

Катастрофические извержения вулкана Заварицкого (остров Симушир, Курильские острова) и режим его активности в голоцене

Дирксен О.В.¹, Пономарева В.В.¹, Зеленин Е.А.², Filosofova T.M.¹

Catastrophic eruptions of Zavaritsky volcano (Simushir Island, Kurile Islands) and its Holocene eruptive activity

Dirksen O.V., Ponomareva V.V., Zelenin E.A., Filosofova T.M.

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: dirksen@kscnet.ru

² Геологический институт РАН, г. Москва

Наши исследования установили высокую эксплозивную активность вулкана Заварицкого в течение всего голоцена. Выявлены три катастрофических извержения: два из них с магнитудами ≥ 6.4 и 5.6 произошли 9.5 и 9.2 тысяч лет назад, а третье, оставившее след в Гренландском леднике и вызвавшее похолодание климата в Северном полушарии, – в 1831 г.

Вулкан Заварицкого, расположенный в центральной части острова Симушир (рис. 1), представляет собой щитообразную вулканическую постройку диаметром ~ 17 км, срезанную двумя вложенными друг в друга кальдерами. Диаметр внешней, более древней, кальдеры составляет ~ 10 км, внутренней, более молодой – 7-8 км [1]. Последующие извержения сформировали внутри молодой кальдеры небольшой стратовулкан диаметром ~ 6 км, вершина которого также была разрушена в результате мощных эксплозивных извержений. Образовавшийся кратер размером 3.5×2.7 км в настоящее время заполнен озером Бирюзовое, в котором расположены два небольших экструзивных купола, Северный и Восточный.



Рис. 1. Вулканы о. Симушир. Римскими цифрами обозначены кальдеры влк. Заварицкого. Желтая заливка – отложения пирокластических потоков ZV-1.

Исторические хроники свидетельствуют всего лишь о двух извержениях этого вулкана: между 1916 и 1932 гг. в акватории оз. Бирюзовое появился купол Восточный, а извержение 1957 г. сформировало купол Северный [1]. В то же время, исследования

горизонтов тефры на других островах Курильской гряды, а также в кернах морских осадочных колонок позволили связать с влк. Заварицкого два пепла. Первый из них – это распространившийся в северном направлении вплоть до о. Шумшу раннеголоценовый пепел, первоначально датированный ~8.9 тыс. лет (все возрасты приведены в калиброванных годах до 1950 г.) [7]. Он же был обнаружен в осадочных колонках Охотского моря, где получил индекс TR(Zv) [4]. Также криптотефра влк. Заварицкого была обнаружена в торфянике в северо-западной Канаде, где ее возраст оценен в 9560 ± 110 лет [3]. Вторая, гораздо более молодая, тефра влк. Заварицкого распространилась на юг от вулкана и была обнаружена на островах Чирпой и Уруп [7]. Ее возраст был оценен в 1000-600 лет. Более подробная информация об эруптивной активности вулканического центра Заварицкого практически отсутствовала.

Чтобы восполнить этот пробел, мы реконструировали хронологию основных эруптивных событий на вулкане на основе изучения опорного разреза почвенно-пирокластического чехла (т.н. 01118), расположенного в 5 км от кромки кратера (рис. 1). В разрезе нами были опробованы 50 горизонтов тефры. Определение содержаний главных элементов в вулканических стеклах выполнялось на геологическом факультете МГУ и в ИВиС ДВО РАН. Возрастная модель разреза была создана в программе OxCal с калибровочной кривой IntCal2020. Для построения модели были использованы 13 радиоуглеродных датировок, как опубликованных, так и полученных нами; в расчетах также использовались мощности горизонтов пеплов и межпепловых прослоев. Установлено, что за последние 10 000 лет вулкан извергался не менее 40 раз. Построенная нами возрастная модель позволила рассчитать возраст каждого извержения.

Анализ составов вулканических стекол показал, что стекла вулкана Заварицкого отличаются крайне низким содержанием калия, что позволяет уверенно диагностировать их в удаленных разрезах и коррелировать на большие расстояния.

В основании разреза залегают две мощные пачки пемзовой пирокластики ZV-1 и ZV-3, сформировавшиеся в результате катастрофических извержений в начале голоцена. Выше тефры ZV-3 разрез представляет собой дробное чередование горизонтов шлаков серого и темно-серого цвета, отложившихся в результате менее сильных извержений, с прослоями слабогумусированных супесей. Характерной особенностью нижней части этих отложений (до тефры ZV-12) является присутствие прослоев голубовато-серых плохо сортированных и неясно стратифицированных песков, свидетельствующих о фреато-магматическом характере извержений. Венчается разрез тефрой последнего мощного эксплозивного извержения ZV-40. Общая мощность этого двучленного горизонта серых шлаков составляет ~60 см, в его основании отмечен прослой голубовато-серого плохо сортированного пепла, мощность которого вблизи бровки кальдеры достигает 1 м. Благодаря характерному облику, эту тефру удалось проследить еще в нескольких разрезах. В береговых обрывах западнее кратера вулкана общая мощность тефры ZV-40 достигает 5 м, а внутри кальдеры достигает 10 м, при этом наблюдается частичное спекание обломочного материала, вследствие чего эта тефра была описана как внутрикальдерные игнимбриты [1]. К северу от кальдеры мощность тефры ZV-40 быстро уменьшается и на северной оконечности о. Симушир составляет всего 2 см. Однако к югу она прослеживается весьма уверенно, на о. Чирпой и на севере о. Уруп мощность горизонта составляет 10-12 см, уменьшаясь на юге о. Уруп до 2 см. Эти данные говорят о том, что тефра ZV-40 распространялась главным образом в ЮЗ направлении.

Полученные данные позволили нам реконструировать режим активности влк. Заварицкого в голоцене. Деятельность вулкана началась около 9.5 тыс. лет назад с катастрофического извержения (ZV-1) с выбросом ~37 км³ пемзовой пирокластики, которая распространилась на северо-восток, покрыла слоем Центральные и Северные

Курилы, а также акваторию Охотского моря, и в виде рассеянных частиц вулканического стекла достигла СЗ части Северной Америки (рис. 2). Вслед за этим ~9.2 тыс. л.н. произошло второе сильное извержение (ZV-3) с выбросом 5.5 км^3 пемзовой тефры, которая была обнаружена в осадочной колонке в Охотском море [4].



Рис. 2. Распространение тефр ZV-1 (желтая линия) и ZV-3 (зеленая линия); точки наблюдения показаны соответствующими цветами.

Судя по очертаниям бровки, самая молодая кальдера была открыта в Охотское море и заполнялась морскими водами, подобно современной кальдере Львиная пасть на о. Итуруп. Эруптивная активность на первом этапе (10-7.6 тыс. л.н.) происходила под водой, что и объясняет фреатомагматический характер отложений. Около 7.6 тыс. л.н. действующий вулкан появился над водой и начал формировать стратоконус, постройка которого продолжалась до 1260 л.н. Все эксплозивные извержения этого этапа имели «сухой» характер, т.е. фрагментация происходила исключительно за счет выделения газовой фазы. На этом же этапе начались излияния лавовых потоков, которые заполняли кальдерную впадину, а на северо-востоке, через брешь в стенке кальдеры, достигали берега Охотского моря. Эксплозивные извержения первой половины этапа происходили 1 раз в 200 лет, однако после извержения ZV-32 (3.9 тыс. л.н.) промежутки между извержениями резко увеличились, достигая 1100 лет. Кроме того, вслед за длительным покоем, извержения стали следовать сериями из 2-3 извержений с промежутком, в среднем, 135 лет между ними (рис. 3). Последнее извержение этого этапа (ZV-39) знаменует важный рубеж в истории вулкана. Большое количество крупных обломков плотных пород (до 30 см на расстоянии 7 км от кратера) в тефре ZV-39 и свидетельствует, по нашему мнению, о мощном извержении, частично разрушившем постройку вулкана, а появление фреатомагматической составляющей в последующей тефре ZV-40 говорит о формировании в образовавшемся кратере крупного озера. Воронка кратера извержения ZV-39 проявляется на батиметрической карте в южной части оз. Бирюзовое [2]. Таким образом, озеро Бирюзовое начало свое формирование 1260 л.н.

Последнее эксплозивное извержение, ZV-40, начало, по-видимому, новый этап в истории вулкана – этап разрушения постройки. Две сближенных по времени эксплозии в северной части озера существенно расширили кратер, увеличив его почти в два раза. Объем выброшенного материала, рассчитанный по методу [6], составил около 4.5 км^3 .

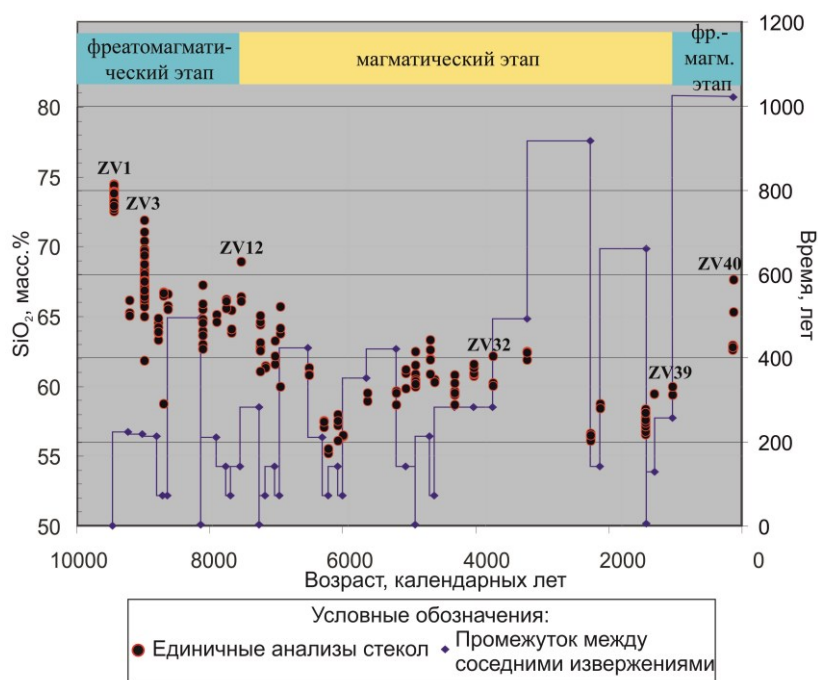


Рис. 3. Режим активности влк. Заварицкого за последние 10 000 лет и изменение содержания кремнезема в вулканических стеклах тефры. Упомянутые в тексте извержения помечены.

Возраст и климатический эффект последнего извержения ZV-40 удалось установить очень точно благодаря изучению ледовых кернов Гренландии. В четырех кернах (NEEM-2011, NGRIP1, B19 и TUNU2013) был обнаружен прослой криптотефры неизвестного вулкана, с которым был связан мощный выброс серы. Подсчет годовых прослоев льда показал, что эта криптотефра отложилась в 1831 г. н.э. Наши исследования показали, что стекла тефры ZV-40 по составу идентичны стеклам криптотефры [5]. На основании этого был сделан вывод, что в ледовых кернах Гренландии впервые обнаружена тефра вулкана Курильских островов, а именно тефра ZV-40 влк. Заварицкого. Извержение произошло летом 1831 г., и именно с ним было связано похолодание на 0.5-1 °С в северном полушарии, что вызвало описанные в исторических хрониках неурожай и голод в Японии и Индии.

После этого эксплозивных извержений на вулкане не наблюдалось, однако, если выявленная нами закономерность верна, то в ближайшем будущем можно ожидать сильного эксплозивного извержения этого вулкана.

Список литературы

1. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. Москва: Наука, 1967. 288 с.
2. Козлов Д.Н., Жарков Р.В. Новые данные по морфологии внутрикальдерных озер островов Кунашир и Симушир // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. Вып. 14. № 2. С. 159-164.
3. Davies L.J. The Development of a Holocene Cryptotephra Framework in Northwestern North America. PhD thesis, University of Alberta, Edmonton, 2018. 235 p.
4. Derkachev A.N., Nikolaeva N.A., Gorbarenko S.A. et al. Tephra layers in the Quaternary deposits of the Sea of Okhotsk: Distribution, composition, age and volcanic sources // Quaternary International. 2016. V. 425. P. 248-272. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.004>
5. Hutchison W., Sugden P., Burke A. et al. The 1831 CE mystery eruption identified as Zavaritskii caldera, Simushir Island (Kurils) // Proceedings of National Academy of Science U.S.A. 2025. V. 122 (1). Art. e2416699122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2416699122>
6. Legros F. Minimum volume of a tephra fallout deposit estimated from a single isopach // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2000. V. 96 (1-2). P. 25-32.
7. Nakagawa M., Ishizuka Y., Hasegawa T. et al. Preliminary Report on Volcanological Research of KBP 2007-08 Cruise by Japanese Volcanology group. Sapporo, Japan. 2008.