

Хронология активности экструзивных куполов на западном склоне вулкана Шивелуч в 2023-2024 гг.

Фролов В.И., Черкашин Р.И., Озеров А.Ю., Рябинкин К.С., Нуждаев И.А.

Chronology of the extrusive domes activity at the Shiveluch volcano western slope in 2023-2024

Frolov V.I., Cherkashin R.I., Ozerov A.Yu., Ryabinkin K.S., Nuzhdaev I.A.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;
e-mail: frolovvi91@ya.ru*

События 2023-2024 гг. на западном склоне вулкана Шивелуч позволили вулканологам стать свидетелями активности экструзивных куполов – от предваряющей сейсмической активности до разрушения новообразованной экструзивной постройки. В работе описана хронология событий в активной зоне вулкана и выделены особенности выявленных стадий.

Введение

Вулкан Шивелуч ($56^{\circ}38'10''$ с.ш., $161^{\circ}18'54''$ в.д.) по праву носит звание одного из самых активных и крупных вулканических сооружений Камчатки. Он расположен в 50 км к северу от п. Ключи, 450 км от г. Петропавловск-Камчатский и приурочен к северной части Центральной Камчатской депрессии. Его основание достигает 50 км в диаметре, а площадь составляет не менее 1300 км^2 . Возраст постройки оценивается в 60-70 тыс. лет. Основные породы – андезиты, однако встречаются дациты, андезибазальты и базальты. Современная постройка включает в себя три основных структуры – Старый Шивелуч (3283 м), древнюю кальдеру и Молодой Шивелуч (2800 м) [1].

На западном склоне Старого Шивелуча находится группа экструзивных куполов (экструзии гор Каран, Сопочка на склоне, Красная и Шероховатая), которые возникли субсинхронно с формированием вулкана Молодой Шивелуч (рис. 1). Внедрение экструзий приурочено к разлому северо-восточного простирания, секущему западные склоны постройки Старого Шивелуча [3, 4].



Рис. 1. Вулкан Шивелуч. Положение на карте. Расположение основных структур. Желтым кругом отмечено положение экструзивных куполов. Фото: В.И. Фролов, вид на северо-восток.

В период с мая 2023 г. по ноябрь 2024 г. в районе экструзивных куполов группы Каран наблюдалась высокая вулканическая активность, которая ознаменовалась формированием нового купола, получившего название «300 лет РАН» [2]. Полевые и дистанционные наблюдения позволили зафиксировать процесс подготовки к росту нового купола, формирование купола и серию эксплозивных извержений, последнее из которых закончилось частичным разрушением новообразованной постройки. В результате удалось составить хронологию событий и выдвинуть некоторые гипотезы о протекании процесса.

Хронология активности

10-13 апреля 2023 г. случилось пароксизмальное, сильнейшее за 60 лет, извержение вулкана Молодой Шивелуч, в результате которого был разрушен лавовый купол в кратере [1]. В тот же период времени, в течение марта-мая 2023 г., зарегистрирована серия землетрясений в районе Алеутской островодужной системы и непосредственно вулкана Шивелуч (согласно каталогу землетрясений КФ ФИЦ ЕГС РАН).

В период с 29 апреля по 1 мая 2023 г. в районе западного склона вулкана Шивелуч зафиксирована серия вулканотектонических событий на глубинах менее 5 км с магнитудой выше 3.5 и одновременная активизация парагазовой деятельности фумарол купола Каран. В августе и сентябре 2023 г. в результате полевых выездов подтверждена высокая парагазовая активность в районе купола. Наблюдались мощные парагазовые струи, сопровождавшиеся характерным свистом, у подножия купола Каран (в некоторых источниках именуется «Сопочка на склоне», прим. автора). Измерения температур в фумаролах с использованием термопары показали значения вплоть до 790 °С. В распадке между куполами Каран и Красная был обнаружен крупный грязевой котел с интенсивным выносом парагазовой смеси. В активной области присутствовал характерный запах сернистых и иных газов. На западном склоне в интервале высот 1000-1300 м были обнаружены множественные поверхностные разрывные нарушения. Отсутствие в трещинах пеплов извержения Молодого Шивелуча от 10 апреля 2023 г. указывает на их образование в период с мая по август 2023 г. Это согласуется с работой [5] по изучению деформаций западного склона методом спутниковой радарной интерферометрии.

В период с мая 2023 г. по март 2024 г. динамика процессов в активном центре не менялась, наблюдалась мощная парагазовая активность. В начале марта 2024 г. на спутниковых снимках миссий Sentinel-2 и Канопус сотрудником ИВиС ДВО РАН Д.В. Мельниковым в районе куполов группы Каран был обнаружен свежий след пеплового шлейфа южного простирания длиной порядка 3.5 км, а через два дня еще один – юго-восточного простирания. На основании спутниковых снимков Sentinel-2 от 28 февраля, 3, 5 и 7 марта 2024 г. можно утверждать, что первый выброс произошел в интервале 3-5 марта, а второй – 6-7 марта. 7 марта сотрудниками Ключевской вулканостанции выполнен оперативный отбор образцов пепла и аэрофотосъемка области выброса. Стало очевидным, что выбросы произошли из района грязевого котла, обнаруженного в сентябре 2023 г. В течение следующего месяца динамика активности визуально оставалась неизменной.

Переломный момент в деятельности активного центра произошел 26 апреля 2024 г. На спутниковом снимке JPSS-1 в 15:07 UTC в районе купола Каран была обнаружена яркая термальная аномалия, РТАФ которой увеличилась с 8 до 59.7 °С, а в 16:23 UTC достигла 95 °С [2]. В ночное время наблюдалось яркое свечение на кадрах камер видеонаблюдения ИВиС ДВО РАН/KVERT. Таким образом, начался рост нового лавового купола (первый эпизод извержения), получившего название «300 лет РАН». Рост сопровождался мощной парагазовой деятельностью (ПГД) с выносом вулканогенных аэрозолей. Наиболее мощно новый купол рос в первые недели, максимальная РТАФ 90.4 °С была зафиксирована 2 мая 2024 г. [2]. В дальнейшем температура лавового купола начала постепенно снижаться. 8 мая 2024 г. эта информация была подтверждена сотрудником ИВиС ДВО РАН И.А. Нуждаевым в ходе полевого выезда в район нового купола. По состоянию на 7 июня 2024 г., размеры купола «300 лет РАН» составляли: высота 100 м, длина 800 м, ширина 500 м, площадь короны купола 0.19 км² [2].

Следующий эпизод активности состоялся 17 августа 2024 г. Первым предвестником грядущего, второго, извержения стало нарастание количества и магнитуды значимых сейсмических событий вулканотектонического характера,

начиная с 14 августа 2024 г. В последующие дни происходило непрерывное нарастание количества сейсмических событий. К 17 августа значимые толчки происходили непрерывно. Наблюдение за развитием сейсмической активности в районе экструзивных куполов указывало на подготовку крупного события.

17 августа 2024 г. около 19:00 по Камчатскому времени в районе купола Каран возникла мощная парогазовая колонна. Постепенно к парогазовой смеси начал примешиваться пепел серого цвета, образовался пепловый шлейф юго-восточного простирания. Около 22:00 случилось первое взрывное событие. К 23:00-23:15 ПГД окончательно сменилась взрывной деятельностью с выносом большого количества ювенильного материала, выдавливанием лавы и выбросом вулканических бомб. Визуально, пирокластические потоки на склонах отсутствовали. Пепловая колонна поднялась до высоты 7-8 км (9 км н.у.м.). В ночные часы извержение сопровождалось свечением в районе купола и высокоинтенсивными электростатическими разрядами. В области извержения проявляли активность, по меньшей мере, два взрывных центра (рис. 2), предположительно в районе куполов 300 лет РАН и Каран. Длина шлейфа составила не менее 450 км. С вечера 18 августа наблюдения за извержением более не представлялись возможными в силу ухудшения метеоусловий, однако, опираясь на сейсмические данные ИВиС ДВО РАН и КФ ФИЦ ЕГС РАН, около 7:00 по Камчатскому времени 19 августа 2024 г. основная фаза извержения закончилась.



Рис. 2. Второе извержение в районе экструзивных куполов группы Каран. 18 августа 2024 г. ~12:00 Камчатское время. Вид на северо-восток. Фото: В.И. Фролов.

Спустя всего 15 дней, в ночь с 1 на 2 сентября 2024 г., произошел третий эпизод извержения. Это извержение описано гораздо хуже в силу неблагоприятных метеоусловий. Начало взрывного события пришлось на 22:45 по Камчатскому времени. Камеры видеонаблюдения зафиксировали яркое свечение в районе купола. В моменты улучшения видимости наблюдалась мощная пепловая колонна. Высота пепловой колонны оценена значением 8 км н.у.м. (https://t.me/IViS_DVO_RAN/1368). Извержение завершилось 3 сентября 2024 г.

В рамках работ в конце сентября 2024 г. выполнены восхождения к куполу 300 лет РАН с западной и южной стороны, получены образцы пород. В подножии купола визуально наблюдались раскаленные породы. В кулуаре южного простирания обнаружены свежие отложения взрывной деятельности общей протяженностью около 4.5 км с наличием большого количества крупных глыб до 10-15 м в диаметре

(предположительно – пирокластический поток). На всей площади отложений присутствовал резкий запах газов. Измерение температур отложений на потоке на расстоянии 1 км от купола показало значения выше 400 °С (предел измерений термопары).

Четвертый, и самый мощный, эпизод извержения зафиксирован 7 ноября 2024 г. В 21:46 по Камчатскому времени эксплозии подняли пепел вулкана Шивелуч на высоту порядка 9 км. 8 ноября в районе мыса Африка в 150 км от вулкана судно РС «Командор» оказалось в зоне пеплопада (https://t.me/IViS_DVO_RAN/1504). В результате эксплозии купол был значительно разрушен, обломки пород достигли района купола Молодой Шивелуч. В западном направлении сошел пирокластический поток протяженностью ~8 км. В п. Ключи ощущалась ударная волна от взрыва. Ударная волна зафиксирована микробарометром ISGM-03M, установленным на стационаре Карымшина в долине р. Паратунка на расстоянии около 500 км от вулкана (https://t.me/IViS_DVO_RAN/1577). Извержение закончилось 9 ноября 2024 г.

Обсуждение

В 2023-2024 гг. вулкан Шивелуч неизменно проявлял высокую степень активности. Начиная с извержения купола Молодой Шивелуч 10 апреля 2023 г., события вскоре переместились на западный склон вулкана, где значительно возросла активность в районе экструзивных куполов группы Каран. Подробно изучая хронологию и последовательность наблюдаемых событий, представляется логичным выдвинуть гипотезу о причинно-следственной связи всех наблюдаемых явлений. Кажется очевидной связь извержения Молодого Шивелуча с последовавшими за ним сейсмическими событиями тектонического характера, которые в свою очередь привели к внедрению новых порций вещества в западном секторе вулкана, активизации экструзивных куполов, росту нового лавового купола и его последующему разрушению. Однако, данная гипотеза на сегодняшний день не имеет под собой достаточных оснований, а потому требуется выполнить большой объем камеральных работ по поиску доказательств или опровержений высказанного предположения.

На текущий момент остается неясной дальнейшая судьба экструзивного купола 300 лет РАН и прочих куполов группы Каран, однако, даже произошедшие события являются по-настоящему уникальными с точки зрения современной вулканологии, поскольку детальное изучение таких явлений позволит значительно расширить понимание процессов образования и деятельности экструзивных куполов.

Список литературы

1. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Хорват А. и др.* Анализ развития пароксизмального извержения вулкана Шивелуч 10-13 апреля 2023 года на основе данных различных спутниковых систем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 2. С. 283-291. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-2-283-291>
2. *Гирина О.А., Маневич А.Г., Лупян Е.А. и др.* Рождение нового экструзивного купола вулкана Шивелуч (Камчатка) в 2024 году по данным непрерывного спутникового мониторинга в информационной системе VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 3. С. 348-355. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2024-21-3-348-355>
3. *Горбач Н.В., Портнягин М.В.* Геологическое строение и петрология лавового комплекса вулкана Молодой Шивелуч, Камчатка // Петрология. 2011. Т. 19. №2. С. 140-172.
4. *Меняйлов А.А.* Вулкан Шивелуч – его геологическое строение, состав и извержения // Труды Лаборатории вулканологии АН СССР. 1955. Вып. 9. 264 с.
5. *Volkova M.S., Mikhailov V.O., Gorbach N.V.* The Nature of Deformations of the Western Slope of Shiveluch Volcano after the Eruption on April 11, 2023, Identified by SAR Interferometry // Doklady Earth Sciences. 2024. V. 518. Part 2. P. 1723-1731.