре.

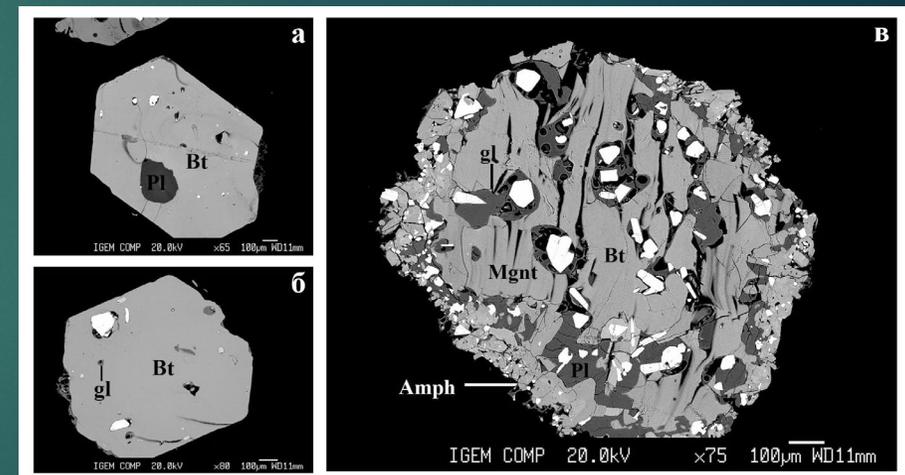


Рис. 5. Вкрапленники биотита в тефре.

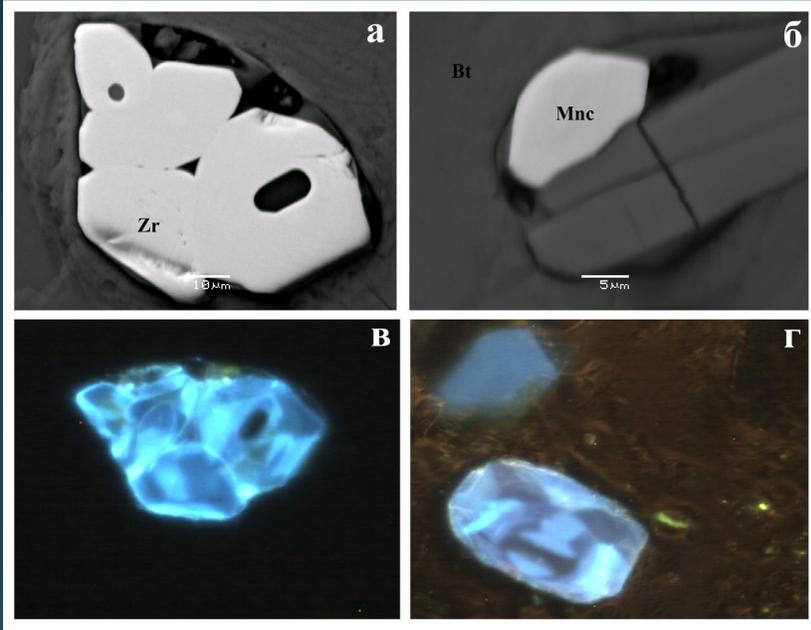


Рис. 6. Фото кристаллических включений в биотите дацитовых пемз: сrostка цирконов (а) и зерна монацита (б); CL-фото сrostка цирконов (в), зерно циркона в граните (г).

Как по морфологии, так и по составу цирконы и монациты пород обоих типов демонстрируют сходство. К сожалению, получение данных по возрасту цирконов в тефрах невозможно в связи с их распространенностью лишь в качестве кристаллических включений в минералах.

Таблица 2. Представительные анализы циркона и монацита вулcano-тектонической структуры Хангар.

Эл-г, ppm	1	2	3	Эл-г, 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.

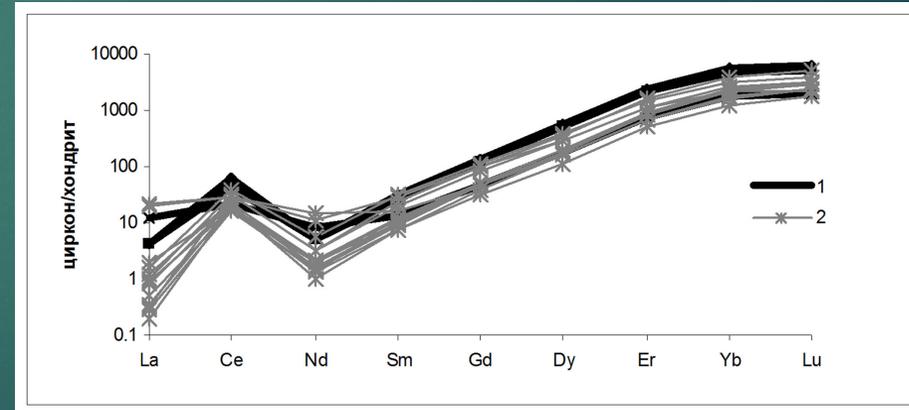


Рис. 7. Спайдер-диаграмма для цирконов дацитов (1) и гранитоидов (2). Значения хондрита – по (Sun, McDough, 1989).

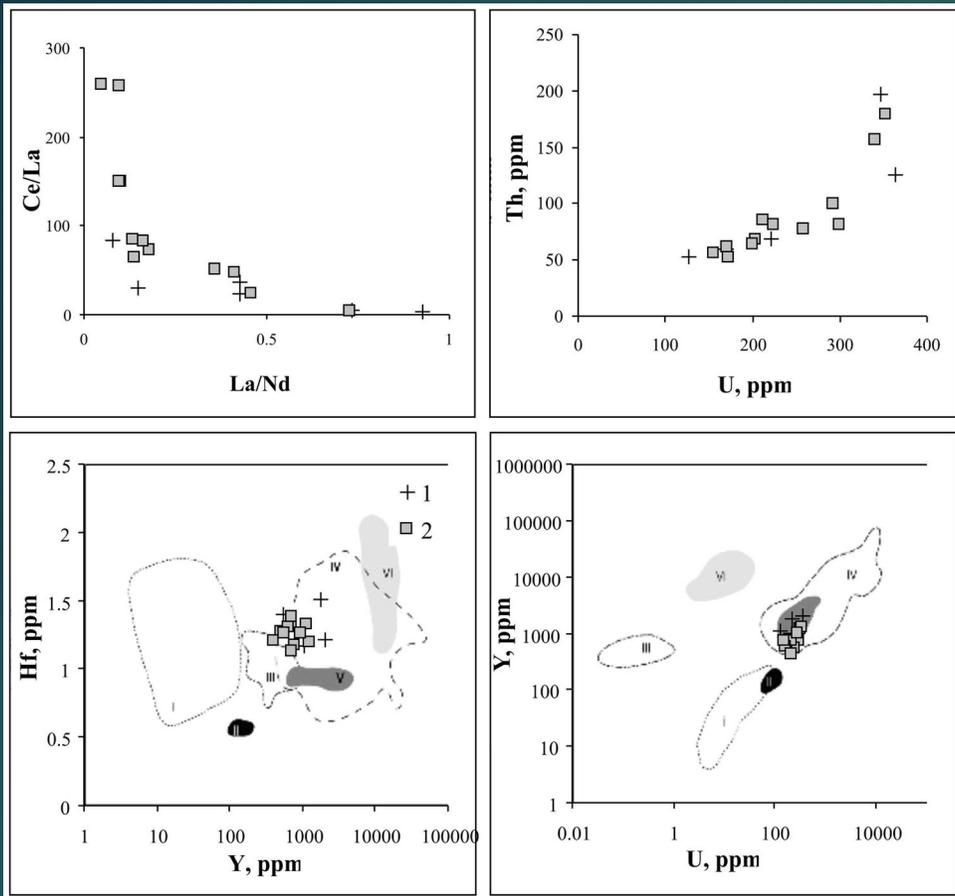


Рис. 7. Вариационные диаграммы для цирконов дацитов (1) и гранитоидов (2). Поля составов цирконов следующих пород: I – кимберлитов, II – карбонатиты, III- сиениты, IV- гранитоиды, V – долериты, VI – нефелин-сиенитовые пегматиты по (Belousova et al., 2002).

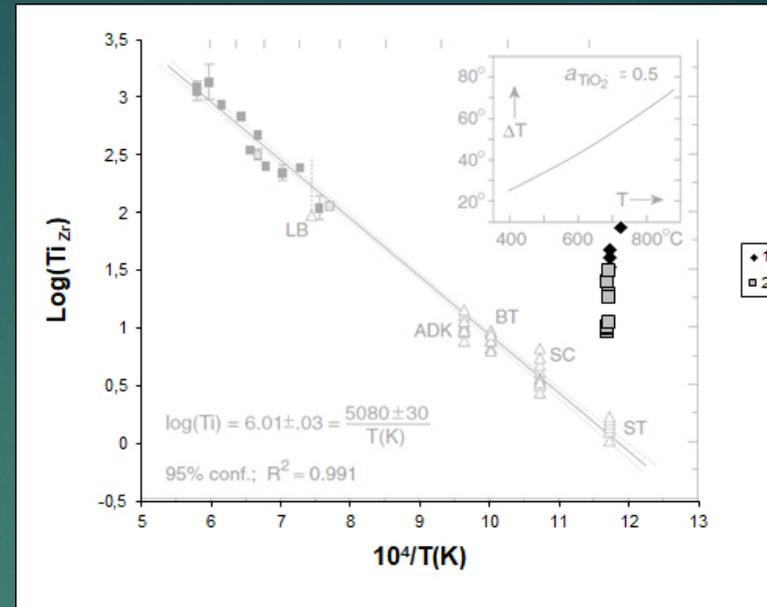


Рис. 8. Вариационная диаграмма зависимости Температуры от содержания титана в цирконе По Watson, Harrison, 2008). 1 – цирконы тefры, 2 – цирконы гранитоидов. В бэкграунде диаграммы – значения для эталонов и природных образцов ильменит-содержащих пород.

Поскольку в породах Хангара не содержится минералов титана, для корректной оценки температур требуется введение поправочного коэффициента. Однако даже и при столько грубом расчете сходство температурных показателей для цирконов тefры и интрузивов. Таким образом, вероятно, циркон и монацит для тefры являются ксеногенными фазами, обогатившими магмы при частичном плавлении гранитоидов.

ВЫВОДЫ:

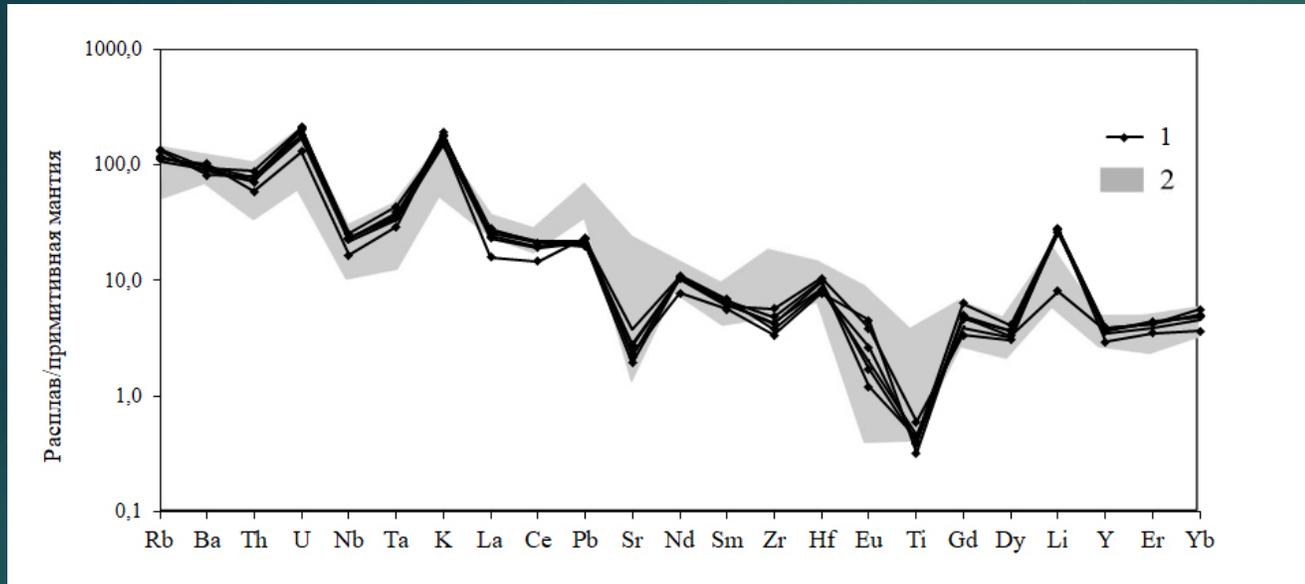


Рис. 9. Спайдер-диаграмма для расплавов вулканов Хангар (1) и Ичинский (2). Значения для мантии даны по (Sun, McDonough, 1989).

При сравнении составов расплавов, полученных при изучении расплавных включений в минералах вулканитов двух крупнейших вулканов Срединного хребта – Хангара и Ичинского при общем сходстве отмечена относительная обогащенность расплавов Хангара Th и U. Возможно, эта особенность связана с частичным плавлением гранитоидов в процессе вулканического магмогенезиса.

1. Циркон и монацит в вулканитах и интрузивах Хангара чрезвычайно близки по составу, морфологии, реконструированным температурам формирования.
2. Вероятно, эти акцессорные минералы являются фрагментами рестита, сохранившимися при частичном плавлении гранито-гнейсового фундамента, на котором сформирована вулканотектоническая структура Хангар. Таким образом, кислый вулканизм Хангара обусловлен спецификой состава фундамента и коровых процессов.

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 им.Л.Л. Перчука. 2013. Тезисы докладов. С. 12-17.
2. Базанова Л.И., Певзнер М.М. Хангар – еще один действующий вулкан на Камчатке // Доклады РАН. 2001. Т. 377. N 6. С. 800-802.
3. Кутыев Ф.Ш., Лебедев М.М., Максимовский В.А. О природе вулкано-тектонической структуры Хангар. // Известия Вузов. Геология и разведка. 1976. N 7. Сс. 35-46.
4. Певзнер М.М., Лебедев В.А., Волинец А.О., Толстых М.А., академик Костицын Ю.А., Бабанский А.Д. Возраст стратовулканов Ичинский и Хангар (Срединный хребет, Камчатка) // Доклады Академии наук. 2019. Т. 489. N. 6. Сс. 82-86.
5. Пономарева В.В., Чурикова Т.Г., Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Певзнер М.М., Сулержицкий Л.Д. Позднеплейстоцен-голоценовый вулканизм Камчатки. В кн.: Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Том II. Новейший вулканизм северной Евразии: закономерности развития, вулканическая опасность, связь с глубинными процессами и изменениями природной среды и климата. М., Изд-во ИГЕМ; 2008, С. 19-40.
6. Соловьев А. В., Лучицкая М. В., Селянгин О. Б., Хоуриган Дж. К. Позднемеловой гранитоидный магматизм Срединного хребта Камчатки: геохронология и особенности // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2015, том 23, № 1, с. 1–23
7. Толстых М.А., Певзнер М.М., Наумов В.Б., Бабанский А.Д. Характеристика расплавов, формировавших тефру плейстоцен-голоценовых извержений вулкана Ичинский (Камчатка), по данным изучения расплавных включений. // Геохимия. 2019. Т. 64. N3. Сс. 237-262.
8. Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y., Fisher N.I. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type // Contrib. Mineral Petrol. 2002. 143: 602-622.
9. 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. (42), 313-345.
10. Watson E. B., Wark D. A., Thomas J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2006. V.151