

Петрологические особенности андезитовых лав эруптивного центра Близицы (Шишейский вулканический комплекс, Центральная Камчатская депрессия)

Н.В. Горбач¹, Д.П. Савельев¹, М.В. Портнягин^{2,3}, А.Н. Rogozin¹, Т.М. Философова¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: n_gorbach@mail.ru*

² *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва*

³ *GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research, Kiel, Germany*

Введение

Шишейский вулканический комплекс, впервые выделенный при региональных геологосъемочных работах [2], занимает особую позицию в четвертичном магматизме Камчатки. Позднеплейстоцен-голоценовые моногенные эруптивные центры вулканического комплекса, расположенные в пределах 57-57.5° с.ш., фиксируют северо-восточную границу вулканической активности Камчатки в голоцене и рассматриваются как проекция на поверхность краевой части субдуцируемой Тихоокеанской плиты [1, 4]. Лавы Шишейского комплекса представлены преимущественно высоко-Mg андезибазальтами и андезитами ($Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+}) = 0.65-0.74$) – продуктами кристаллизации водонасыщенных (~7 мас. % H₂O) примитивных андезитовых магм [3, 4], нетипичных для других вулканических зон полуострова.

Моногенные лавовые поля, экструзии, маары и туюя Шишейского комплекса рассредоточены в междуречье рек Шишей, Еловка и Озерная. Большинство эруптивных центров обнаруживают следы воздействия позднеплейстоценовых ледников, и только несколько имеют голоценовый возраст. Первые данные о составе пород, а также минералов наиболее примитивных разностей приведены в работах [3, 4]. Наше сообщение посвящено петрологическим особенностям андезитовых лав эруптивного центра Близицы – одного из наиболее молодых лавовых образований вулканического комплекса, сформированного, по данным М.М. Певзнер [1], около трех тысяч лет назад. Образцы лавовых потоков были отобраны нами во время полевых работ 2020 г., состав породообразующих минералов и вулканического стекла получен при помощи электронного зонда JEOL JXA-8200 Superprobe в Исследовательском центре GEOMAR (г. Киль, Германия) и сканирующего электронного микроскопа SEM Vega 3 Tescan, оборудованного энергетическим спектрометром Oxford X-max, в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Характеристика валового состава андезитов приведена согласно работам [1, 4].

Строение эруптивного центра

Эруптивный центр состоит из двух лавовых потоков: северного и южного (рис. 1а). Протяженность северного потока составляет чуть более 2 км, южного – около 3 км. Северный поток сложен глыбовой лавой и обладает прекрасно выраженными бортовыми и поперечными валами (рис. 1а). Лавы северного потока субафировые, с малым (5-7 об. %) количеством субвкрапленников (<0.3 мм) оливина, пироксенов и плагиоклаза. Южный поток обладает несколько иной морфологией – его лавы массивны, формируют нагромождения блоков и местами обнаруживают призматическую отдельность, близкую к столбчатой или веерной. В краевых частях потока можно обнаружить огромные «отколовшиеся» блоки высотой до 10-15 м (рис. 1б). Лавы южного потока порфировые и содержат крупные фенокристаллы амфибола.

Химический состав и петрография лав

Химический состав лав обоих потоков близкий и отвечает известково-щелочным умереннокалиевым андезитам [1, 4]. Амфиболовые андезиты южного потока несколько обеднены SiO_2 (56.5-57.3 мас. %) и имеют меньшую магнезиальность ($\text{Mg}\# = 0.48-0.55$) по сравнению с субафировыми лавами ($\text{SiO}_2 = 57.9-59.1$ мас. %; $\text{Mg}\# = 0.57-0.62$) северного потока. Содержания прочих петрогенных компонентов (Ti, Al, Ca, Na и K) близки в обоих типах лав.

При близком химическом составе породы северного и южного потоков различны петрографически. Минеральная ассоциация субафировых лав северного потока представлена оливином (Fo ядер $\sim 82.5-86.2$), клинопироксеном ($\text{Mg}\#$ ядер $\sim 77.5-88.4$) и плагиоклазом (An $\sim 65-78$). Большинство субвкрапленников имеет скелетную морфологию. Вкрапленники в лавах южного потока представлены исключительно кристаллами амфибола, достигающими размера 0.7-1 см и составляющими около 20-25 % от объема породы. Амфибол отвечает магнезиогастингситу ($\text{Mg}\# = 64-80$); края вкрапленников имеют тонкую опалитовую кайму, а в ядрах изредка встречаются включения оливина. Плагиоклаз отсутствует среди вкрапленников и наблюдается только в виде микролитов основной массы и единичных субвкрапленников. Подобные петрографические особенности сближают лавы южного потока с породами лампрофирового ряда.

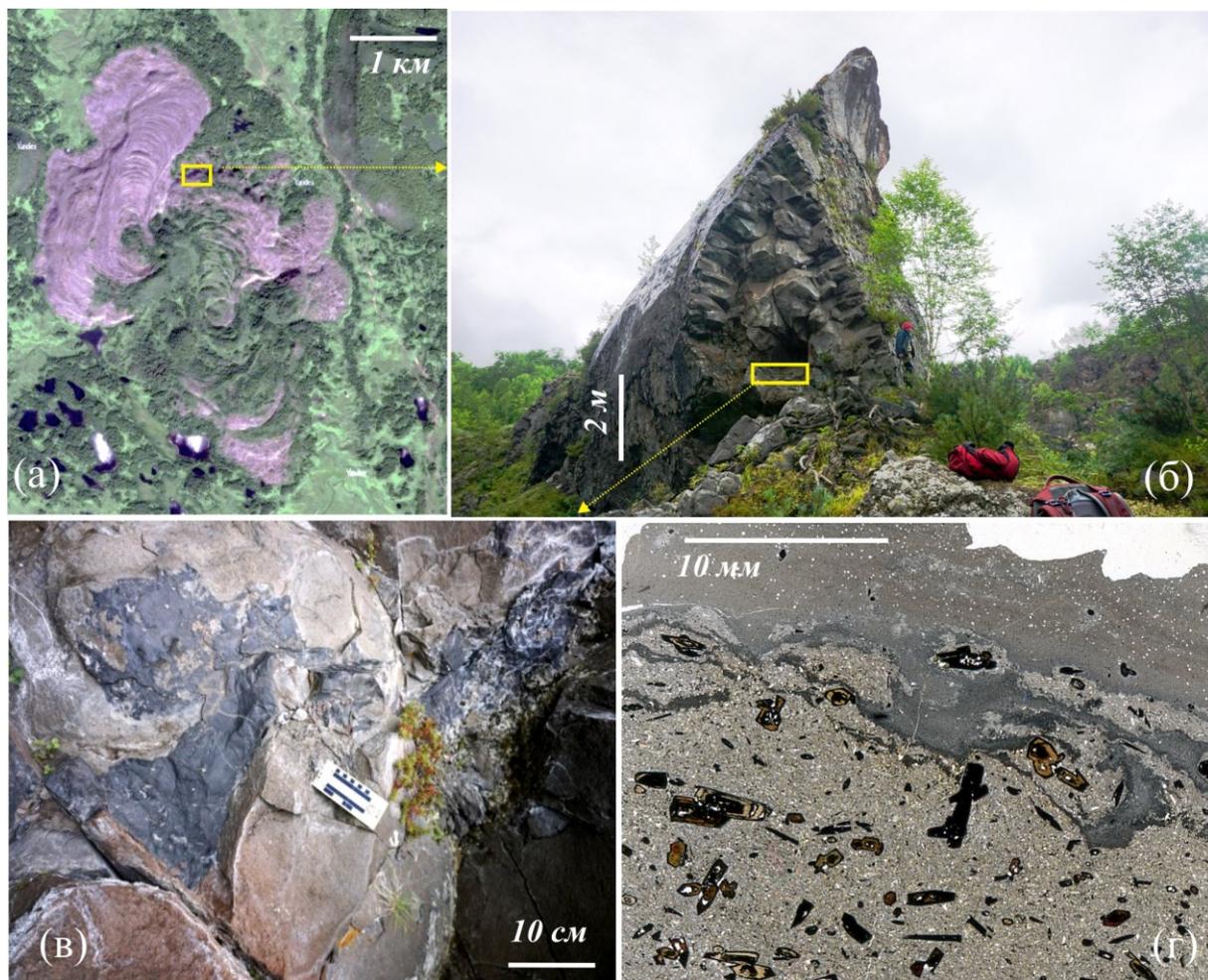


Рис. 1. Лавы потоков Близнецы: (а) – на космическом снимке; (б) – в краевой части южного потока; (в) – прожилок стекловатой породы в амфиболовом андезите; (г) – микроскопический облик контакта вмещающей лавы и стекловатого прожилка.

В одном из краевых блоков потока амфиболовых лав нами был обнаружен прожилок темно-серой стекловатой породы протяженностью около 1 м и видимой

мощностью около 10 см (рис. 1в). Прожилок имеет неправильную угловатую форму, а по его периферии наблюдаются заливки и инъекции в виде тонких нитей, шлиров и пятен во вмещающую лаву. Контакт стекловатой породы и андезита демонстрирует процесс механического смешения «mingling» (рис. 1г). Состав стекловатой породы, измеренный при помощи сканирующего электронного микроскопа, отвечает дациту ($\text{SiO}_2=64.4-68.7$ мас. %), а интерстициальное вулканическое стекло имеет риолитовый состав. В прожилке обильны мельчайшие зерна рудных минералов, в числе которых среди резко преобладающего магнетита присутствуют и выделения сульфидов (пирита и пирротина). В стекловатой породе наблюдаются многочисленные тонкие поры и отдельные более крупные миндалины, которые выполнены, предположительно, цеолитом и, в редких случаях, ярко-красным минералом.

Единый тренд изменения валового состава, основных масс и вулканических стекол андезитов и стекловатой породы прожилка (рис. 2) свидетельствует об их генетической общности. Фактически, состав прожилка отвечает составам основных масс андезитовых лав, лишенных вкрапленников. Механизм и условия формирования стекловатого прожилка остаются неясными, однако наиболее вероятным представляется его образование за счет локального отделения остаточного расплава от основного объема магмы при ее подъеме.

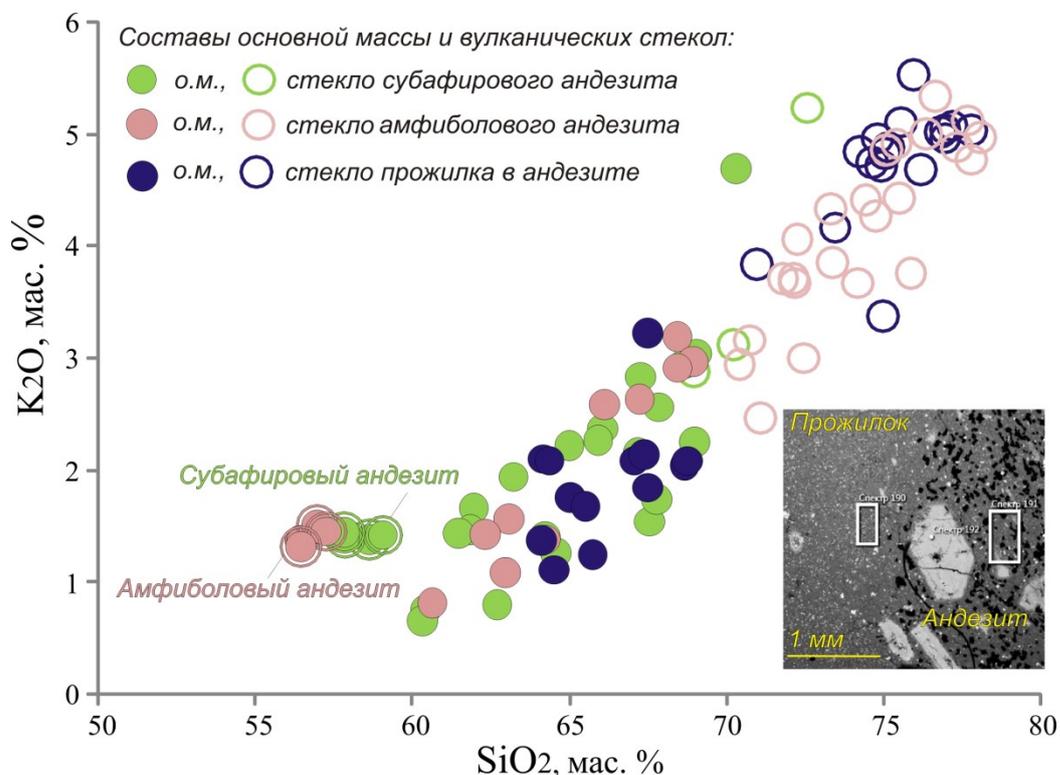


Рис. 2. Составы лав эруптивного центра Близнецы, основных масс и интерстициальных стекол андезитов и прожилка стекловатой породы в координатах SiO_2 - K_2O . Валовые составы андезитов приведены согласно работам [1, 4], составы основных масс пород и вулканических стекол были получены при помощи сканирующего электронного микроскопа SEM Vega 3 Tescan, оборудованного энергетическим спектрометром Oxford X-max в ИВиС ДВО РАН. Для контроля качества анализа был использован стандартный образец вулканического стекла USNM 111240/52 (VG-2).

Краткое обсуждение результатов

Состав лавовых потоков Близнецы не типичен для продуктов моногенного вулканизма, обычно представленных базальтами, образованными в процессе быстрого подъема магм из области их зарождения при отсутствии или же минимальном влиянии процессов коровой дифференциации. Необычна и ассоциация петрографически

различных андезитовых лав в пределах одного небольшого моногенного центра. Кроме того, обогащенные амфиболом, близкие к лампрофирам породы, как производные чрезвычайно водонасыщенных магм, редко встречаются среди излившихся разностей островодужных пород. Предполагается, что ранняя кристаллизация амфибола в таких водонасыщенных магмах приводит к резкому повышению вязкости, что затрудняет их подъем к поверхности и способствует накоплению на нижних уровнях коры. Предварительная оценка содержания воды в обогащенных амфиболом лавах южного потока на основе гигрометра [5] показывает около 8-9 мас. %. Для субафировых лав расчет содержания воды на основе распределения отношения Ca/Na между плагиоклазом и расплавом по [6] не превышает 3-4 мас. %.

Какие же магматические процессы могли привести к излиянию андезитовых магм со столь различными физико-химическими свойствами в пределах одного моногенного эруптивного центра? Наша рабочая гипотеза предполагает генерацию гетерогенных по составу и содержанию воды первичных андезитовых магм и их быстрый подъем к поверхности. Это не противоречит существующим на сегодняшний день моделям формирования магм Шишейского вулканического комплекса, рассматривающим в качестве основного магматического источника пироксениты, которые сформированы за счет реакции расплавов краевой части субдуцирующей плиты с перидотитами мантийного клина [3, 4]. Первичные расплавы, образованные в результате различных степеней плавления пироксенитового источника, могут варьировать по составу от базальтов до дацитов, а андезиты с варьирующей величиной магнезиальности являются их типичными производными [7]. Для тестирования рабочей гипотезы необходимы дальнейшие исследования, включающие детальное изучение состава минеральных фаз и получение изотопно-геохимической характеристики андезитов центра Близнецы в составе всей серии пород Шишейского вулканического комплекса.

Список литературы

1. *Певзнер М.М.* Северная граница вулканической активности Камчатки в голоцене // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1. Вып. 15. С. 117-144.
2. *Пилипчук Н.А., Успенский В.С., Крикун Н.Ф., Николаева В.И.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Восточно-Камчатская. Лист О-57-XXX. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2006.
3. *Bryant J.A., Yagodzinski G.M., Churikova T.G.* High-Mg# andesitic lavas of the Shisheisky Complex, Northern Kamchatka: implications for primitive calc-alkaline magmatism // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2011. V. 161. № 5. P. 791-810.
4. *Portnyagin M.V., Bindeman I.N., Hoernle K., Hauff F.* Geochemistry of primitive lavas of the Central Kamchatka Depression: magma genesis at the edge of the Pacific Plate // Volcanism and Subduction: The Kamchatka region. Eichelberger J., Gordeev E., Izbekov P., Lees J.(Eds). AGU Geophysical Monograph. 2007. V. 172. P. 203-244.
5. *Ridolfi F., Renzulli A.* Calcic amphiboles in calc-alkaline and alkaline magmas: thermobarometric and chemometric empirical equations valid up to 1,130 °C and 2.2 GPa. // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2012. V. 163. № 5. P. 877-895.
6. *Sisson T.W., Grove T.L.* Temperatures and H₂O contents of low-MgO high-alumina basalts // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1993. V. 113. P. 167-184.
7. *Straub S.M., Gomez-Tuena A., Stuart F.M. et al.* Formation of hybrid arc andesites beneath thick continental crust // Earth and Planetary Science Letters. 2011. V. 303. № 3-4. P. 337-347.