

**Кальдерообразующие извержения основного и среднего составов:
геодинамические обстановки и условия формирования**

Е.С. Кляпицкий¹, О.В. Бергаль-Кувикас¹, А.Н. Rogozin¹

*¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: klapich@gmail.com*

На основе статистической обработки базы данных GlobalVolcanismProgram (GVP) и опубликованных материалов представлен сравнительный анализ кальдерообразующих извержений мира. Показаны геодинамические позиции и условия формирования кальдерообразующих извержений основных и средних составов.

Введение

Извержения супервулканов по разрушительной силе сопоставимы со столкновением с Землей небольшого астероида, а выбросы раскаленной лавы, газов и пепла приводят к изменению климата [1]. Хорошо известны последствия катастрофического извержения вулкана Тамбора (Индонезия) в 1815 г. (VolcanicExplosivityIndex (VEI) 7). 1816 год стал известен как «год без лета» из-за небывало низких температур, которые установились в Европе и Северной Америке. Необычайный холод привёл к катастрофическому неурожаю. Весной 1817 цены на зерно выросли в десять раз, а среди населения разразился голод [15, 18]. В результате извержения Кракатау (Индонезия) в 1883 г. (VEI 6) сформировалось цунами, которое уничтожило более 120000 человек. Годом позже после извержения, в 1884 г., было зафиксировано снижение глобальной температуры на 1.2⁰C [18].

Проблема исследования

На Камчатке известны крупные поля игнимбритовплиоцен-четвертичного возраста [6, 7]. В последние 10 лет в Институте Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН под руководством к.г.-м.н. В.Л. Леонова ведутся работы по обнаружению древних кальдерных комплексов Камчатки, источников игнимбритовых покровов. Так, благодаря детальному геологическому картированию на Южной Камчатке, удалось обнаружить кальдеру супервулкана Карымшина (VEI 8) [3] и реконструировать гигантский пирокластический поток, связанный с этой кальдерой [5]. С 2009 г. ведутся работы по изучению обнаруженной Верхнеавачинской кальдеры, расположенной в верховье рек ЛеваяАвача и Кавыча [4]. Сравнение химических составов Верхнеавачинской кальдеры с составами других кальдерных комплексов Камчатки показало, что изучаемые игнимбриты относятся к наиболее мафичным и основным сериям [8]. Если для кислых, кальдерообразующих извержений на примере многих вулканов мира изучены процессы, формирующие игнимбритовые толщи [14, 13, 9], то вопрос образования кальдер основного состава остается до сих пор дискуссионным.

Данные и обработка материала

В основе работы лежит статистический анализ базы данных GVP [12]. Это современный архив Смитсоновского института (г. Вашингтон, США), включающий в себя информацию о всех известных вулканах мира. С помощью фильтра “Caldera”, было отобрано 472 объекта для исследования. Большая часть изучаемых вулканов представляет собой сложные структурные комплексы, включающие в себя кальдеры, экстрезивные купола и стратовулканы посткальдерной стадии.

Результаты исследования

По химическому критерию все выбранные объекты классифицировались по содержанию кремнекислоты (рис. 1). У большинства кальдер состав варьирует от андезитов до риолитов. Только для 32 из 472 изучаемых вулканов типично доминирование основных магм. Еще у 38 вулканов были выявлены вариации составов от базальтов до андезитов (рис. 1).

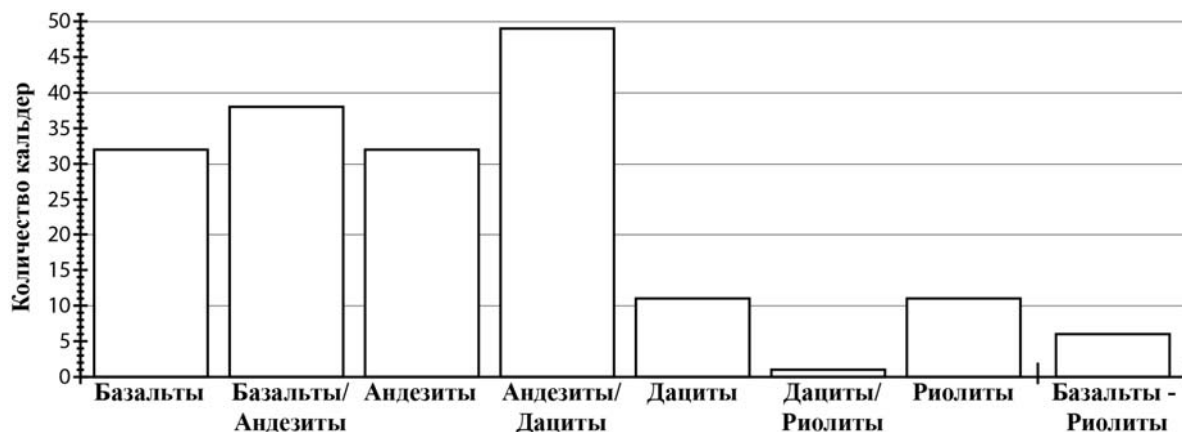


Рис. 1. Классификация кальдер по содержанию кремнекислоты по данным GVP.

Примечание: «/» – обозначение диапазона, «-» – обозначение вариации изменений.

В общей сложности, по данным GVP, 70 кальдерных комплексов имеют основной состав. Из них 44 кальдеры (62 %) приурочены к зоне субдукции, 20 кальдер (29 %) сформировались в рифтовых обстановках и 6 кальдер (9 %) находятся на Гавайских и Южных Сандвичевых островах, а также в Антарктике и Африке, в обстановке внутриплитного магматизма (рис. 2).

В 24 случаях субдукционные основные кальдеры расположены на мощной континентальной коре (мощность коры > 25 км). 10 кальдер находятся на континентальной коре мощностью < 15 км, под 5 вулканами мощность варьирует от 15 до 25 км и еще для 5 кальдер информация о мощности коры отсутствует.

Происхождение кальдерообразующих извержений, как правило, связывают с длительным процессом фракционной кристаллизации в промежуточных магматических очагах. Принято считать, что внедрение мафичной, основной магмы в кислый магматический очаг может служить спусковым механизмом для начала катастрофического извержения [17]. Так например, во время извержения вулкана Ринджани (Индонезия) в 1257 г. породы менялись от кислых до более основных магм [16]. На Камчатке во время формирования кальдеры вулкана Пра-Карымский (7800 л.н.) наблюдались полосчатые пемзы, сформированные при смешении разных типов магматических расплавов [2].

Длительные процессы аккумуляции и дегазации магмы, происходящие порядка 4-5 тысяч лет в коровых магматических очагах вулкана Тамбора, по мнению Р. Гердисир [11] были причиной катастрофического, кальдерообразующего извержения в 1815 г.

Другим возможным механизмом формирования кальдерообразующих извержений основного состава является обогащение летучими компонентами. Мощные толщи игнимбритов базальтов и андезитов с вулкана Танна (архипелаг Новые Гибриды), по мнению Р. Клауди были образованы при возможном соприкосновении воды и магматического расплава, в результате какого-либо сейсмического события [10].



Рис. 2. Геодинамическая классификация кальдер по данным GVP.

Выводы

В результате проведенных работ было показано, что большая часть игнимбитовых извержений основного и среднего составов приурочены к субдукционным обстановкам с мощностью коры > 25 км. Возможными механизмами формирования кальдерообразующих извержений являются: (1) обогащение основных магм летучими компонентами; (2) особенности эволюции магм в коре (в том числе - длительное фракционирование, ассимиляция магмы и накопление летучих в верхних частях магматических камер); (3) соприкосновение магм с водой в результате сейсмических событий.

Авторы благодарны наставнику и идейному вдохновителю изучения кальдерных комплексов Камчатки к.г.-м.н. В.Л. Леонову.

Работа выполнена в рамках проекта ДВО РАН № 15-I-2-031 «Катастрофические кальдерообразующие извержения Камчатки: возраст, повторяемость, условия локализации».

Список литературы

1. Биндеман И. Н. Тайная жизнь супервулканов //Химия и химики. В мире науки. 2006. № 10. С. 66–86.
2. Кувикас О.В. Реконструкция динамики кальдерообразующего извержения вулкана пра-карымский (7800¹⁴С ЛЕТ НАЗАД) // Материалы XXIII Всероссийской молодежной конференции.г. Иркутск: Институт земной коры СО РАН. 2008. С. 168–170.
3. Леонов В.Л., Rogozin A.H.Карымшина - гигантская кальдера-супервулкан на камчатке: границы, строение, объем пирокластики // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 14–28
4. Леонов В.Л., Rogozin A.H., Биндеман И.Н. и др. Выделение новой кальдеры на Камчатке: границы, возраст, комплекс внутрикальдерных отложений, нерешенные вопросы // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. Вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2011. С. 53–56.
5. Леонов В.Л., Rogozin A.H., Клятицкий Е.С. и др. Реконструкция гигантского пирокластического потока, связанного с кальдерой Карымшина, Южная Камчатка // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. Вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2015. С. 75–83.
6. Леонов В.Л., Гриб Е.Н. Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2004. 189 с.
7. Мелекесцев И. В. Основные этапы формирования современного рельефа Курило-Камчатской области // Камчатка, Курильские и Командорские острова. Москва: Наука. 1974. С. 337–345.

8. *Рогозин А.Н., Леонов В.Л., Кувикас О.В.* Необычные игнимбритыВерхнеавачинской кальдеры (Камчатка): строение разрезов и петрохимические особенности // Вулканизм и геодинамика: Материалы V Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГиГУрО РАН. 2011. С. 234–237.
9. *Cashman K. V., Giordano G.* Calderas and magma reservoirs // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2014. Vol. № 288. P. 28–45
10. *Claude R., Eissen J. P., Monzier M.* Ignimbrites of basaltic andesite and andesite compositions from Tanna, New Hebrides Arc // *Bulletin of Volcanology*. 1994. Vol. № 56 Is. 1. P. 10–22.
11. *Gerdisser R., Self S., Thomas L.E. et al.* Processes and timescales of magma genesis and differentiation leading to the great Tambora eruption in 1815 // *Journal of Petrology*. 2012. Vol. № 53 Is. 2. P. 271–297.
12. *Global Volcanism Program* // Database of Smithsonian Institution. Washington. 2017. http://volcano.si.edu/reports_weekly.cfm (дата обращения 02.02.2017).
13. *Hughes G.R., Mahood G. A.* Tectonic control on the nature of large silicic calderas in volcanic arcs // *Geology*. 2008. Vol. № 36. P. 627-630.
14. *Miller G., Miller D. A.* WarkSupervolcanoes and their explosive supereruptions // *Elements*. 2008. Vol. № 4. P. 11–16
15. *Oppenheimer C.* Climatic, Environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815 // *Progress in physical geography*. 2003. Vol. № 27 Is. 2. P. 230–259.
16. *Rachmat H., Rosana M.F., Wirakusumah A.D. et al.* Petrogenesis of Rinjani Post-1257-Caldera-Forming-Eruption Lava Flows // *Indonesian Journal on Geoscience*. 2016. Vol. № 3 Is. 2. P. 107–126.
17. *Sparks R. S. J., Sigurdsson H., Wilson L.* Magma mixing: a mechanism for triggering acid explosive eruptions // *Nature*. 1977. Vol. № 267. P. 315–318.
18. *Wikipedia* // Wikimedia foundation. 2017. <https://ru.wikipedia.org> (датаобращения 03.02.2017).