

Петролого-геохимическая характеристика пород Козельского вулкана
*Бреннан Е.¹, Савов И.П.¹, Агостини С.², Чурикова Т.Г.³, Гордейчик Б.Н.^{3,4},
Муравьев Я.Д.³, Морган Д.Дж.¹, Ивсон А.А.⁵, Хамфрис М.⁵*

Petrological and geochemical characteristics of the Kozelsky volcano rocks
*Brennan E., Savov I.P., Agostini S., Churikova T.G., Gordeychik B.N., Muravyev Ya.D.,
Morgan D.J., Iveson A., Humphries M.*

¹ *Институт геофизики и тектоники, Факультет Земли и окружающей среды, Университет Лидса, г. Лидс, Великобритания;*

e-mail: eeebr@leeds.ac.uk

² *Институт наук о Земле и ресурсах Земли, Национальный исследовательский совет, г. Пиза, Италия*

³ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

⁴ *Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черногловка*

⁵ *Отделение наук о Земле, Научный центр университета Дарема, г. Дарем, Великобритания*

Представлены новые минералогические, петрологические и геохимические данные (XRF, EPMA, ICP-MS) для базальт-андезитовой серии пород Козельского вулкана. Породы характеризуются повышенными содержаниями MgO (5-15 мас. %), Ni (10-200 ppm) и Cr (60-800 ppm) и повышенными отношениями Ba/Zr и Sr/Y в сравнении со средне-дуговыми лавами.

Введение

Островодужный вулканизм является основным фактором при обмене летучими и флюидно-подвижными элементами между различными резервуарами Земли. Флюиды, поступающие из старой, холодной и измененной Тихоокеанской плиты, находящейся под полуостровом Камчатка, являются прекрасным объектом для изучения поведения летучих и флюидно-подвижных элементов и их изотопов в зонах субдукции. Мы изучаем пространственно-временные вариации химического и изотопного состава пород, чтобы определить вклад этих элементов в мантийные источники и исследовать их дальнейший перенос.

Необычайно низкие содержания бора (как в расплавных включениях из оливинов пород, так и в жильных минералах ксенолитов) при тяжелых значениях его изотопов в породах Авачинского вулкана [4, 7] поставили задачу дополнительного изучения вулканов Авачинско-Корякской группы.

В первую очередь речь идет о вулкане Козельском, самом восточном в этой группе, расположенном ближе других к преддуговому желобу и находящемся всего в 20 км к северу от г. Петропавловск-Камчатский. Вулкан Козельский находится в сегменте дуги с минимальной глубиной сейсмофокальной зоны в южной части Камчатки, которая составляет лишь около 88 км [6], и при этом крайне мало изучен. В настоящей работе приводятся новые петрографические, петрологические и геохимические данные для пород преддуговых вулканов Козельский и Авачинский. Составы пород и минералов анализировались методами XRF, EPMA, ICP-MS.

Район работ и сбор образцов

Породы Козельского вулкана в настоящем исследовании являются приоритетными. Они опробовались с южной и юго-восточной сторон вулкана (рис. 1). Были опробованы породы стратовулкана, экстрезии и конусы Козлята. Наиболее примитивные лавовые потоки были обнаружены на сочленении вулканов Авачинский и Козельский.

Породы Авачинского вулкана уже исследовались ранее [в т.ч. 2, 3], поэтому мы ограничились опробованием нескольких высокомагнезиальных конусов, расположенных на сочленении Авачинского и Корякского вулканов (СЗ сектор Авачинского вулкана) – верхнеплейстоценовые конусы Добрыня и Попович и

раннеголоценовый конус Страж [1] (рис. 1), а также нескольких оливиносодержащих пород из того же сектора вулкана.

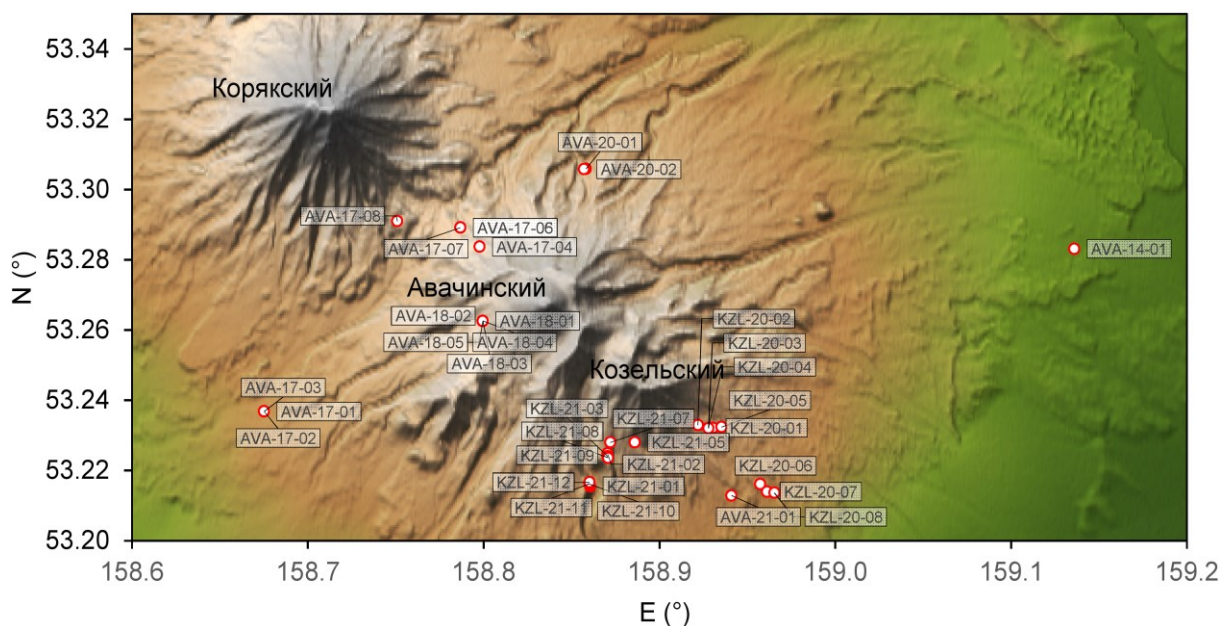


Рис. 1. Схема сбора образцов пород вулканов Козельский (KZL) и Авачинский (AVA).

Описание пород и минералов

Высокомagneзиальные лавы вулкана Козельский, встреченные в нижней части постройки, представлены преимущественно порфировыми разностями с содержанием вкрапленников 20-40 %. Фенокристаллы представлены оливином и клинопироксеном и относительно небольшим количеством шпинели. Основная масса гипокристаллическая, состоящая из оливина, клинопироксена, плагиоклаза и оксидов железа (рис. 2). Породы верхней части постройки стратовулкана представлены более эволюционированными разностями, а именно плотными субафировыми андезитами серого – серо-розового цветов, пироксеновыми, пироксен-плагиоклазовыми и существенно плагиоклазовыми (до 30 % Pl) андезибазальтами, содержащими около 10 % крупных фенокристаллов пироксена размером до 1 см, плотными роговообманковыми андезитами с 10-15 % вкрапленников размером до 1.5 см в длину. Оливин в породах верхней части постройки редок, не превышает 5 %, но в отдельных разностях его кристаллы достигают 7-8 мм. Также встречаются скопления роговообманковых пемз, не привязанных к определенным горизонтам.



Рис. 2. Фотографии шлифов оливиновых базальтов Козельского вулкана: а) оксидно-пироксеновая кайма вокруг оливина; б) крупный идиоморфный оливин; в) крупный зональный идиоморфный клинопироксен с включениями оливина.

Породы конусов – плагиоклазовые (до 30 % Pl), пироксен-плагиоклазовые и субафировые андезибазальты от афировых до серийнопорфировых разностей. Основная масса пород черная, слабо раскристаллизованная.

Породы экструзий – это в основном светлые роговообманковые и пироксен-роговообманковые андезиты и дациты, содержащие от 1 до 10 % роговой обманки, также встречаются дупироксеновые и плагиоклазовые андезибазальты и андезиты с содержанием пироксена до 20-25 % (рис. 2).

Породы Авачинского вулкана в настоящем исследовании представлены бомбами, шлаками, лавовыми потоками ОI-базальтов совершенно свежего облика и различной пористости. Оливины в них представлены как отдельными кристаллами, зачастую с включениями шпинели, так и скоплениями до 1 см в диаметре и объемом до 5-7 % породы. Срх имеет подчиненное значение и не превышает 1 %. В лаве конуса Страж наблюдается до 1 % плагиоклаза. Основная масса слабо раскристаллизована, имеет витрофировую структуру.

Оливины из базальтов Козельского вулкана имеют диапазон по форстериту 65-91, предположительно наиболее магнезиальные из них равновесны с мантией. При этом в некоторых образцах наблюдаются две генерации оливиновых вкрапленников, что свидетельствует об интенсивных процессах смешения разных порций расплавов. Оливины из высокомагнезиальных конусов Авачинского вулкана варьируют в диапазоне по форстериту 62-87, а в образцах авачитов 73-90.5.

Петрохимическая и геохимическая характеристики пород

Породы вулканов Козельский и Авачинский лежат в едином тренде и представлены серией от базальтов до андезидацитов, при этом породы Авачинского вулкана составляют более примитивную часть тренда, а лавы Козельского вулкана – более эволюционированную. Как видно из рис. 3, породы Авачинского и Козельского вулканов занимают самую низко-К зону среди пород восточного фронта северного пересечения и лежат вблизи классификационной границы между средне- и низко-калиевыми вулканитами.

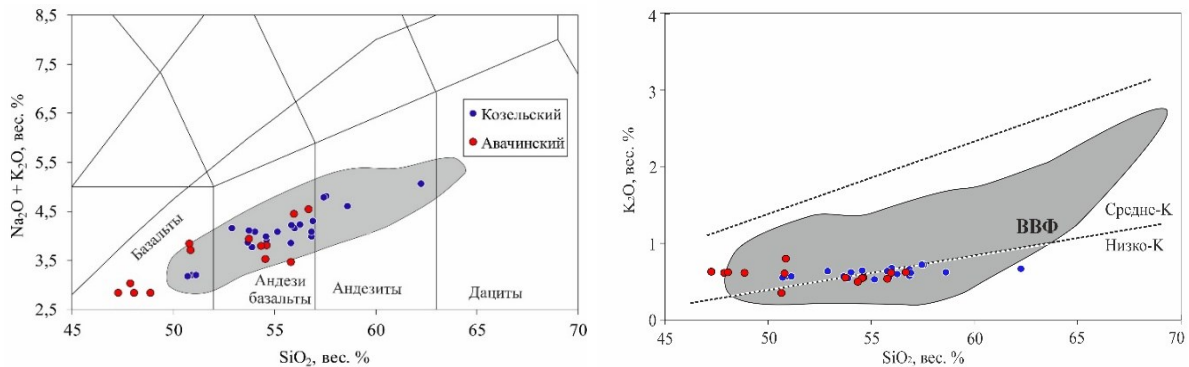


Рис. 3. Сумма щелочей и содержание K_2O в породах Авачинского и Козельского вулканов в зависимости от кремнезема. Серое поле – составы пород восточного фронта северного пересечения Камчатки.

На диаграмме Пирса [5] все изученные породы лежат в поле базальтов островных дуг. Содержания хрома в породах обоих вулканов формируют единый тренд, который значительно варьирует по хрому при практически постоянном значении иттрия. Подобное поведение прослеживается на большинстве геохимических диаграмм – породы обоих вулканов составляют единые тренды, предполагая родственное происхождение и близкие первичные источники. Диаграмма Va/Zr (рис. 4б) показывает, что все породы обогащены флюидно-подвижным барием, источник

которого может быть представлен как субдукционным флюидом, так и расплавом осадочного материала.

Следует отметить, что исследованные породы обоих вулканов имеют довольно высокие Sr/Y отношения: 13-21 (среднее 16) для Козельского и 14-22 (среднее 18) для Авачинского вулканов.

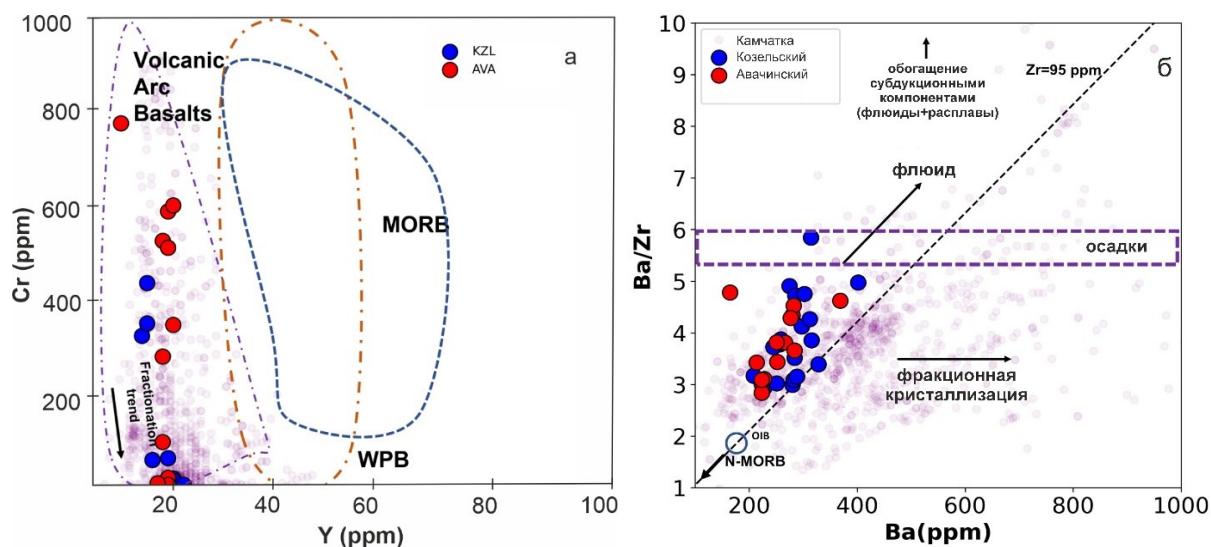


Рис. 4. Графики микроэлементов и их отношений в породах вулканов Авачинский и Козельский. а) Sr в зависимости от Y [5]; б) Ba/Zr в зависимости от Ba отражает добавку флюидной компоненты. Мелкими полупрозрачными розовыми кружками показаны данные для пород Камчатки с содержанием магния менее 4 %, данные взяты из базы данных GEOROC.

Полевые и лабораторные работы проводились в рамках НИР № FWME-2024-0009, анализ результатов – в рамках НИР № FWME-2024-0009 и № FMUF-2022-0004.

Список литературы

1. Базанова Л.И., Пузанков М.Ю., Кулиш Р.В. О возрасте шлаковых конусов на сочленении подножий Авачинского и Корякского вулканов // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога, 29-30 марта 2013 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 70-71.
2. Пузанков М.Ю. Геохимическая зональность в островной дуге (на примере Авачинского ряда вулканов) / Геохимическая типизация магматических и метаморфических пород Камчатки / Отв. ред. А.П. Кривенко. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1990. С. 114-127. <https://search.rsl.ru/ru/record/01002123232>
3. Castellana B. Geology, chemostratigraphy, and petrogenesis of the Avachinskiy volcano, Kamchatka, Russia. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in Geology. UMI Number: 9818050. Los Angeles: University of California, 1998.
4. Iveson A., Humphreys M.C., Savov I.P. et al. Deciphering variable mantle sources and hydrous inputs to arc magmas in Kamchatka // Earth and Planetary Science Letters. 2021. V. 562. Art. 1067. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116848>
5. Pearce J.A. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries // Andesites: orogenic andesites and related rocks / Eds. R.S. Thorpe. Chichester, England: John Wiley and Sons, 1982. P. 528-548.
6. Syracuse E.M., van Keken P.E., Abers G.A. The global range of subduction zone thermal models // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2010. V. 183. Is. 1-2. P. 73-90. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2010.02.004>
7. Tomanikova L., Savov I.P., Harvey J. et al. A limited role for metasomatized subarc mantle in the generation of boron isotope signatures of arc volcanic rocks // Geology. 2019. V. 47. Is. 6. P. 517-521. <https://doi.org/10.1130/G46092.1>