

Необычные дайки гибридных пород южной оконечности кальдеры Хангар (Срединный хребет, Камчатка)

Толстых М.Л.¹, Бабанский А.Д.², Певзнер М.М.³

Extraordinary dikes of hybrid rocks of the southern part of the Khangar caldera (Sredinny Range, Kamchatka)

Tolstykh M.L., Babansky A.D., Pevzner M.M.

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

² *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва*

³ *Геологический институт РАН, г. Москва*

В кальдере Хангар обнаружены дайки андезитового состава, вкрапленники в их лавах представлены оливином, кислым плагиоклазом, кварцем и амфиболом. Минералогические и термобарогеохимические исследования выявили гибридное происхождение этих пород.

Породы гибридного генезиса – магматические породы, в формировании которых участвовали магмы различных составов – давно привлекали внимание исследователей. Существует множество особенностей, которые позволяют предположить гибридное происхождение породы [8]. Часто это макроскопические свидетельства минглинга, в том числе сетчато-жильные структуры, сформировавшиеся при остывании исходных контрастных магм. В маломощных субвулканических телах подобного генезиса участки, сформированные контрастными магмами, обычно хорошо различимы, т.к. образуют характерные структуры так называемых композитных даек [6], часто приуроченных к интрузивным массивам кислого состава. В южной части кальдеры Хангар были обнаружены дайки, сложенные однородной порфировой породой андезитового состава, сформированной в результате кристаллизации двух магм с последующим локальным аутометасоматическим преобразованием. В настоящей работе мы предлагаем краткое описание этих пород.

Структура Хангар расположена в северной части Срединно-метаморфического массива Камчатки и приурочена к одному из его гранито-гнейсовых куполов. Кальдера Хангар – крупная отрицательная форма рельефа, которая отличается от типичных кальдер отсутствием вулканитов в ограничивающих ее бортах [1], сложенных интрузивными и метаморфическими породами. Вся вулканическая деятельность центра Хангар локализована в крупной (12×16 км) котловине.

В пределах этой котловины выделяют выходы неогеновых гранитоидов [3], а также фрагменты различных построек четвертичного возраста: древний щитовой андезитовый вулкан, разновозрастные группы экструзивных дацитовых и риолитовых куполов, центральную андезидацитовую постройку стратовулкана – собственно вулкан Хангар [2]. В целом, наиболее распространенными типами вулканитов в кальдере, как лав, так и пирокластики, являются андезиты, дациты и риолиты, причем кислые породы преобладают [2]; есть и игнимбриты [9]. Базальты приурочены только к южной части кальдеры; главным центром базитового вулканизма является конус Голодьяк (рис. 1) и связанный с ним лавовый поток четвертичного возраста. Наряду с этими молодыми базальтами в южной части кальдеры установлены выходы гнейсов и гранодиоритов.

Именно к выходам гранитоидов возраста 15-11 млн лет [2, 10] приурочены локальные проявления специфических крупнопорфировых пород (рис. 1б), нигде более в кальдере не обнаруженных. Их K-Ar возраст составляет 7.2-7.0 млн лет, это самые древние вулканиты, обнаруженные в пределах кальдеры [2, 10]. Весьма специфичен как химический состав этих пород, для некоторых образцов приближающийся к бонинитам, так и их минеральный комплекс, состоящий из нескольких минеральных ассоциаций.

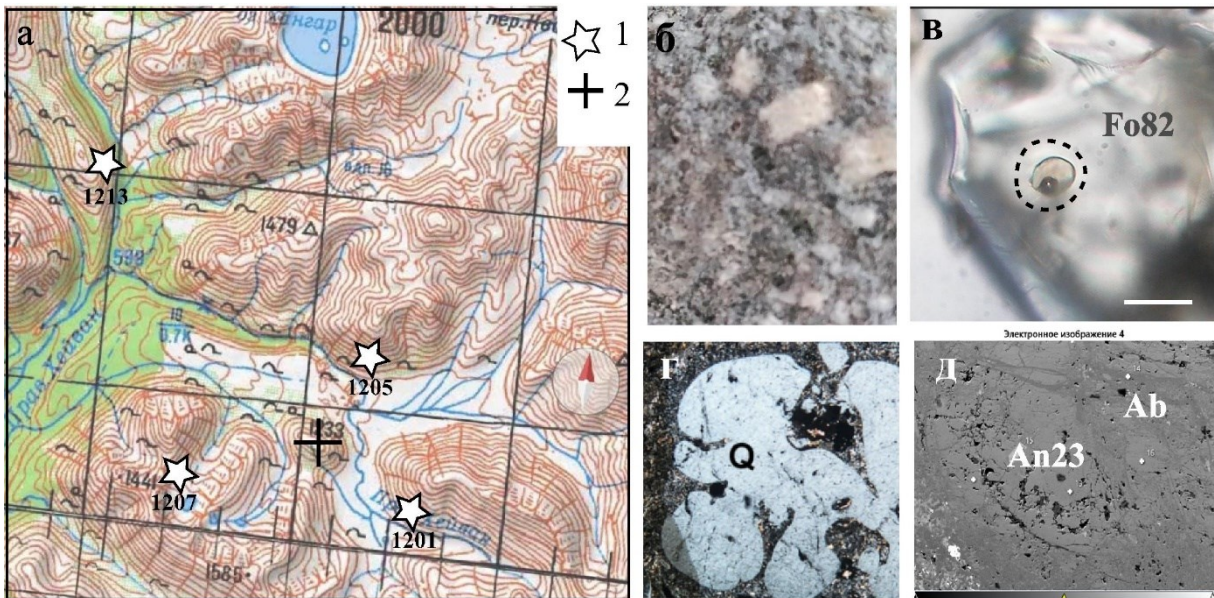


Рис. 1. Схема расположения гибридных даек в кальдере Хангар (а), общий вид пород (б) и минералы под оптическим (в, г) и сканирующим электронным микроскопом (д).

1 – выходы гибридных даек; 2 – конус Голодьак. Q – кварц, An – анортит, Ab – альбит, Fo – форстерит. Линейка – 50 мкм. а – схема на основе топографической карты масштабом 1:100 000, сторона квадрата 2 км.

Ассоциация I. Крупные (>3 мм) вкрапленники, определяющие порфировый облик изученных пород (рис. 1), представлены средним и кислым плагиоклазом, ортоклазом и кварцем. Зерна кварца часто имеют округлую форму или многочисленные «заливы» основной массы (рис. 1г). Наиболее крупные зерна плагиоклазов (An 22-40) часто трещиноваты, по трещинам развивается альбит либо мелкозернистый агрегат кварца и кальцита. Зерна практически не зональны (рис. 1д). Крупные вкрапленники темноцветных минералов практически целиком изменены (хлоритизированы или замещены эпидотом); лишь отдельные реликтовые зоны сохранили исходный минеральный состав (пироксен, амфибол, биотит).

Ассоциация II. Серийно-порфировые идиоморфные вкрапленники плагиоклаза и амфибола, а также микролиты Pl+Amph+Sph, в отдельных участках Q+KSP.

Плагиоклаз составляет около 40 % вкрапленников этой ассоциации и представлен двумя генерациями: (1) крупно- и среднеразмерные идиоморфные вкрапленники (An24-40); (2) каймы вкрапленников и микролиты (An52-60). Амфибол также представлен двумя генерациями: (1) серийно-порфировые вкрапленники; (2) микролиты и тонкие каймы кварца и плагиоклаза. Амфибол этих генераций не слишком отличается по магниальности, однако велики вариации натрия, титана и алюминия (рис. 2б, г).

Ассоциация III. Мелкозернистые вкрапленники оливина и хромшпинелида. Оливин встречается в виде мелких (до 0.3 мм) чистых зерен, которые содержат кристаллические включения хромшпинелида и полностью раскристаллизованные расплавные включения размером не более 15-20 мкм (рис. 1в). Зерна оливина характеризуются прямой зональностью Fo 85-73, наиболее распространены составы Fo 82-80. Состав расплава соответствует магниальному базальту (SiO₂ 47-51 мас. %, MgO 6-10 %, K₂O 1.6 %).

Ассоциация IV, соответствующая пропиловому комплексу: альбит, хлорит, эпидот, микрозернистый кварц и кальцит.

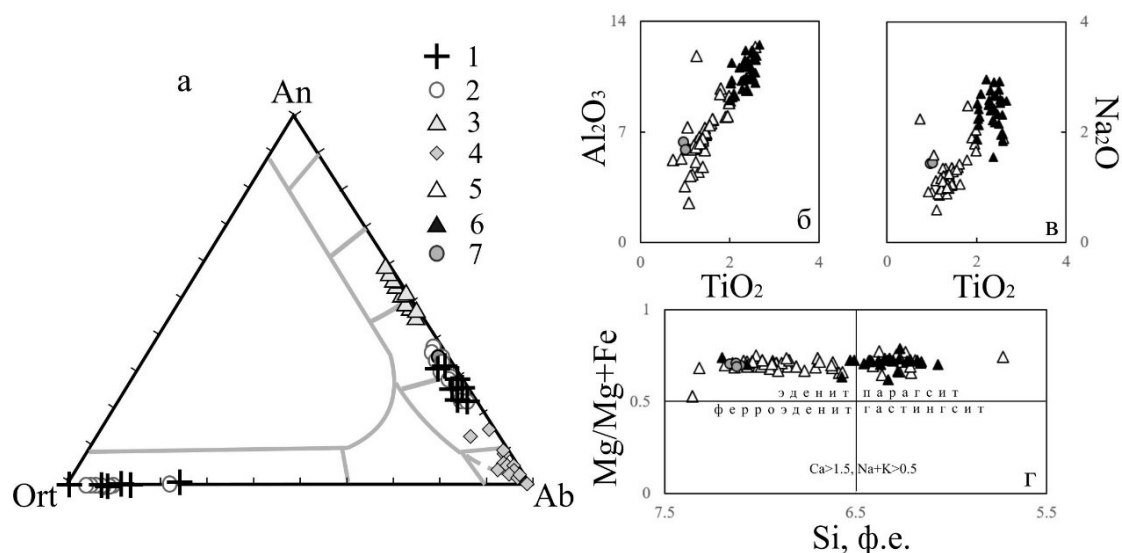


Рис. 2. Составы полевых шпатов (а) и амфиболов (б-г) гибридных даек кальдеры Хангар и вмещающих гранодиоритов. Полевые шпаты: 1 – гранитоидов; 2, 3 – ассоциации I, II; 4 – ассоциации IV; амфиболы: 5, 6 – ассоциации II; 7 – гранитоидов.

Согласно расчетам на основании нескольких геотермометров [4, 7 и др.], ассоциации гибридных пород кальдеры Хангар кристаллизовались при следующих температурах:

1070-750 °C – минералы вмещающих гранодиоритов, Pl+KSP+Bt, Px, Amph.

1070-740 °C – ассоциация I, парагенезис PL+Q+Bt.

1250 °C – ассоциация III, парагенезис оливин+шпинелид, эксперимент.

1100-810 °C – ассоциация II, вкрапленники Pl+Amph.

1200-1100 °C – ассоциация II, каймы вкрапленников и микролиты.

345-220 °C – ассоциация IV, хлориты пропилитового комплекса.

Рассчитанное давление для ассоциаций магматической стадии попадает в общий диапазон 7-13 Кбар, за исключением поздних плагиоклазов и амфиболов ассоциации II, для которых давление составляет 2-7 Кбар [4].

На основе анализа соотношений P-T условий для разных минеральных комплексов можно с большой достоверностью предполагать, что: а) минералы ассоциации I – твердофазный материал вмещающей гранитоидной интрузии, захваченный поднимающимся расплавом; б) низкотемпературные минералы ассоциации II кристаллизовались из кислого гранитоидного расплава, сходного по составу с вмещающими породами; в) парагенезис Ol+Cr-Spl кристаллизовался из высокотемпературного базальтового расплава; г) смешение основного и кислого расплавов в близповерхностных условиях вызвало резкий нагрев системы, в ходе которого кристаллизовались высокотемпературные минералы ассоциации II; д) процессы воздействия высокотемпературного флюида, транспортируемого базитовым расплавом, могло вызвать локальные процессы автометасоматоза, не затронувшие фазы основного парагенезиса Ol+Cr-Spl.

Если предполагать, что два главных компонента смешения в системе даек Хангара – это базальтовый расплав включений в оливине и кислый расплав, аналогичный вмещающим гранитоидам, то гибридные породы должны находиться на линии смешения, что и демонстрирует рис. 3. Балансовый расчет показывает, что ближе всего к усредненному составу даек оказывается состав, полученный при смешении 42 % базитового и 58 % кислого компонентов (стандартные ошибки 0.01 и 0.02).

Таким образом, андезиты неогеновых даек кальдеры Хангар – это гибридные породы, образованные базальтовыми выплавками, схожими с четвертичными лавами конуса Голодьяк, реликтами вмещающих гранитоидов и кислыми магмами.

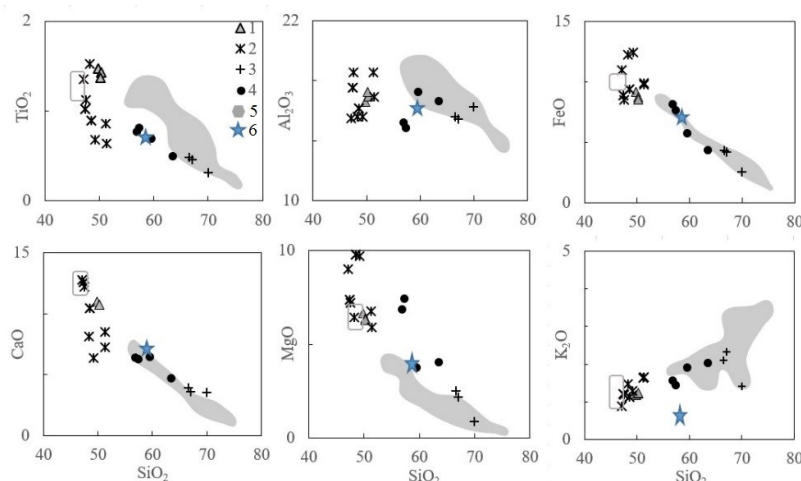


Рис. 3. Бинарные вариационные диаграммы для изученных расплавов и пород кальдеры Хангар. 1 – базальты конуса Голодьняк [10]; 2 – расплавы включений и затеков стекла в оливинах гибридных даек; 3 – гранитоиды пород фундамента; 4 – породы гибридных даек; 5 – поле голоценовых пород вулкана Хангар; 6 – расчетный состав (см. текст). Прямоугольное поле – составы расплавов, равновесных оливинам гибридных даек, пересчитанные на равновесие с оливином (Kd_{Fe-Mg} 0.3).

Происхождение этих кислых магм дискуссионно; они могут быть результатом локального низкотемпературного плавления вмещающих интрузий при внедрении базитовых магм [5] либо частью масштабного комплекса средних и кислых вулканитов кимитинской серии [3], который развивался в этом районе в неогене.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук.

Список литературы

1. Леонов В.Л., Гриб Е.Н. Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток, «Дальнаука» ДВО РАН, 2004. 18 с.
2. Певзнер М.М., Лебедев В.А., Воынец А.О. и др. Возраст стратовулканов Ичинский и Хангар (Срединный хребет. Камчатка) // Доклады Академии наук. 2019. Т. 489. № 6. С. 82-86.
3. Сидоренко В.И., Селиванов М.Т., Лисович В.А. и др. Отчет Хейванской партии о геологическом доизучении и подготовке к изданию комплекта Государственной геологической карты Российской Федерации. Петропавловск-Камчатский, 1999. 599 с.
4. Blundy J.D., Holland T.J.B. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer // Contributions to mineralogy and petrology. 1990. Т. 104. № 2. С. 208-224.
5. Brawn M. Granite: from genesis to emplacement // GSA Bulletin. 2013. V. 125. № 7-8. P. 1079-1113. <https://doi.org/10.1130/B30877.1>
6. Dahlquist J.A. Mechanisms of magmatic mingling in composite dyke: models of dispersion and shear dilatation // Geodynamics & Tectonophysics. 2019. V. 10. № 2. P. 325-345. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-217>
7. Kudo A.M., Weill D.F. An igneous plagioclase thermometer // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1970. V. 25. P. 52-65. <https://doi.org/10.1007/BF00383062>
8. Pistone M., Blundy J.D., Brooker R.A. et al. Textural and chemical consequences of interaction between hydrous mafic and felsic magmas: an experimental study // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2016. V. 171. P. 1-21. <https://doi.org/10.2138/am-2017-579>
9. Simonov V.A., Kotlyarov A.V., Kotov A.A. et al. Formation Conditions of Ignimbrites of the Khangar Volcano (Kamchatka) // Russian Geology and Geophysics. 2024. V. 65. № 7. P. 831-847. <https://doi.org/10.2113/rgg20234566>
10. Volynets A.O., Nekrylov N., Kostitsyn Y. et al. Deciphering mantle source heterogeneity in space and time in the back-arc of a contemporary subduction system: A regional study of the Sredinny Range, Kamchatka // Lithos. 2024. V. 476. Art. 107605. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2024.107605>