

**Пароксизмальные эксплозивные извержения вулкана Безымянный в 2022 г. и их опасность для авиации**

*Гирина О.А.<sup>1</sup>, Мельников Д.В.<sup>1</sup>, Маневич А.Г.<sup>1</sup>, Романова И.М.<sup>1</sup>, Лупян Е.А.<sup>2</sup>, Сорокин А.А.<sup>3</sup>, Крамарева Л.С.<sup>4</sup>, Цветков В.А.<sup>1</sup>, Демянчук Ю.В.<sup>1</sup>*

**The 2022 paroxysmal explosive eruptions of Bezumianny volcano and their danger to aviation**

*Girina O.A., Melnikov D.V., Manevich A.G., Romanova I.M., Loupian E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Tsvetkov V.A., Demyanchuk Yu.V.*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский; e-mail: girina@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований РАН, г. Москва*

<sup>3</sup> *Вычислительный центр, ДВО РАН, г. Хабаровск*

<sup>4</sup> *Дальневосточный центр «НИЦ Планета», г. Хабаровск*

В работе описана активность вулкана Безымянный в 2022 г. Произошло три пароксизмальных эксплозивных извержения вулкана в марте, мае и октябре, они представляли опасность для международных и местных авиаперевозок.

**Введение**

Безымянный – один из наиболее активных вулканов Камчатки. Пробуждение его после тысячелетнего молчания 22 октября 1955 г., катастрофическое извержение 30 марта 1956 г. и непрерывная активность вулкана до настоящего времени, связанная с ростом лавового купола внутри эксплозивного кратера, сделали вулкан широко известным в мире. С 1977 г. его эруптивная деятельность представлена экструзивной активностью, предваряющей эксплозивные извержения продолжительностью от нескольких десятков минут до двух суток, а также эффузивными извержениями длительностью от 2-3 месяцев до нескольких лет. Предыдущее эксплозивное извержение вулкана наблюдалось 21 октября 2020 г. [3], вслед за ним на западный и северо-западный склоны купола Новый выжимались лавовые потоки.

В 2022 г. произошло три пароксизмальных эксплозивных извержения вулкана: 14-15 марта, 28 мая и 23-24 октября, которые были зарегистрированы по видеоматериалам и различным спутниковым данным. Ежедневный мониторинг вулкана выполняется с 1993 г. в рамках работы Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (KVERT – Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>) Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН для снижения опасности извержений вулканов для авиационных перевозок в северо-западной части Северной Пацифики [5]. Спутниковый мониторинг вулкана KVERT осуществляет с 2002 г. Он проводится с 2012 г. с помощью информационной системы (ИС) «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView), работающей на базе ресурсов Дальневосточного центра НИЦ «Планета», Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (при поддержке Минобрнауки РФ, Институт космических исследований РАН, тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8) и ЦКП «Центр данных ДВО РАН» (Вычислительный центр ДВО РАН) [2, 4, 6, 7]. Для мониторинга вулканов в ИС VolSatView имеются оперативно обновляемые данные среднего и низкого разрешения спутниковых систем: NOAA-18/19, Terra и Aqua, Suomi NPP и JPSS-1, Метеор-М № 2, Himawari-8/9 [2, 4, 6]. Сбор данных и их обработка выполняются в ИС KVERT [2].

### Эксплозивное извержение 14-15 марта

В течение 2021 г. вулкан был относительно спокоен, но температура аномалии в районе лавового купола была повышенной, время от времени разность температур аномалии и фона превышала 35 °С (17 декабря 2021 г., 7 января и 23 января 2022 г.).

Активность вулкана Безымянный начала расти с 11 марта: повысилось количество раскаленных лавин на южных и юго-восточных склонах лавового купола, на спутниковых снимках отмечалось увеличение размера и температуры термальной аномалии в районе вулкана (рис. 1). Наблюдения свидетельствовали об активном экструзивном процессе, который предшествует сильному эксплозивному извержению вулкана. 14 марта в 17:44 UTC KVERT выпустил сообщение, в котором указывалось: «Активность вулкана постепенно растет. Эксплозивное извержение с выносом пепла до 10-15 км над уровнем моря (н.у.м.) может произойти в течение следующих нескольких дней. Такая деятельность вулкана может быть опасной для международных и местных авиалиний» (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-16>). 14-15 марта активность вулкана продолжала усиливаться – непрерывно выжималась свежая лава из кратера вулкана, на склоны лавового купола обрушивались раскаленные лавины, окрестности вулкана покрывались слоем пепла.

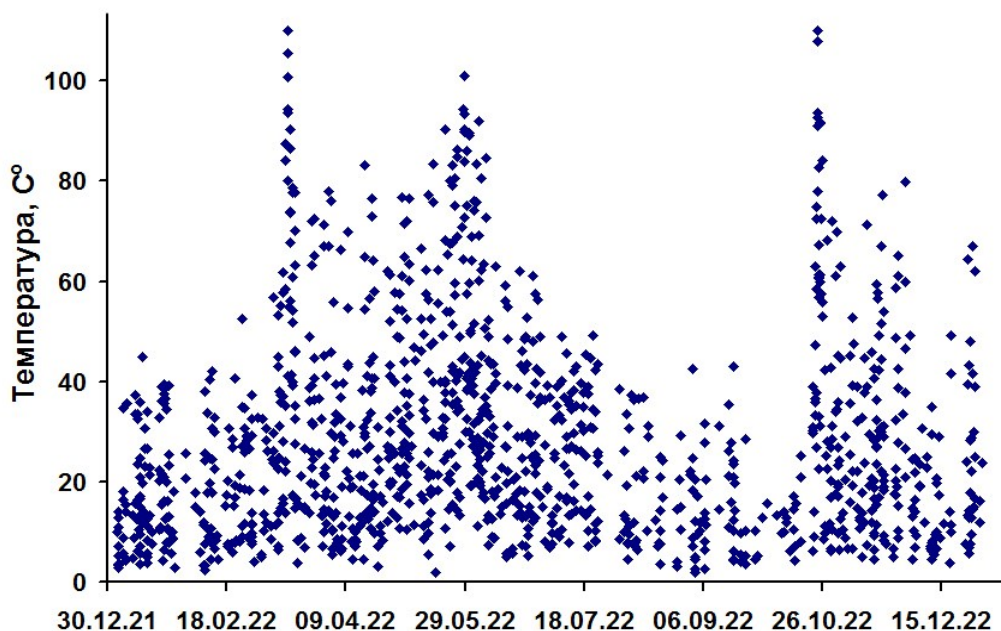


Рис. 1. Разница температур термальной аномалии и фона в районе лавового купола вулкана Безымянный в 2022 г. по спутниковым данным из ИС VolSatView.

Пароксизмальная фаза эксплозивного извержения с выносом пепла до 11 км н.у.м. произошла в 12:53 UTC 15 марта [1]. Спустя 19 ч 10 мин после опубликования сообщения о предстоящем извержении прогноз был реализован. Во время пароксизма в атмосферу поступило наибольшее количество магматического вещества, разница температур аномалии и фона достигала 110 °С. Эруптивный шлейф перемещался до 1310 км на северо-восток от вулкана, общая площадь пеплопадов составила более 374 тыс. км<sup>2</sup>. На северном, западном и южном склонах вулкана были сформированы отложения пирокластических и грязевых потоков. С 15 марта отмечалось выжимание лавовых потоков на южные и юго-западные склоны лавового купола, иногда наблюдались обрушения раскаленных лавин. Величина разности температур термальной аномалии и фона оставалась высокой, например, 16 апреля она была +64.9 °С. Вулканический эксплозивный индекс (VEI – Volcanic Explosivity Index) извержения равнялся 2.

### Эксплозивное извержение 28 мая

С 20 мая экструзивно-эффузивное извержение вулкана усилилось: на восточном склоне лавового купола вновь начали отмечаться раскаленные лавины, количество их росло, шла подготовка нового эксплозивного извержения. С 19:00 UTC 26 мая лавины обрушивались с купола почти непрерывно, пепловые облака поднимались до 5 км н.у.м. и протягивались на юго-восток от вулкана. С 20:30 UTC 27 мая мощная эмиссия пепла стала непрерывной. 28 мая в 06:32 UTC KVERT выпустил сообщение, в котором указывалось: «Активность вулкана постепенно растет. Эксплозивное извержение с выносом пепла до 10 км н.у.м. может произойти в любое время. Такая деятельность вулкана может быть опасной для международных и местных авиалиний» (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-46>).

Пароксизмальная фаза эксплозивного извержения наблюдалась 28 мая: эксплозии подняли пепел до 12 км н.у.м. в 07:26 UTC (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-47>) и до 15 км н.у.м. в 08:15 UTC (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-48>) [1]. Пепловый шлейф и затем пепловые облака перемещались до 3040 км на юго-восток от вулкана (рис. 2). Согласно данным с сайта Support to Aviation Control Service (<https://sacs.aeronomie.be>, прибор TROPOMI), в 00:42 UTC 29 мая пепловый шлейф от вулкана Безымянный содержал 6.111 кт SO<sub>2</sub> на площади 247 916 км<sup>2</sup>; 30 мая в 00:23 UTC содержание SO<sub>2</sub> в облаке составляло 5.416 кт на площади 256 600 км<sup>2</sup>. В долинах Восточная и Южная образовались отложения пирокластических потоков длиной до 7 км. Выжимание лавового потока на юго-восточный склон купола, сопровождавшееся обрушением раскаленных лавин, продолжалось в течение нескольких месяцев. Например, по состоянию на 23 июля 2022 г., согласно спутниковым данным (Sentinel-2A) из ИС VolSatView, его площадь составляла 0.18 км<sup>2</sup>. К концу сентября температура аномалии значительно снизилась. VEI извержения равен 2.

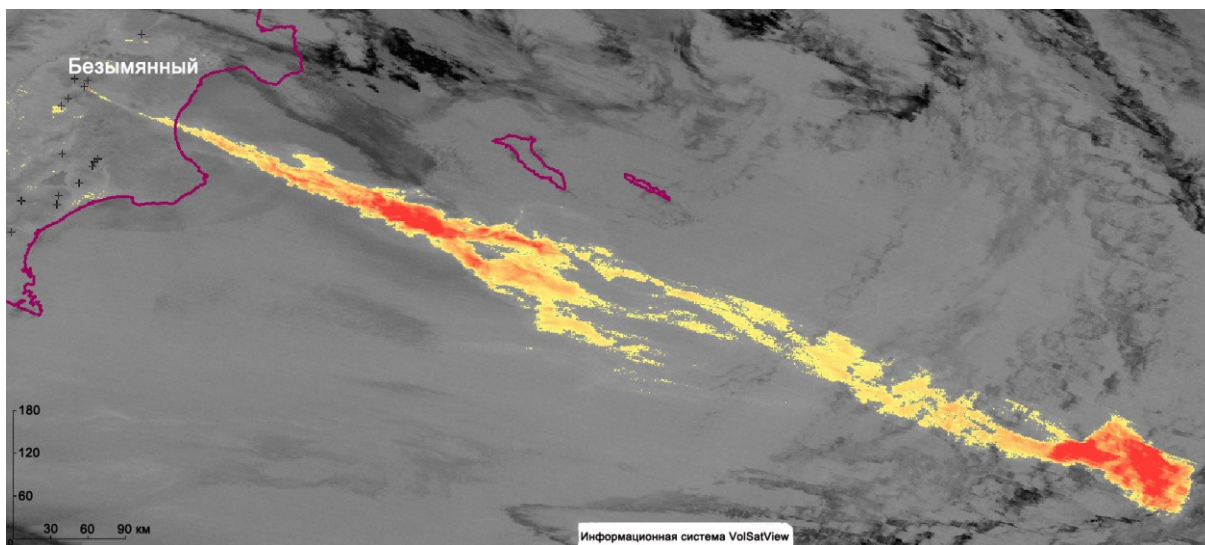


Рис. 2. Пепловый шлейф вулкана Безымянный по состоянию на 15:36 UTC 28 мая 2022 г. на спутниковом снимке JPSS-1 в ИС VolSatView. Протяженность шлейфа составляет 1060 км.

### Эксплозивное извержение 23-24 октября

Активность вулкана начала повышаться с 21 октября: температура термальной аномалии в районе вулкана постепенно стала расти, 22 октября над вулканом в течение нескольких часов поднимался до 5 км н.у.м. парогазовый столб. В 03:07 UTC 23 октября KVERT выпустил сообщение, в котором указывалось: «Активность вулкана постепенно растет. Эксплозивное извержение с выносом пепла до 10-15 км н.у.м. может произойти в любое время. Такая деятельность вулкана может быть опасной для международных и местных авиалиний» (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-142>).

Спустя 8.5 ч началось пароксизмальное извержение вулкана: в 11:40 UTC 23 октября пепловое облако поднялось до 10 км н.у.м. (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2022-143>). Пепловый шлейф перемещался 23-24 октября до 1915 км на северо-восток от вулкана. Согласно спутниковым данным из ИС VolSatView, на северном склоне вулкана образовались небольшие отложения пирокластических потоков, в русле р. Сухая Хапица на протяжении более 15 км наблюдались образования грязевых потоков. После окончания эксплозивного извержения на юго-восточный склон купола до конца 2022 г. продолжалось выжимание лавового потока, сопровождавшееся иногда обрушением раскаленных лавин. Температура термальной аномалии в районе вулкана постоянно была высокой (рис. 1). VEI извержения составляет 2.

### Заключение

1. В 2022 г. произошло три пароксизмальных извержения вулкана Безымянный: 15 марта, 28 мая и 23 октября с выносом пеплов до 11, 15 и 10 км н.у.м., соответственно. Все извержения вулкана были опасны для международных и местных авиоперевозок.
2. Учеными KVERT были предсказаны эксплозивные извержения: 15 марта за 19 ч до его начала, 23 октября – за 8.5 ч до начала извержения.
3. Общая площадь пеплопадов, связанных с распространением эруптивных облаков Безымянного в 2022 г., составляла более 1135 тыс. км<sup>2</sup>, в т.ч. на суше – более 192 тыс. км<sup>2</sup>.
4. Аэрозольные облака после окончания извержений отмечались на удалении от вулкана: более 1300 км на восток и северо-восток в марте, более 3000 км на юго-восток в мае и более 1900 км на северо-восток в октябре.

### Список литературы

1. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Маневич А.Г. и др.* Дистанционный мониторинг эксплозивных извержений вулкана Безымянный в 2022 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Электронный сборник материалов 20-й Международной конференции, 14-18 ноября 2022 г., ИКИ РАН. М.: ИКИ РАН. 2022. С. 264. <https://doi.org/10.21046/20DZZconf-2022a>
2. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Сорокин А.А. и др.* Комплексный мониторинг эксплозивных извержений вулканов Камчатки / Отв. ред. О.А. Гирина. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. 192 с.
3. *Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г. и др.* Анализ событий эксплозивного извержения вулкана Безымянный 21 октября 2020 г. по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 297-303. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-5-297-303>
4. *Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А. и др.* Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170>
5. *Gordeev E.I., Girina O.A.* Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. V. 84. № 1. P. 1-8. <https://doi.org/10.1134/S1019331614010079>
6. *Lupyan E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N. et al.* System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology // Russian Meteorology and Hydrology. 2014. V. 39. P. 847-853. <https://doi.org/10.3103/S1068373914120103>
7. *Sorokin A.A., Makogonov S.I., Korolev S.P.* The Information Infrastructure for Collective Scientific Work in the Far East of Russia // Scientific and Technical Information Processing. 2017. V. 4. P. 302-304. <https://doi.org/10.3103/S0147688217040153>