

УДК 551.21

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ДОКАЛЬДЕРНОГО,
КАЛЬДЕРООБРАЗУЮЩЕГО И ПОСТКАЛЬДЕРНОГО КОМПЛЕКСОВ
(КАЛЬДЕРА КАРЫМШИНА, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Рогозин А.Н.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Выделено три комплекса пород, связанных с кальдерой Карымшина – докальдерный, кальдерообразующий и посткальдерный. Показано, что большинство пород выделенных комплексов относится к группе нормально-щелочных пород известково-щелочной серии. Выделена особая группа посткальдерных вулканических построек и субвулканических тел относящиеся к толеитовой серии пород. Проведено сопоставление пород кальдеры Карымшина с породами Карымского вулканического центра (с использованием треугольной диаграммы AFM). Показано, что рассмотренные породы, связанные с кальдерой Карымшина, в большей части относятся к известково-щелочной серии с повышенной и умеренной щелочностью, характерной для тыловой зоны Камчатской островной дуги.

Ключевые слова: кальдера, игнимбрит, вулканический комплекс, петрохимия, Камчатка.

В результате работ 2004-2006 гг. сотрудниками лаборатории геологии геотермальных полей Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН была открыта новая крупнейшая на Камчатке кальдера – Карымшина [3], которая относится к суперкальдерам [1]. Ее возраст определен в 1,78 млн. лет [11]. Реконструированы ее границы и определены размеры новой структуры – 15x25 км. В северо-западной части кальдеры выявлен поднятый блок, который рассматривается, как следствие внедрения вязких кислых магм на более позднем этапе развития вулканизма в этом районе (около 0,5-0,8 млн. лет назад), то есть, как резургентное поднятие (рис 1).

В настоящей работе приводятся петрохимические характеристика пород, связанных с кальдерой Карымшина. Выделено три комплекса пород: докальдерный, кальдерообразующий и посткальдерный.

Общая характеристика пород докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного комплексов

Изучение геологии района, где расположена кальдера Карымшина позволило выделить докальдерный, кальдерообразующий и посткальдерный этапы вулканизма. Докальдерный этап представлен риолитовыми и риодацитовыми лавами, туфами и туфобрекчиями среднеплиоценового возраста (комплекс I). Они вскрываются в разрезах пород, составляющих фундамент кальдеры Карымшина. Ранее [10] мощную толщу туфов и игнимбритов рассматриваемого района объединяли с многочисленными субвулканическими телами, вскрывающимися в поле кислых пород района и рассматривали их как единый Карымшинский комплекс. Проведенные нами исследования позволили расчленить этот комплекс. К докальдерному этапу также относятся лавы андезитового и дацитового состава, слагающие вулканы гор Горячая, Ягодная, Левая Карымчина и др., которые вытянуты полосой северо-западного простирания вдоль западных границ кальдеры.

Кальдерообразующий этап представлен игнимбритами, связанными с образованием кальдеры (комплекс II). Они имеют эоплейстоценовый возраст (1,7-1,2 млн. лет) [11]. Максимальная мощность толщи игнимбритов в верховьях р. Пр. Карымчина достигает 1000 метров. Игнимбриты сохранились, в основном, внутри кальдеры. За ее пределами игнимбриты встречены только в нескольких местах (рис. 1, 2).

Посткальдерный этап представлен риолитовыми экструзиями, имеющими возрастом 0,8-0,5 млн. лет (комплекс III), которые развиты вдоль границы кальдеры (рис. 1) и по краям резургентного поднятия г. Толстый Мыс [7].

С некоторыми экструзивными куполами связаны мощные лавовые потоки, которые залегают с пологим наклоном от центра кальдеры к ее

краям. Большая часть куполов внедрялась значительно позже формирования кальдеры [8, 9].

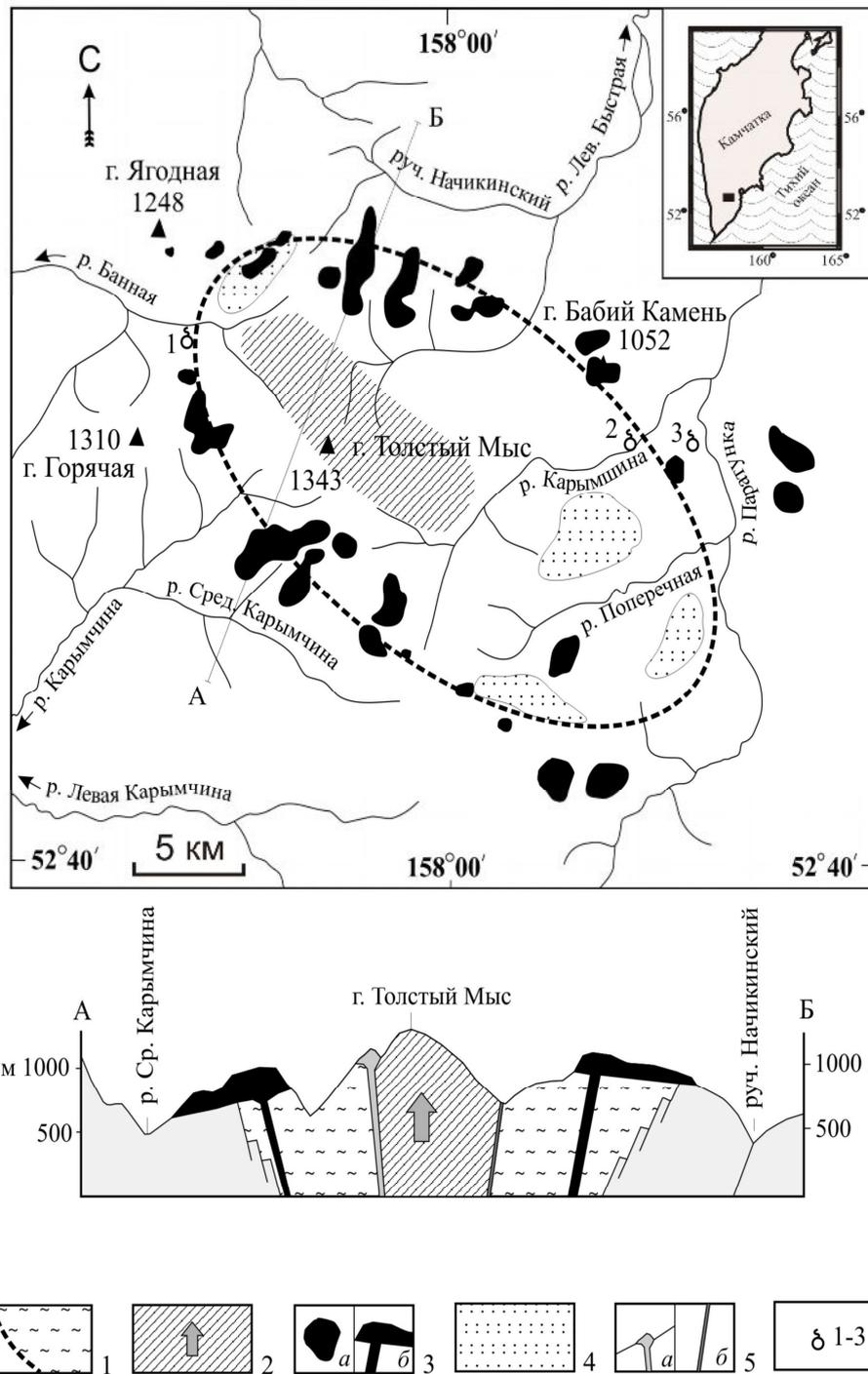


Рис. 1. Обобщенная схема, показывающая границы кальдеры и ее внутреннее строение по [3]. 1 - границы кальдеры и заполняющие ее отложения (показаны только на разрезе); 2 - резургентное поднятие; 3 – риолитовые экструзии и связанные с ними лавовые потоки: (а) – на схеме, (б) – на разрезе; 4 - районы, где были обнаружены озерные отложения – туфопесчаники, туфоалевролиты; 5 - небольшие вулканические постройки, сложенные базальтовыми лавами (а), рудоносные жилы (б), расположенные по краям резургентного поднятия; 6 – термальные источники (1 – Больше-Баннные, 2 – Карымшинские, 3 – Верхне-Паратунские). На врезке вверху справа показано место расположения района исследования.

К посткальдерному этапу также относится андезибазальтовый-андезитовый вулканизм, проявления которого приурочены, в основном, к границам резургентного купола, выделенного в северо-западной части кальдеры, и серия субвулканических тел среднего состава, рвущих игнимбриту внутрикальдерного заполнения [3].

В результате полевых исследований в пределах кальдеры были выделены также серии даек базальтового и риолитового состава, которые секут толщу игнимбритов, залегающих внутри кальдеры. Они также относятся к посткальдерному этапу вулканизма.

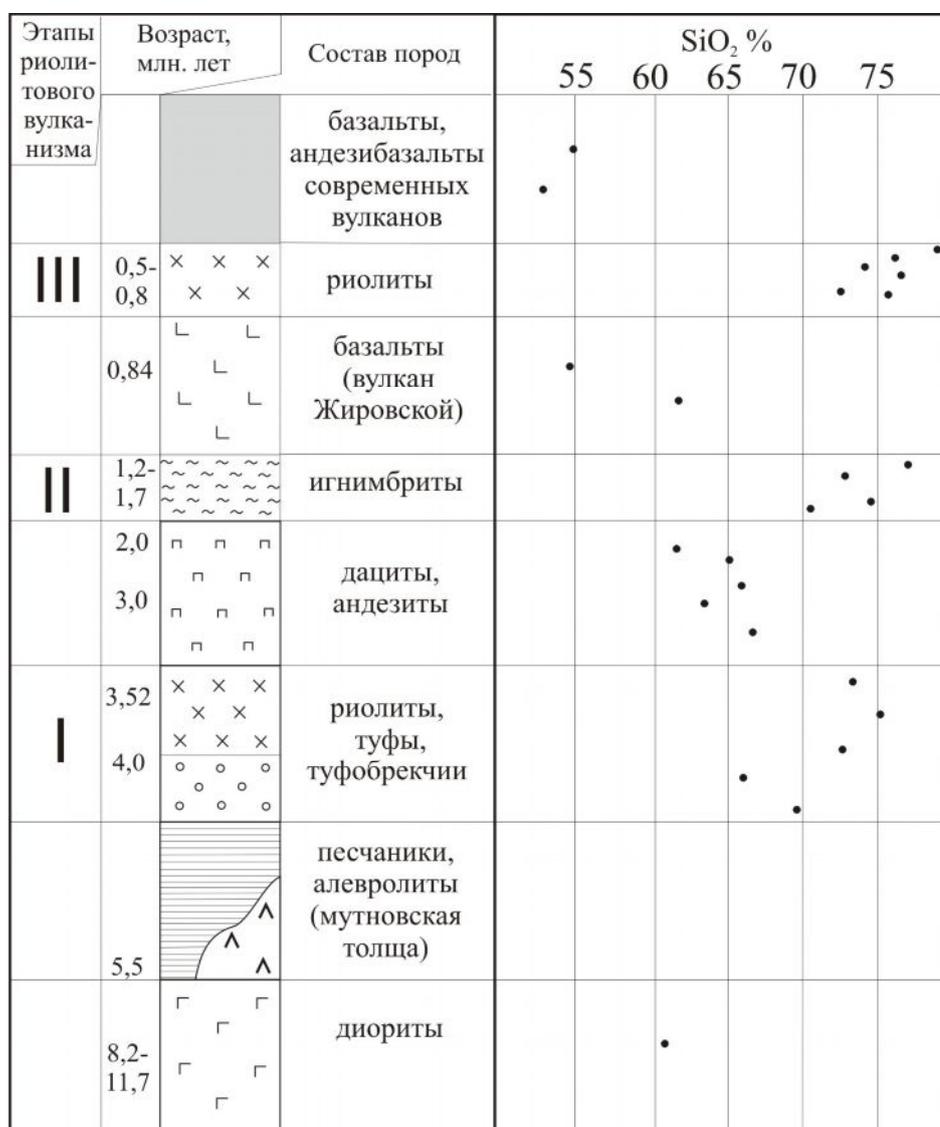


Рис. 2. Стратиграфическая колонка вулканогенных толщ Банно-Карымшинского района по [4]. Этапы кислого вулканизма: I – докальдерный (фундамент кальдеры), II – кальдерообразующий (игнимбриту связанные с кальдерой Карымшина), III – посткальдерный (риолитовые экструзии). В правой части рисунка показано содержание SiO₂ в породах.

Петрохимическое описание пород докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного этапов

Для петрохимической характеристики описанных выше пород использовались валовые силикатные анализы (более 170), которые были сделаны в Аналитическом центре ИВиС ДВО РАН методом рентгенофлуоресцентной спектromетрии на приборе «S4 PIONEER» по методике Geo-Quant фирмы Bruker AXS, аналитики – Е.В. Карташева, М.А. Назарова, Н.А. Соловьева, В.М. Рагулина.

На диаграмме «сумма щелочей – кремнезем» (TAS) (рис. 3а.) видно, что большинство пород выделенных трех комплексов относятся к породам нормальной щелочности. Кислые экструзии докальдерного этапа попадают как в область умереннощелочных, так и в область нормальнощелочных пород (рис. 3а, 7). Дайки базальтового состава, секущие игнимбриты попадают на границу пород умеренной и нормальной щелочности (рис. 3а, б). Риолитовые дайки кислого состава попадают в область низкощелочных пород (рис. 3а, 4).

По содержанию K_2O игнимбриты кальдеры Карымшина (рис. 3б, 2) и породы кислых экструзий посткальдерного этапа (рис. 3б, 3) попадают в поле умереннокалиевых пород. Кислые экструзии (рис. 3б, 7) слагающие фундамент кальдеры (докальдерный этап, комплекс I на рис. 2) относятся к высококалиевым породам с содержанием калия (K_2O 3,21-5,10 %). Риолитовые дайки, секущие игнимбриты внутри кальдеры (рис. 3б, 4), также относятся к области высококалиевых пород (K_2O 3,21-5,10 %). Дайки базальтового состава (рис. 3б, б) по содержанию K_2O попадают в области умеренно-калиевых пород (K_2O 1,30 – 0,73 %).

По критерию Мияширо (FeO^*/MgO) большая часть вулканических пород рассматриваемых комплексов относится к известково-щелочной серии (рис. 3в). На границу между толеитовой и известково-щелочной сериями попадают породы, слагающие андезибазальтовые-андезитовые

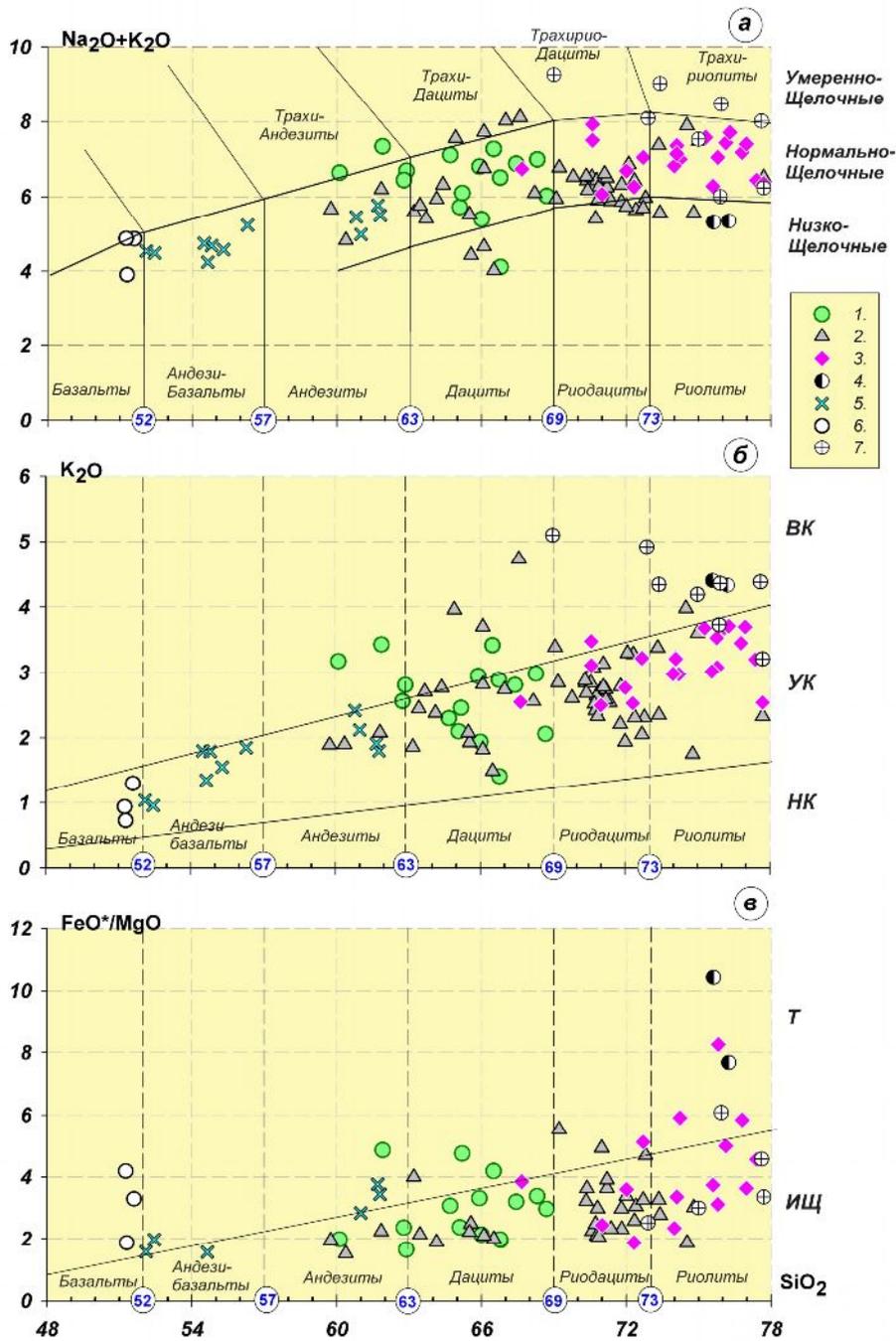


Рис. 3. Вариационные диаграммы для вулканических пород кальдеры Карымшина: (а) сумма щелочей – кремнезем (TAS). Границы раздела пород низкой, нормальной и умеренной щелочности приведены по [6]. (б) SiO_2 - K_2O . Поля составов различных по калиевости пород приведены по [6]. Поля высоко, умеренно и низкокалиевых пород отмечены, соответственно, буквами ВК, УК и НК. (в) критерий Мияширо (FeO^*/MgO). Дискриминационная линия, разделяющая толеитовую и известково-щелочную серии проведена по [13]. Буквами на диаграмме обозначены: Т – толеитовая серия, ИЩ – известково-щелочная. 1 – андезито-дацитовые вулканы, докальдерный комплекс; 2 – игнимбриты кальдеры Карымшина, кальдерообразующий комплекс; 3 – кислые экструзии и потоки, посткальдерный комплекс; 4 – риолитовые дайки, секущие игнимбриты внутри кальдеры; 5 – субвулканические тела андезитовые-андезитобазальтовые, посткальдерный комплекс; 6 – базальтовые дайки, секущие игнимбриты внутри кальдеры; 7 – кислые экструзии, докальдерный комплекс. Петрогенные окислы на диаграммах приведены в массовых %.

вулканические постройки в районе резургентного поднятия г. Толстый Мыс, и субвулканические тела андезибазальтового состава, рвущие игнимбриты внутри кальдеры (рис. 3в, 5). Дайки базальтового и риолитового состава относятся к толеитовой серии.

На диаграмме изменения содержания породообразующих окислов от SiO_2 (рис. 4) выделяются две группы пород разделенных пробелом. Одна в области базальтов-андезибазальтов (SiO_2 – 51,3-56,3%), другая – имеет средне-кислый состав от андезитов и риолитов (SiO_2 – 59,8-77,7%). В группе основных пород отмечается редкое снижение содержаний MgO , Na_2O , P_2O_5 при переходе от базальтов к андезитам. Содержание TiO_2 , Al_2O_3 , FeO^* , CaO изменяются постепенно. В области средне-кислых составов при переходе от андезитов до риолитов происходит постепенное снижение содержаний MgO , P_2O_5 , TiO_2 , CaO , FeO^* , Al_2O_3 вплоть до наиболее низких значений в риолитах. Концентрация Na_2O не зависит от содержания SiO_2 и находится в пределах (2,5-4,4%). В обеих группах пород наблюдается возрастание содержаний K_2O (по мере увеличения количества SiO_2 в породах рассматриваемых комплексов).

По коэффициенту глиноземистости (al') субвулканические тела (посткальдерный этап) и базальтовые дайки, рвущие игнимбриты, относятся к высокоглиноземистым породам ($al' = 1-2$). Все остальные породы докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного комплексов относятся к весьма высокоглиноземистым породам ($al' = 2-10$).

На треугольной диаграмме AFM (рис. 5) проведено сопоставление пород района кальдеры Карымшина с породами Карымского вулканического центра (использованы данные, взятые из [2]). Из диаграммы видно, что породы района кальдеры Карымшина большей части относятся к известково-щелочной серии с повышенной и умеренной щелочностью, характерной для тыловой зоны Камчатской островной дуги [5].

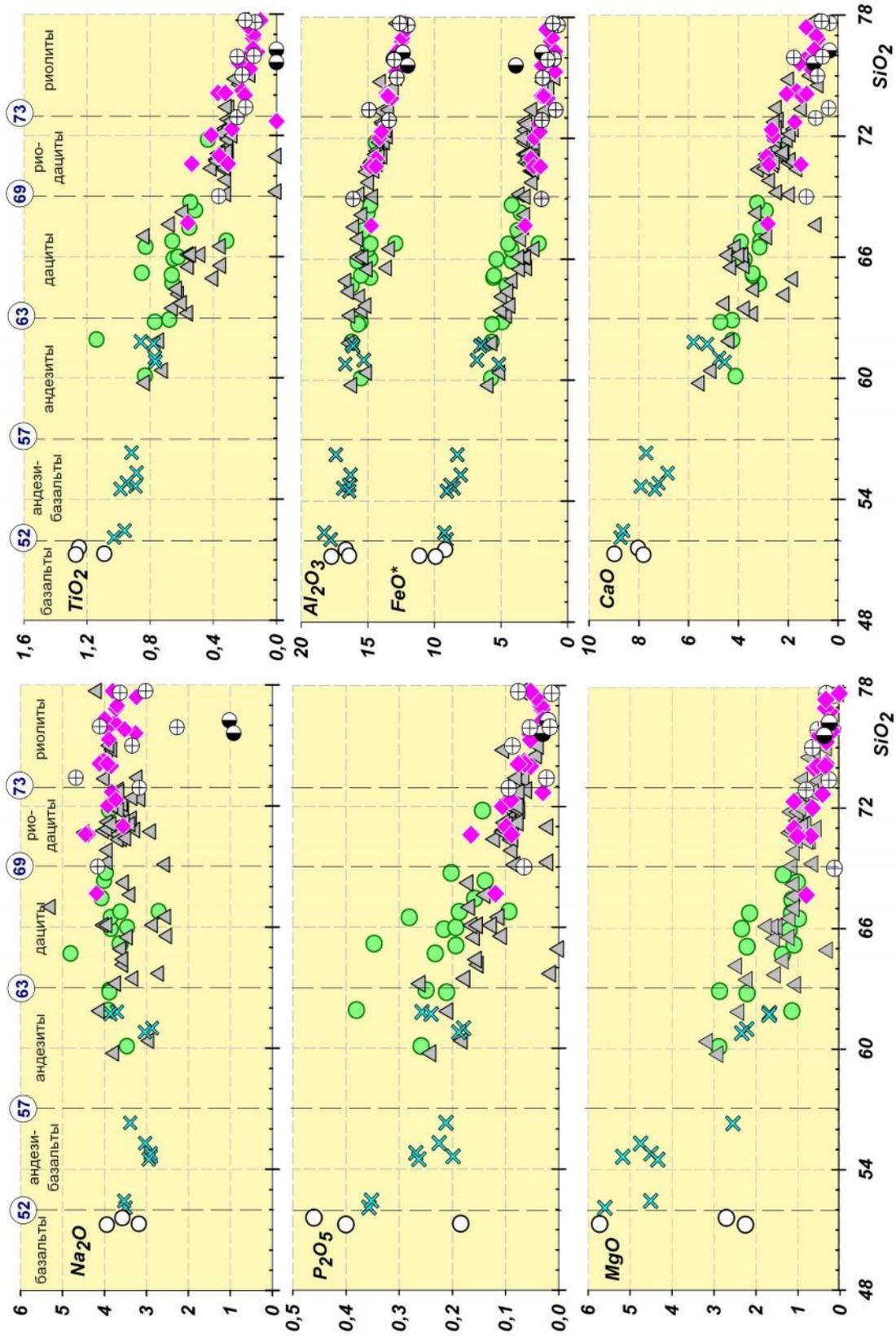


Рис. 4. Вариационные диаграммы Харкера. Петрогенные окислы приведены в массовых %. Условные обозначения как на рис. 3.

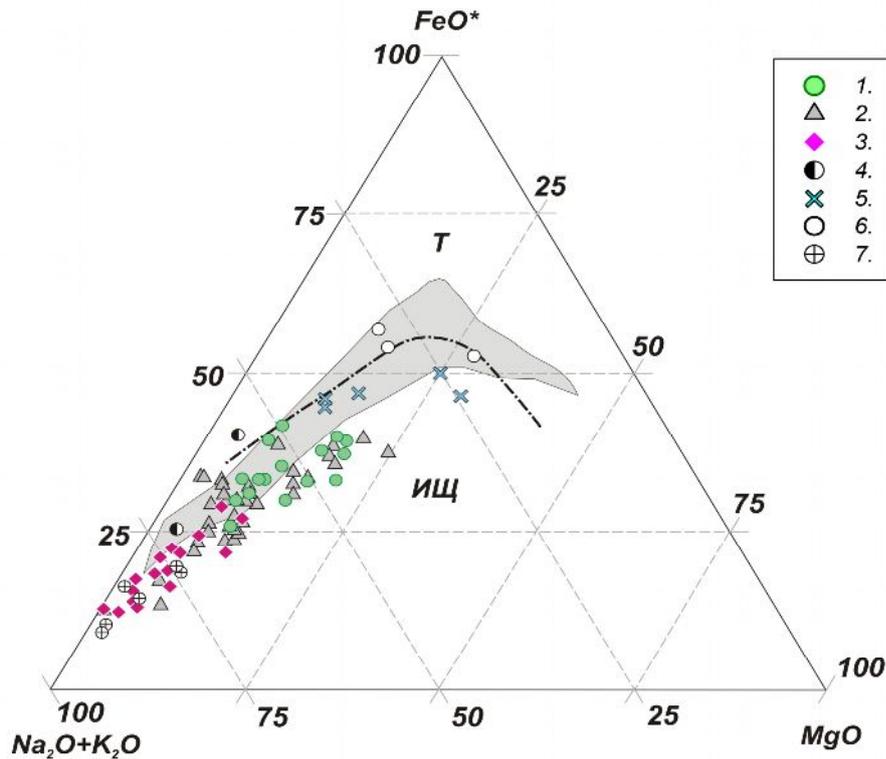


Рис. 5. Треугольная диаграмма AFM для комплексов вулканических пород кальдеры Карымшина. $\text{FeO}^* = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Линия пунктир с точкой – граница полей толеитовой и известково-щелочной серий по [12]. 1 – андезито-дацитовые вулканы, докальдерный комплекс; 2 – игнимбриты кальдеры Карымшина, кальдерообразующий комплекс; 3 – кислые экструзии и потоки, посткальдерный комплекс; 4 – риолитовые дайки, секущие игнимбриты внутри кальдеры; 5 – небольшие андезитовые-андезибазальтовые вулканы, посткальдерный комплекс; 6 – базальтовые дайки, секущие игнимбриты внутри кальдеры; 7 – кислые экструзии, докальдерный комплекс. Петрогенные окислы на диаграммах приведены в массовых %. Серым цветом закрашено поле пород Карымского вулканического центра по данным [2].

Полученные данные о петрохимических особенностях пород докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного этапов развития кальдеры необходимы для рассмотрения в дальнейшем вопросов эволюции вулканизма, связанного с кальдерой Карымшина.

Выводы:

1. Впервые проведена детальная петрохимическая характеристика пород докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного комплексов кальдеры Карымшина. Показано, что большинство пород выделенных трех комплексов относится к группе нормальнощелочных пород.

2. Показано, что кислые экструзии докальдерного и посткальдерного этапов отличаются по содержанию K_2O : первые попадают в поле высококалиевых пород, вторые – в поле умеренно-калиевых. Особую группу составляют риолитовые дайки посткальдерного этапа, которые имеют высокие содержания K_2O (3,21-5,10 %).

3. Большая часть вулканических пород рассмотренных комплексов относится к известково-щелочной серии. Особую группу составляют посткальдерные андезибазальтовые-андезитовые вулканические постройки и субвулканические тела, которые в основном относятся к толеитовой серии.

4. Изучение глиноземистости пород показало, что большая часть пород района относится к весьма высокоглиноземистым ($al' = 2-10$). Субвулканические тела и базальтовые дайки посткальдерного этапа выделяются в отдельную группу, которая относится к высокоглиноземистым породам ($al' = 1-2$).

Автор выражает благодарность к.г.-м.н. В.Л.Леонову и к.г.-м.н. Е.Н.Гриб за консультации и помощь на всех этапах в написании работы.

Работа выполнена в рамках проектов ДВО РАН 10-III-B-08-215, 09-III-A-08-424.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Биндеман И.Н.* Тайная жизнь супервулканов // В мире науки. 2006. № 10. С.70-75.
2. *Гриб Е.Н., Леонов В.Л., Перепелов А.Б.* Геохимия вулканических пород Карымского вулканического центра // Вулканология и сейсмология. 2009. № 6. С. 3-25
3. *Леонов В.Л., Rogozin A.N.* Карымшина – гигантская кальдера – супервулкан на Камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 14-28.
4. *Леонов В.Л., Rogozin A.N.* Эпизодичность кислого вулканизма и эпох рудообразования на Южной Камчатке (по новым данным К-Аг и Аг-Аг датирования и результатам изучения разрезов) // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 62-74.
5. Петрология и геохимия островных дуг и окраинных морей. М.: Наука, 1987. С. 336.
6. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
7. *Rogozin A.N.* Новые данные о кислых экструзиях Банно-Карымшинского района, Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 10. С. 156-164.
8. *Шеймович В.С., Головин Д.И.* Возраст кислых вулканитов района Больше-Банских источников // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 21-25.
9. *Шеймович В.С., Карпенко М.И.* К-Аг – возраст вулканизма на Южной Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1996. № 2. С. 86-90.
10. *Шеймович В.С., Хацкин С.В.* Риодацитовая магматическая формация Юго-Восточной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1996. № 5. С. 99-105.
11. *Bindeman I.N., Leonov V.L., Izbekov P.E., Ponomareva V.V., Watts K.E., Shipley N.K., Perepelov A.B., Bazanova L.I., Jicha B.R., Singer B.S., Schmitt A.K., Portnyagin M.V., Chen C.H.* Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar–Ar and U–Pb ages, isotopic, and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2010. V. 189. P. 57-80.
12. *Irvine T.N., Baragar W.R.A.* A guide to the chemical classification of the Common volcanic rocks // Canad. J. Earth. Sci. 1971. N 8. P. 523-548.
13. *Miyashiro A.* Volcanic rock series in island arcs and active continental margins // American Journal of Science. 1974. V. 274, P. 321-355

PETROCHEMICAL FEATURES OF MAIN VOLCANIC ROCK COMPLEXES OF
THE KARYMSHINA CALDERA (SOUTH KAMCHATKA)

Rogozin A.N.

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

The following three rock complexes, associated with the Karymshina caldera are distinguished: precaldera, caldera-forming and postcaldera. Most of rocks in these complexes are shown to belong to the normal-alkaline group of the calc-alkaline series. The specific group of postcaldera volcanic structures [edifices] and sub-volcanic bodies, which belong to tholeiitic rock series, is distinguished. The variation of the caldera rocks on the AFM diagram was compared to variation of Karymskiy volcanic center rocks. Mainly, the considered rock complexes belong to calc-alkali series with high and moderate alkalinity, which is common for the rear zone of the Kamchatka island arc.

Keyword: caldera, ignimbrite, volcanic rock complexes, petrochemicals, Kamchatka