

## **Вершинное извержение Ключевского вулкана в 2019-2021 гг. (Камчатка).**

**Н.А. Жаринов, Ю.В. Демянчук, В.А. Цветков**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [nzhar@kscnet.ru](mailto:nzhar@kscnet.ru)*

Рассматривается активность вулкана Ключевской в конце 2019 – начале 2021 гг.

### **Введение**

Камчатская вулканологическая станция, с момента её создания в 1935 г., выполняет систематические наблюдения за вулканами Шивелуч и Ключевской. Сначала это были только визуальные наблюдения, а с 2010 г. непосредственно с территории станции выполняются непрерывные видеонаблюдения. Необходимость усиления работ за активностью вулканов северной группы обусловлена повышением посещаемости вулканов, а также развитием инфраструктуры района. В конце XX-начале XXI столетия отмечается повышенная эруптивная активность на крупнейших вулканах Северной группы Камчатки: Шивелуч, Ключевской, Безымянный и в районе Толбачинской трещинной зоны [4]. Ранее была показана связь извержений вулканов северной группы с 18.6-летним лунным циклом обращения Луны вокруг Земли. В настоящее время с 2018.9 г. по 2023.2 г. продолжается следующая активная фаза [2, 3].

### **Активность вулкана Ключевской в ноябре 2019 – феврале 2021 гг.**

Ключевской вулкан со средней высотой 4750 м н.у.м. и диаметром кратера 700 м относится к числу наиболее мощных активных базальтовых вулканов мира. В начале XXI столетия за 20 лет произошло 10 вершинных извержений: 22.03.2003 – 03.03.2004; 15.01 – 10.04.2005; 15.02 – 26.07.2007; 08.10.2008 – 28.01.2009; 16.09.2009 – 12.12.2010; 01.09.2012 – 10.01.2013; 15.08 – 15.12.2013; 01.01 – 24.03.2015; 03.04 – 06.11.2016; 11.11.2019 – 12.02.2021 [1, 2, 3]. В 2016 г. вершинное извержение сопровождалось субтерминальным с образованием провала в Апахончичском желобе (АПХ желоб). Наиболее продолжительным было извержение 2009-2010 гг. (год и три месяца), наиболее кратким – 2015 г. (менее трех месяцев).

После окончания извержения 2016 г. на вершине вулкана образовался кратер-провал диаметром около 100 м и глубиной порядка 300 м. Его объем, по нашим оценкам, был равен примерно  $0.003 \text{ км}^3$ . Появление свечения и стромболианские взрывы в центральном кратере 11 ноября 2019 г., обнаруженные по видео- и визуальным наблюдениям из пос. Ключи, можно считать началом нового извержения Ключевского вулкана (рис. 1а). В период с декабря 2019 г. по февраль 2020 г. над кратером периодически отмечались свечение и слабая стромболианская и вулканская активность (рис. 1б). С начала февраля на сейсмостанции «Цирк» вулканическое дрожание (ВД) возросло с  $A/T_{\max} = 0.5-2$  до  $3-5 \text{ мкм/с}$  (рис. 2д, е).

По наблюдениям из пос. Ключи, усиленная стромболианско-вулканская деятельность происходила с начала марта до конца мая 2020 г. В это время периодически происходили кратковременные усиления и ослабления стромболианской активности в вершинном кратере [4]. Мощные выбросы раскаленных бомб над кратером происходили: 04.03, 08.03, 20.03, 04.04, 10-13.04, 21.04, 04.05, 10-15.05 (рис. 1в, г, д, е, ж). Периоды усиления и ослабления деятельности вулкана изменялись в пределах 1-2 недель. Резкое усиление частоты и мощности стромболианских и вулканских взрывов происходило 8 марта (рис. 1в). В ночное время в кратере наблюдали от 7 до 29 сильных взрывов в час с высотой выброса раскаленных бомб до 1.5 т. м над кратером, а также более слабые взрывы (по данным видеозаписей Камчатской вулканологической станции) [5]. В это же время появились землетрясения

II-III и глубокие I типа (рис. 2б, в), что свидетельствовало об оттоке магмы в подводящем канале.



Рис. 1. Характерные моменты I этапа извержения 2019-2021 гг.: *а* – начало извержения 11 ноября 2019 г.; *б* – усиление активности 20 января 2020 г.; *в* – мощная стромболианская активность 8 марта 2020 г. с выбросом бомб до 500 м; *г* – стромболианская активность 12 апреля, высота выброса бомб до 600-800 м; *д* – стромболианская активность и излияние лавовых потоков по АПХ желобу 21 апреля 2020 г.; *е* – продолжение стромболианской деятельности и излияние лавовых потоков по АПХ желобу 10 мая 2020 г.; *жс* – излияние лавовых потоков по АПХ желобу 30.05, на заднем плане виден шлаковый конус высотой до 50 м; *з* – вид на АПХ желоб с ЮВ, на переднем плане контуры отложений новых лавовых потоков извержения 2020 г.

С середины июня активность вершинного кратера ослабла, прекратились излияния лавы и выбросы раскаленных бомб. С 28 июня и до конца сентября вершина вулкана была открыта, не отмечалось никаких признаков активности (рис. 2а). В период затишья появляются землетрясения I и II-III типов (рис. 2б, в). Первый этап извержения продолжался 229 суток.

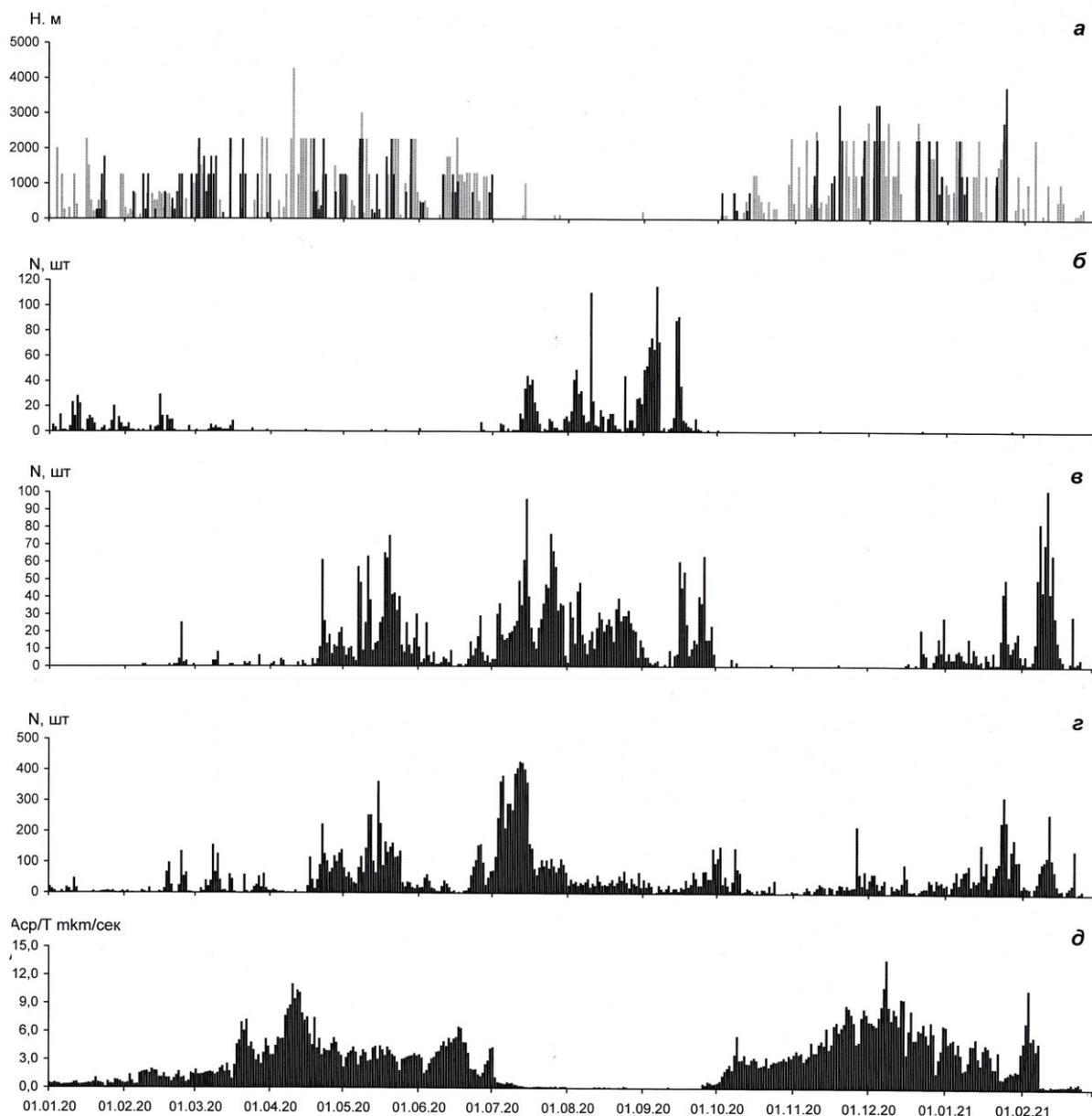


Рис. 2. Суточные характеристики вулканической и сейсмической активности вулкана Ключевской в 2020-2021 гг.: а – изменение высот парогазовых и газопепловых выбросов; б – число вулканических землетрясений I типа; в – число вулканических землетрясений II-III типа; г – число землетрясений IV типа; д – амплитуда ВД средняя, мкм/с. При построении рисунка использованы данные КФ ФИЦ ЕГС РАН.

Возобновление деятельности вершинного кратера началось со 2 октября: появилось свечение над кратером и вновь регистрировались землетрясения IV типа (рис. 2г). На II этапе извержение также сопровождалось ВД. С конца сентября до первой декады декабря средняя амплитуда ВД возросла с 0 до 8-10 мкм/с (рис. 2д).

8 декабря на ЮЮЗ кромке вершинного кратера произошел обвал. В результате обвала образовалась пепловая туча высотой до 2 км над кратером вулкана. Пепловый шлейф распространился в СВ направлении. После обвала на ЮЮЗ склон вулкана

началось излияние лавы из вершинного кратера, которое продолжалось до 1 января 2021 г. В этом же направлении происходило излияние лавы во время вершинного извержения 2013 г. [1]. После начала излияния лавы на ЮЮЗ склон излияние лавы в АПХ желоб, происходившее с 8 декабря 2020 г. до 22 января 2021 г., прекратилось.

После обвалов 2 и 16 января 2021 г. в Апахончичском желобе с 22 января лава вновь начинает изливаться на ЮВ склон. Обвалы сопровождались раскаленными лавинами и фреатическими взрывами. Вершинное извержение завершилось 8 февраля 2021 г.

### **Выводы**

В ходе эксплозивно-эффузивного извержения в ноябре 2019 г. – феврале 2021 г. произошло заполнение провала кратера, образовавшегося после окончания вершинного извержения 2016 г. Во время извержения происходила миграция эруптивных центров. На первом этапе извержения излияния лавы происходили только на ЮВ склон вулкана, в Апахончичский желоб. Второй этап извержения (02.10.2020 г. – 08.02.2021 г.) начался излиянием лавы на ЮВ склон, но, после разрушения ЮЗ кромки кратера, с 8 декабря 2020 г. по 21 января 2021 г. излияние лавы происходило в ЮЮЗ направлении. Возобновление поступлений лавы на ЮВ склон происходило после обвалов на этом склоне с 22 января 2021 г.

Периодическая разгрузка Ключевского вулкана в 1993 г. – начале 2021 г. осуществлялась преимущественно через вершинный кратер. В верхней части магматической питающей системы должна была увеличиться доля дегазированной магмы. Поэтому возрастала вероятность новых побочных прорывов, что и произошло. 18 февраля 2021 г. на СЗ склоне, ориентировочно на высоте 2800 м, образовался новый побочный прорыв.

### **Список литературы**

1. *Демянчук Ю.В., Селиверстов Н.И.* О продолжении эруптивного цикла вулкана Ключевской в 2013 году // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2013. № 2. Вып. 22. С. 7-14.
2. *Жаринов Н.А.* Камчатская вулканологическая станция, её деятельность в 1935-2015 гг. // История науки и техники. 2017. № 7. С. 16-24.
3. *Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.* Вершинные извержения вулкана Ключевской (Камчатка) в начале XXI столетия, 2003-2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2016. № 1. С. 3-20.
4. *Озеров А.Ю., Гирина О.А., Жаринов Н.А. и др.* Извержение вулканов Северной группы Камчатки в начале XXI века // Вулканология и сейсмология. 2020. № 1. С. 3-19.
5. *Черкашин Р.И., Иванов В.В., Озеров А.Ю. и др.* Активность вулкана Ключевской в ноябре 2019 – июне 2020 гг. // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2020. № 2. Вып. 46. С. 5-9.