

Включение данных о составах пород в геоинформационную систему «Вулканы в криосфере, Курило-Камчатская дуга»

Гордейчик Б.Н.^{1,2}, Чурикова Т.Г.², Марченко Е.С.², Муравьев Я.Д.²

Inclusion of data on rock compositions in the geoinformation system «Volcanoes in Cryosphere, Kuril-Kamchatka arc»

Gordeychik B.N., Churikova T.G., Marchenko E.S., Muravyev Ya.D.

¹ *Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черногоровка;*

e-mail: gordei@mail.ru

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

В ИВиС ДВО РАН на базе созданной ранее ГИС «Вулканоопасность» с 2019 года формируется интерактивная ГИС «Вулканы в криосфере. Курило-Камчатская дуга». В настоящее время в систему включаются данные о составах пород Камчатки. В результате для пользователей системы будут доступны для рассмотрения вариации составов пород по пространству, возрасту и другим параметрам.

Одним из направлений деятельности Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН в последние годы являлось создание разветвленной геоинформационной системы (ГИС) «Вулканоопасность» [4]. Районы современного вулканизма – регионы с активной геодинамикой и интенсивной сейсмической деятельностью. Извержения вулканов, а также сопровождающие их события (эксплозии, пирокластические потоки, цунами, движения и таяния ледников), могут создавать угрозы для находящихся на Камчатском полуострове людей. При создании ГИС «Вулканоопасность» усиленное внимание было обращено на оценку территориального сочетания экстремальных природных процессов с развитым современным оледенением и, в частности, георисков, возникающих при развитии катастрофических вулcano-гляциальных процессов. В результате этих работ была создана интерактивная ГИС «Вулканы в криосфере. Курило-Камчатская дуга» [3]. Система имеет развитый интерфейс и детальную топографическую основу в сочетании с космоснимками высокого разрешения.

Другим направлением деятельности ИВиС ДВО РАН является сбор сведений о составах изверженных пород для разработки моделей магмообразования на Камчатке. В настоящей работе мы попытались включить существующие разрозненные сведения о составах пород в ГИС «Вулканы в криосфере. Курило-Камчатская дуга». Описание составов пород в геоинформационной системе требует размещения сведений о макроскопическом, минералогическом, геохимическом и изотопном составе упоминаемых объектов. Кроме этого, необходимо иметь в распоряжении возраст изверженных пород, полученный различными методами абсолютного и относительного датирования.

Существует несколько причин для наполнения ГИС «Вулканы в криосфере. Курило-Камчатская дуга» петролого-геохимической информацией. Во-первых, существовавшие специализированные базы данных с такой информацией в последнее время серьезно пострадали, поскольку они были построены на первоначально бесплатном математическом обеспечении (Google Fusion Tables). Поскольку корпорация Google отменила бесплатность этих информационных сервисов и начала требовать за их использование регулярные платежи, большинство петролого-геохимических баз данных просто прекратили свое существование (например, <http://andes.gzg.geo.uni-goettingen.de/kamchatka/>). Во-вторых, заметный объем петролого-геохимической и возрастной информации содержится исключительно в русскоязычной литературе и не может попасть в зарубежные базы данных. В-третьих, складывающаяся в настоящее время геополитическая обстановка понуждает российских исследователей иметь и развивать собственные, независимые от политической конъюнктуры, геоинформационные ресурсы. Наконец, ГИС «Вулканы в

криосфере. Курило-Камчатская дуга» устроена так, что уже имеет в своем составе чрезвычайно разнородную по структурам и форматам информацию, и подключение к ней еще одного блока данных не должно вызвать неразрешимых технических проблем. Не последним моментом работы является восстановление открытого доступа к петролого-геохимическим данным, который был фактически ликвидирован неуклюжими корыстными действиями корпорации Google. Таким образом, в настоящее время остро встает вопрос о формировании многоуровневых баз данных на российской платформе, и, в частности, о включении геохимических данных в геоинформационные системы, рассматривающие различные аспекты вулканизма, в том числе такие, как опасность, исходящую от вулканических объектов.

ГИС «Вулканы в криосфере. Курило-Камчатская дуга» (https://elenamarch.github.io/SredinniyRidge_Kamchatka/) разработана на языке JavaScript с помощью открытой и полностью бесплатной библиотеки функций для веб-картографирования Leaflet (<https://leaflet.org/>). Она поддерживает базовые функции ГИС-программ, такие как измерение расстояний, рисование объектов, скачивание и загрузка собственных данных, но не требует наличия никакого специального программного обеспечения со стороны пользователя, кроме произвольного веб-браузера. Базовые слои карты включают топографическую основу, а также мозаику космических снимков сверхвысокого разрешения (до 0.5 м) ESRI FireFly Imagery, доступных на всю территорию Камчатки и Курильских островов (данные свободно доступны для некоммерческого использования в соответствии с планом ESRI Essentials Developer Plan). Тематические слои предоставляют информацию о вулканической активности, извержениях, а также об оледенении и снежности территории (рисунок).

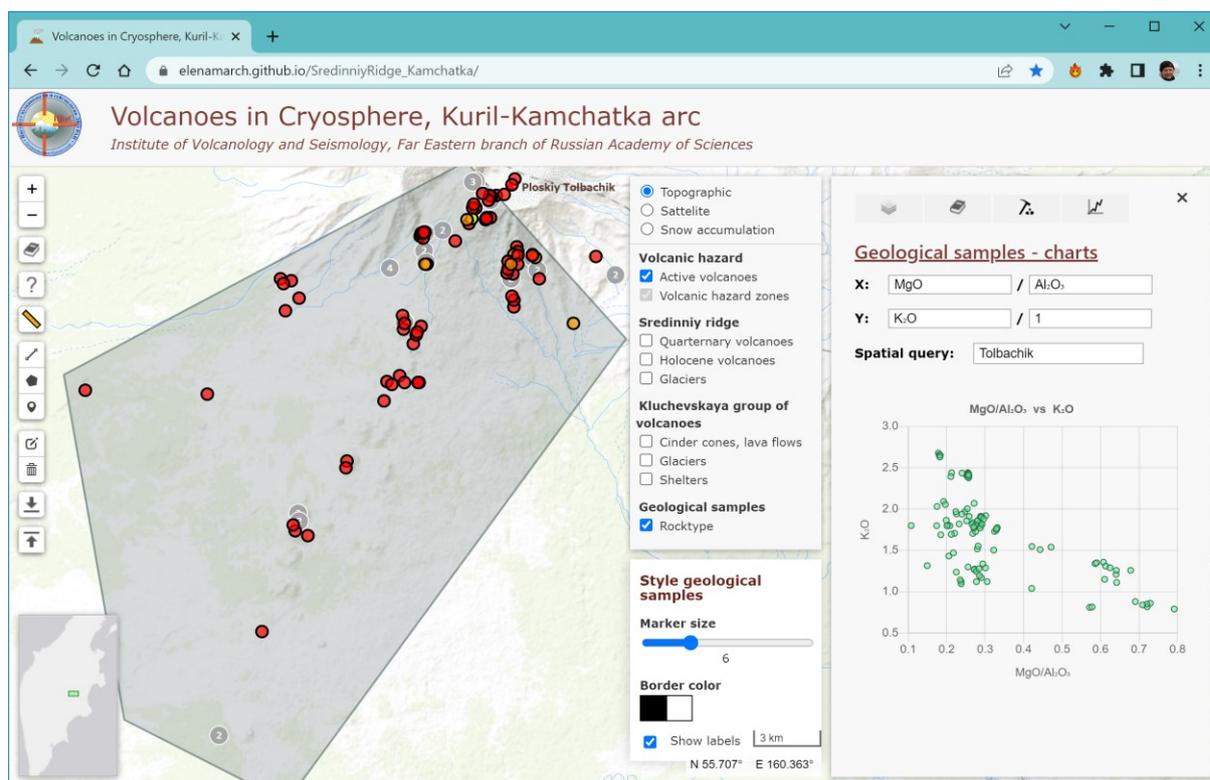


Рисунок. Экран ГИС с панелями управления и выделенной ЮЗ ветвью Толбачинской зоны конусов. Для образцов, попавших в область выделения, на вкладке строится диаграмма отношения K_2O к MgO/Al_2O_3 .

Основой включенных петролого-геохимических данных явились пересечения Камчатского полуострова (пересечение вкрест простирания Камчатской дуги [14, 18, 23] и продольное пересечение Срединного хребта [25]); исследования отдельных вулканических объектов Центральной Камчатской депрессии, таких как Бакенинг [19],

кирганикская свита [5], Кизимен [10, 17], Толбачик [16, 20, 22], Камень и Безымянный [9, 15], Зимины сопки [7], Восточные конусы [24], Плоские сопки [6, 11], Шивелуч [8, 13], Шишейский комплекс [12], а также региональные работы [1, 2, 21]. Эта начальная информация к настоящему времени значительно дополнена исследованиями многочисленных авторов, изучавших породы Камчатки, причем особое внимание уделялось исследованиям Срединного хребта и Толбачинского вулканического массива. В настоящее время в ГИС содержится более 4000 проанализированных составов из 111 работ. Разумеется, перечисленные данные не представляют весь обширный вулканизм Камчатки: как минимум, требуют рассмотрения и монтирования в общую «мозаику» такие наборы объектов, как практически весь Восточный вулканический фронт, Северная группа вулканов, наиболее северные объекты ЦКД, современные извержения и т.д., а также распределенные по всему полуострову комплексы морфологически сходных объектов, таких как многочисленные зоны моногенных конусов, маары, экструзии и т.п. В рамках построенной ГИС упомянутые пересечения могут быть легко расширены включением новых объектов, или же новые пересечения могут быть построены для других районов Камчатки.

Пользователю ГИС предоставляется возможность визуализации петролого-геохимических данных. Для примера, на рисунке показан экран ГИС с выделенной ЮЗ ветвью Толбачинской зоны моногенных конусов. Для образцов, попавших в область выделения, на вкладке строится классификационная диаграмма отношения K_2O к MgO/Al_2O_3 .

Работа выполнена в рамках тем НИР ИЭМ РАН № FMUF-2022-0004 и ИВиС ДВО РАН № 0282-2019-0004.

Список литературы

1. *Волынец О.Н., Колосков А.В., Селиверстов Н.И. и др.* Новые данные по вулканизму тыловой зоны Восточных Алеут // *Вулканология и сейсмология*. 1993. № 4. С. 54-78.
2. *Колосков А.В., Флеров Г.Б., Селиверстов В.А. и др.* Калиевые вулканы центральной Камчатки в составе верхнемеловой-палеогеновой Курило-Камчатской щелочной провинции // *Петрология*. 1999. Т. 7. № 5. С. 559-576.
3. *Муравьев Я.Д., Клименко Е.С.* Вулкано-гляциальное взаимодействие: ГИС-приложения к оценке лахароопасности (на примере Камчатки) // *Лед и снег*. 2014. Т. 128. № 4. С. 32-42.
4. *Муравьев Я.Д., Клименко Е.С., Дмитриева Ю.А.* К созданию ГИС «Вулканоопасность» // *ArgReview*. 2010. Т. 53. № 2. С. 12-13.
5. *Флеров Г.Б., Федоров П.И., Чурикова Т.Г.* Геохимия позднемеловых-палеогеновых калиевых пород ранней стадии развития Камчатской островной дуги // *Петрология*. 2001. Т. 9. № 2. С. 189-208.
6. *Флеров Г.Б., Чурикова Т.Г., Ананьев В.В.* Вулканический массив Плоских Сопок: геология, петрохимия, минералогия и петрогенезис пород (Ключевская группа вулканов, Камчатка) // *Вулканология и сейсмология*. 2017. № 4. С. 30-47. <https://doi.org/10.7868/S0203030617040022>
7. *Флеров Г.Б., Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н., Ананьев В.В.* Вулканический массив Зиминых сопки: геология и минералогия пород (Ключевская группа вулканов, Камчатка) // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2019. Т. 44. № 4. С. 19-34. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2019-4-44-19-34>
8. *Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н., Белоусов А.Б., Бабанский А.Д.* Находка центра извержения базальтов на вулкане Шивелуч // *Материалы Всероссийской конференции, посвященной 75-летию Камчатской вулканологической станции*. Петропавловск-Камчатский, 9-15 сентября 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2010.
9. *Чурикова Т.Г., Гордейчик Б.Н., Иванов Б.В.* Петрохимия пород вулкана Камень: сравнение с соседними вулканами Ключевской группы // *Вулканология и сейсмология*. 2012. № 3. С. 23-45.
10. *Чурикова Т.Г., Иванов Б.В., Айкельбергер Д. и др.* Зональность по макро- и микроэлементам в плагиоклазе вулкана Кизимен (Камчатка) применительно к процессам в магматическом

- очаге // Вулканология и сейсмология. 2013. № 2. С. 27-47. <https://doi.org/10.7868/S0203030613020028>
11. Чурикова Т.Г., Соколов С.Ю. Магматическая эволюция вулкана Плоские Сопки, Камчатка (анализ изотопной геохимии стронция) // Геохимия. 1993. № 10. С. 1439-1448.
 12. Bryant J.A., Yogodzinski 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. <https://doi.org/10.1007/s00410-010-0565-4>
 13. Bryant J.A., Yogodzinski G.M., Churikova T.G. Melt-mantle interactions beneath the Kamchatka arc: Evidence from ultramafic xenoliths from Shiveluch volcano // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2007. V. 8. № 4. Art. Q04007. P. 1-24. <https://doi.org/10.1029/2006GC001443>
 14. Churikova T.G., Dorendorf F., Wörner G. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // Journal of Petrology. 2001. V. 42. № 8. P. 1567-1593. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.8.1567>
 15. Churikova T.G., Gordeychik B.N., Ivanov B.V., Wörner G. Relationship between Kamen Volcano and the Klyuchevskaya group of volcanoes (Kamchatka) // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2013. V. 263. P. 3-21. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.01.019>
 16. Churikova T.G., Gordeychik B.N., Iwamori H. et al. Petrological and geochemical evolution of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka, Russia // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 156-181. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.10.026>
 17. Churikova T.G., Wörner G., Eichelberger J., Ivanov B. Minor- and trace element zoning in plagioclase from Kizimen Volcano, Kamchatka: Insights on the magma chamber processes // Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region. V. 172. Washington, DC: American Geophysical Union, 2007. P. 303-323. <http://doi.org/10.1029/172GM22>
 18. Churikova T.G., Wörner G., Mironov N., Kronz A. Volatile (S, Cl and F) and fluid mobile trace element compositions in melt inclusions: implications for variable fluid sources across the Kamchatka arc // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2007. V. 154. № 2. P. 217-239. <http://doi.org/10.1007/s00410-007-0190-z>
 19. Dorendorf F., Churikova T., Koloskov A., Wörner G. Late Pleistocene to Holocene activity at Bakening volcano and surrounding monogenetic centers (Kamchatka): volcanic geology and geochemical evolution // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2000. V. 104. № 1. P. 131-151. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(00\)00203-1](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(00)00203-1)
 20. Iveson A.A., Humphreys M.C., Jenner F.E. et al. Tracing volatiles, halogens, and chalcophile metals during melt evolution at monogenetic cones of the Tolbachik volcanic massif, Kamchatka // Journal of Petrology. 2022. V. 63. № 9. Art. egac087. P. 1-22. <https://doi.org/10.1093/petrology/egac087>
 21. Iveson A.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. 116848. P. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116848>
 22. Kamenetsky V.S., Zelenski M., Gurenko A. et al. Silicate-sulfide liquid immiscibility in modern arc basalt (Tolbachik volcano, Kamchatka): Part II. Composition, liquidus assemblage and fractionation of the silicate melt // Chemical Geology. 2017. V. 471. P. 92-110. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.09.019>
 23. Münker C., Wörner G., Yogodzinski G., Churikova T. Behaviour of high field strength elements in subduction zones: constraints from Kamchatka–Aleutian arc lavas // Earth and Planetary Science Letters. 2004. V. 224. № 3–4. P. 275-293. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.05.030>
 24. Nishizawa T., Nakamura H., Churikova T. et al. Genesis of ultra-high-Ni olivine in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction // Scientific Reports. 2017. V. 7. № 1. Art. 11515. P. 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10276-3>
 25. Volynets A.O., Churikova T.G., Wörner G. et al. Mafic Late Miocene–Quaternary volcanic rocks in the Kamchatka back arc region: implications for subduction geometry and slab history at the Pacific–Aleutian junction // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2010. V. 159. № 5. P. 659-687. <https://doi.org/10.1007/s00410-009-0447-9>