

Вулкан Кроноцкий (Восточная Камчатка): особенности строения и первые представительные данные по геохимии пород

Горбач Н.В., Rogozin A.N., Пономарева В.В.

Kronotsky volcano (Eastern Kamchatka): structural features and first representative geochemical data

Gorbach N.V., Rogozin A.N., Ponomareva V.V.

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

e-mail: n_gorbach@mail.ru

Приведены первые представительные данные по геохимии пород вулкана Кроноцкого – одного из крупнейших активных стратовулканов Камчатки. Толеитовые низкокальциевые базальты-андезитобазальты вулкана максимально обеднены высокозарядными элементами (Ti, Nb, Ta, Hf, Zr), а также фосфором (P) и легкими редкоземельными элементами (La-Nd), по сравнению с породами других вулканов фронтальной зоны Восточного вулканического пояса.

Введение

Вулкан Кроноцкий – один из крупнейших активных стратовулканов Камчатки – до сих пор остается «белым пятном» в истории развития и геохимической эволюции Восточного вулканического пояса (ВВП). Данные о составе пород вулкана немногочисленны и известны, в основном, благодаря работам экспедиций Ленгидропроекта, проводивших изыскания для проектирования строительства Кроноцкой ГЭС в 1968-1972 гг. [1-3, 5]. Геохимическая характеристика лав вулкана может восполнить этот пробел и предоставить новую информацию для понимания процессов генерации и эволюции магм во фронтальной зоне ВВП. Сведения об истории развития вулкана актуальны и для уточнения этапов формирования уникальной природной системы, включающей самый крупный пресноводный водоем Камчатки – озеро Кроноцкое. Считается, что именно излияния лав Кроноцкого вулкана и расположенного южнее вулкана Крашенинникова сформировали запруду, перекрывшую сток р. Палеокроноцкой, в результате чего и было образовано озеро [3, 5]. Определение принадлежности и возраста лав, формировавших запруду, позволит уточнить длительность существования озера как закрытой экосистемы и даст ключевую информацию как для создания летописи вулканических событий района, так и для палеогеографических и палеоэкологических реконструкций.

В 2020-2021 гг. мы выполнили опробование лав и пирокластики Кроноцкого вулкана в юго-западном секторе постройки, по левобережью реки Кроноцкая и на ряде островов Кроноцкого озера. В сообщении мы представляем первые результаты геохимических исследований лав вулкана и приводим сопоставление полученных нами данных с аналогичными данными для других объектов фронтальной зоны ВВП. Основываясь на геохимических критериях, нам удалось установить принадлежность ряда островов Кроноцкого озера к образованиям одноименного вулкана и подтвердить предположение ранних работ о принадлежности наиболее крупного конуса на юго-западном подножии Кроноцкого вулкана, а также лав каньона р. Кроноцкой к зоне ареального вулканизма вулкана Крашенинникова. Полученные данные могут быть использованы для расшифровки истории формирования Кроноцкого озера.

Особенности строения стратовулкана

Правильный остроконечный конус Кроноцкого вулкана (рис. 1), изрезанный глубокими барранкосами на юге и покрытый звездообразным ледником на севере, имеет абсолютную высоту 3528 м. Вместе с ледниковыми и пролювиальными равнинами подножий, площадь стратовулкана составляет 530 км², относительная высота в восточном секторе – около ~3350 м, в западном ~3150 м. Объем постройки,

рассчитанный при помощи программного обеспечения ArcGIS на основе цифровой модели рельефа ArcticDEM, составляет около 350 км³.

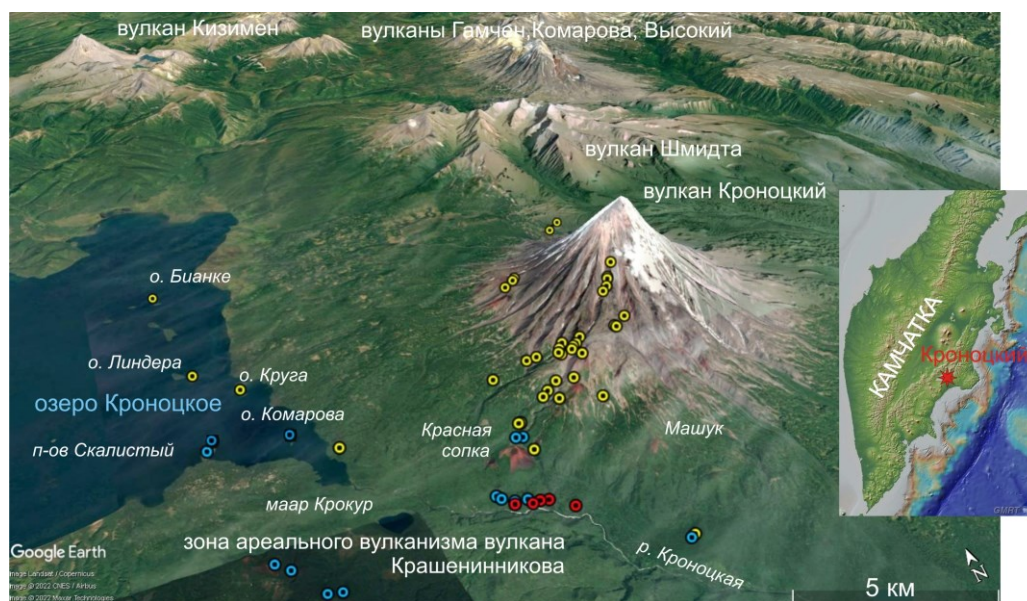


Рис. 1. Схема опробования и расположения отдельных объектов, примыкающих к вулкану Кроноцкий. Кружками показаны коренные выходы пород различного химического состава: желтые кружки – низкокальциевые базальты и андезитобазальты; синие – умереннокальциевые базальты и андезитобазальты; красные – умереннокальциевые андезиты.

Предварительное дешифрирование космических снимков и аэровизуальные полевые наблюдения показали, что в интервале абсолютных высот ~300-1300 м на склонах стратовулкана находится большое количество отдельных эруптивных центров. Во время маршрутных обследований юго-западного сектора в указанном интервале высот нами было зафиксировано не менее двадцати таких центров, представленных лавовыми и шлаковыми конусами и множеством отпрепарированных некков. Большинство некков, расположенных на гребнях, интенсивно эродированы позднеплейстоценовыми ледниками.

Юго-западные и южные склоны вулкана вмещают шлаково-лавовые конуса без следов ледниковой обработки. Это конусы Красная сопка и Машук (рис. 1), а также небольшие безымянные конусы с протяженными лавовыми потоками, примыкающие к ним. По данным предшествующих работ, эти конусы (или их большинство) формировались в голоцене [2, 5].

В интервале абсолютных высот от ~1500-1800 м и до 2800-3000 м склоны стратовулкана сложены крутозалегающими потоками лав. Побочные эруптивные центры практически не встречаются на этих высотах, за исключением нескольких некков на северо-восточных склонах [3]. Лавы потоков разнообразны по морфологии (от глыбовых до канатных), мощности (от первых метров, до 15-20 м) и текстурным особенностям (от сильно пористых до массивных). Объемы пирокластических отложений незначительны на этих высотных уровнях и представлены редкими маломощными прослоями шлаков и бомб, разделяющих лавовые потоки.

Предвершинные (выше 3000 м) склоны секутся многочисленными дайками. Так, в юго-западном секторе, на участке склона протяженностью около 100 м, можно наблюдать не менее 10 крутопадающих субпараллельных даек. Вершину вулкана формирует крупный некк [2].

Петрографические особенности пород

Среди собранной нами коллекции из 83 образцов мы выделили три основных группы пород. Породы лавовых потоков, даек и некков, а также шлаки и бомбы в

прослоях пирокластики Кротоцкого вулкана чрезвычайно однообразны и сложены оливин-плаггиоклазовой ассоциацией вкрапленников с переменным соотношением минеральных фаз (оливин – от ~5 до 12-15 об. %, плаггиоклаз – от ~10 до 25 об. %). Аналогичный петрографический облик имеют и породы, слагающие коренные выходы на островах Линдера и Круга (рис. 1). Породы конуса Красная сопка и лавового потока, прослеживающегося от конуса вниз по левому борту р. Кротоцкой, представлены субафировыми андезибазальтами с редкими мельчайшими вкрапленниками оливина, пироксенов и плаггиоклаза. Лавы, обнажающиеся у уреза воды на левобережье р. Кротоцкой, также как и лавы одного из потоков ее правого борта, практически полностью лишены вкрапленников. Изредка в этих лавках отмечаются сростки плаггиоклаза и пироксенов, а также крупные выделения магнетита.

Геохимия пород

Содержания главных, редких и редкоземельных элементов были определены в 47 образцах в Центре коллективного пользования Института геохимии им. А.П. Виноградова, г. Иркутск. На рисунках 2а и 2б приведена систематика изученных пород в координатах $\text{SiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$ и $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. Лавы и дайки Кротоцкого вулкана представлены низко-К высоко-Fe толеитовыми базальтами и андезибазальтами ($\text{SiO}_2=47.8\text{-}53.4$ масс. %; $\text{K}_2\text{O}=0.24\text{-}0.58$ масс. %; $\text{FeO}^*/\text{MgO}=1.19\text{-}2.89$). Породы, связанные с рядом объектов на стыке построек Кротоцкого и Крашенинникова (Красная сопка, лавы вдоль р. Кротоцкой, полуостров Скалистый и остров Комарова), отличаются от пород Кротоцкого вулкана более высоким содержанием калия и на диаграмме $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ (рис. 2б) попадают в поле составов пород вулкана Крашенинникова и его ареальной зоны. Различия между группами пород отчетливо видны и на спайдерграмме – по сравнению с породами вулкана Крашенинникова и зоны шлаковых и лавовых конусов, наложенных на его склоны, породы Кротоцкого вулкана демонстрируют обеднение по всему спектру микроэлементов (рис. 2в). Такие четкие различия между группами пород позволяют уверенно определить принадлежность отдельных объектов, которые расположены на стыке вулканических построек или же слагают фрагментарные коренные выходы на островах Кротоцкого озера. Так, по геохимическим критериям, породы полуострова Скалистый, лавы в каньоне р. Кротоцкой, породы конуса Красная сопка и лавового потока, распространяющегося от конуса вниз по левому борту р. Кротоцкой, принадлежат зоне ареального вулканизма вулкана Крашенинникова (рис. 2б). Коренные выходы лав на островах Круга и Линдера полностью идентичны по составу низко-К толеитовым базальтам Кротоцкого вулкана и на этом основании могут быть отнесены к продуктам его активности.

Для сравнения геохимических особенностей лав Кротоцкого вулкана с другими породами четвертичного возраста фронтальной зоны ВВП, из базы данных [6] были выбраны составы пород сходной петрохимической принадлежности – низкокалиевые толеитовые базальты-андезибазальты ($\text{SiO}_2<54$ масс. %; $\text{K}_2\text{O}<0.7$ масс. %). Среди всей выборки наиболее близкие составы оказались у лав вулканов Гамчена, Комарова, Шмидта и Мутновского [6 и ссылки в ней]. Однако, согласно полученным нами данным (рис. 2г), базальты Кротоцкого вулкана в большей степени обеднены высокозарядными элементами (Ti, Nb, Ta, Hf, Zr), а также фосфором (P) и легкими редкоземельными элементами (La-Nd) и могут рассматриваться как наиболее истощенные составы среди всех пород фронтальной зоны ВВП. Такая особенность пород требует дальнейшего детального изучения и подтверждения предельно низких содержаний отдельных высокозарядных элементов (в частности, Nb и Ta) более прецизионными методами.

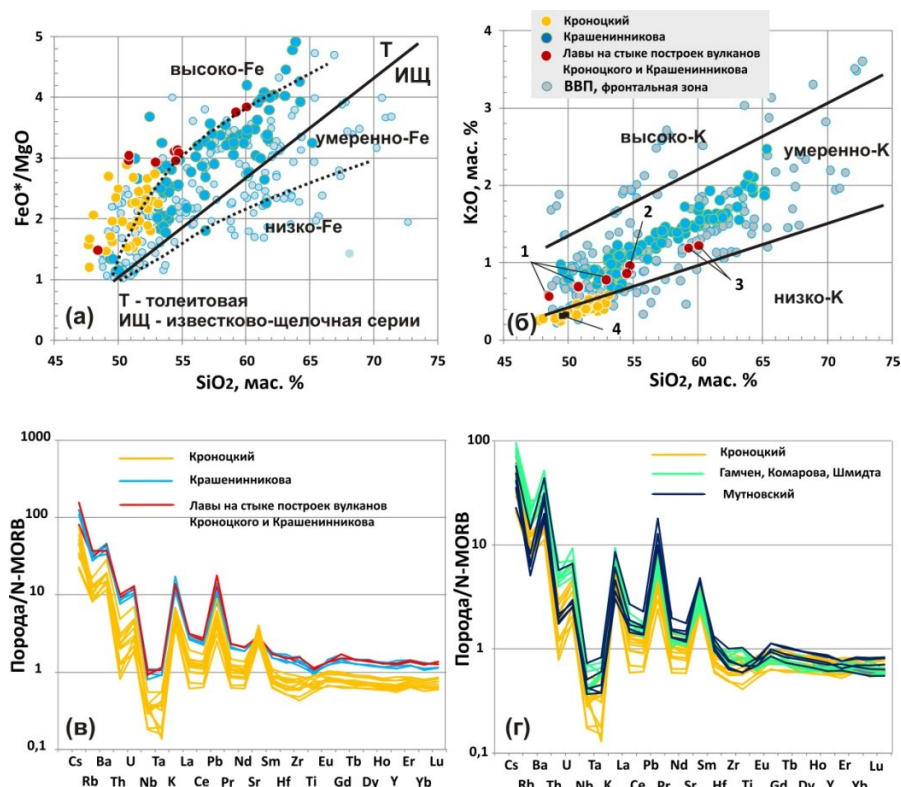


Рис. 2. Состав пород Кроноцкого вулкана в сравнении с другими объектами ВВП. Составы пород вулкана Крашенинникова и зоны ареального вулканизма на его склонах показаны по данным [4]. На диаграмме (б) цифрами обозначены отдельные объекты на стыке вулканических построек: 1 – п-ов Скалистый и о. Комарова; 2 – конус Красная сопка и лавовый поток по левому борту р. Кроноцкой; 3 – лавы каньона р. Кроноцкой; 4 – о-ва Линдера и Круга. Составы лав вулканов Мутновского, Гамчена, Комарова, Шмидта приведены согласно [6 и ссылки в ней]. Спектры микроэлементов на диаграммах (в, г) нормированы на N-MORB по [7].

Мы чрезвычайно признательны старшему научному сотруднику Кроноцкого государственного заповедника Григорию Маркевичу, инспекторам Александру Кашееву, Руслану и Наталье Акбировым, а также младшему научному сотруднику Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Николаю Мельнику за помощь при проведении полевых работ.

Список литературы

1. Геохимическая типизация магматических и метаморфических пород Камчатки // Труды Института геологии и геофизики СО АН СССР. Новосибирск. Ред. Кривенко А.П., 1990. Вып. 390. 259 с.
2. *Гуценко И.И.* Вулкан Кроноцкий. В кн.: Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 52-61.
3. *Дубик Ю.М., Гуценко И.И.* Вулканическое районирование участка строительства Кроноцкой ГЭС. Отчет Института вулканологии АН СССР. Петропавловск-Камчатский, 1968. 111 с.
4. *Пономарева В.В.* Вулкан Крашенинникова: история формирования и динамика активности // Вулканология и сейсмология. 1987. № 5. С. 28-44.
5. *Фролова М.Л.* Район Кроноцкой сопки и вулкана Крашенинникова. В кн.: Вулканы и геотермы Камчатки. Материалы IV Всесоюзного вулканологического совещания / Отв. ред. Эрлих Э.Н. Петропавловск-Камчатский: ИВ ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 193-223.
6. *Straub S.M.* Compilation of published major and trace elements and Sr-Nd-Pb-Hf isotope ratios of Quaternary-age arc volcanic rocks from 9 arc settings. Version 1.0. Interdisciplinary Earth Data Alliance (IEDA). 2017. DOI: <https://doi.org/10.1594/IEDA/100664>
7. *Sun S.-S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. London. Special Publ. 1989. № 42. P. 313-345.