

## Анализ событий эксплозивного извержения вулкана Безымянный 21 октября 2020 г. по спутниковым данным

О. А. Гирина<sup>1</sup>, Д. В. Мельников<sup>1</sup>, А. Г. Маневич<sup>1</sup>,  
А. В. Кашницкий<sup>2</sup>, Л. С. Крамарева<sup>3</sup>, А. А. Нуждаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
683006, Россия*

*E-mail: girina@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

<sup>3</sup> *Дальневосточный центр НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия*

Вулкан Безымянный — один из наиболее активных вулканов Камчатки и мира. Предыдущее его извержение произошло 15 марта 2019 г. В настоящей работе описано эксплозивное извержение вулкана 21 октября 2020 г. и предваряющие его события на основании изучения видеоматериалов и различных спутниковых данных. Спутниковый мониторинг вулкана проводится с помощью информационной системы «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView) с 2014 г. Эксплозии подняли пепел до 10–11 км над уровнем моря, в связи с циклоном в районе Камчатки эруптивное облако было разделено на две части: северная часть в течение 21–23 октября находилась над Ключевской группой вулканов, южная переместилась на расстояние более 1000 км на юго-восток от вулкана. Основная площадь территории, на которой отмечались пеплопады, на 10:11 GMT 22 октября 2020 г. составила около 111,5 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе на суше — 60,8 тыс. км<sup>2</sup>. Показано анимированное изображение движения пеплового облака от вулкана, выполненное по серии снимков Himawari-8 в VolSatView (<http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/animation/1603972936.webm>). Для этого извержения VEI равен 2.

**Ключевые слова:** вулкан, Безымянный, эксплозивное извержение, KVERT, видеоданные, спутниковый мониторинг, VolSatView, Камчатка

Одобрена к печати: 02.11.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-297-303

### Введение

21 октября 2020 г. произошло очередное эксплозивное извержение влк. Безымянный — одного из наиболее активных вулканов мира, расположенного в центральной части Ключевской группы вулканов Камчатки. После катастрофического извержения 30 марта 1956 г. рост лавового купола в его эксплозивном кратере до конца 2012 г. продолжался почти непрерывно (Girina, 2013). С декабря 2012 г. до декабря 2016 г. вулкан находился в состоянии относительного покоя, в 2017 г. произошло три его сильных эксплозивных извержения и в 2019 г. — два (Гирина и др., 2020).

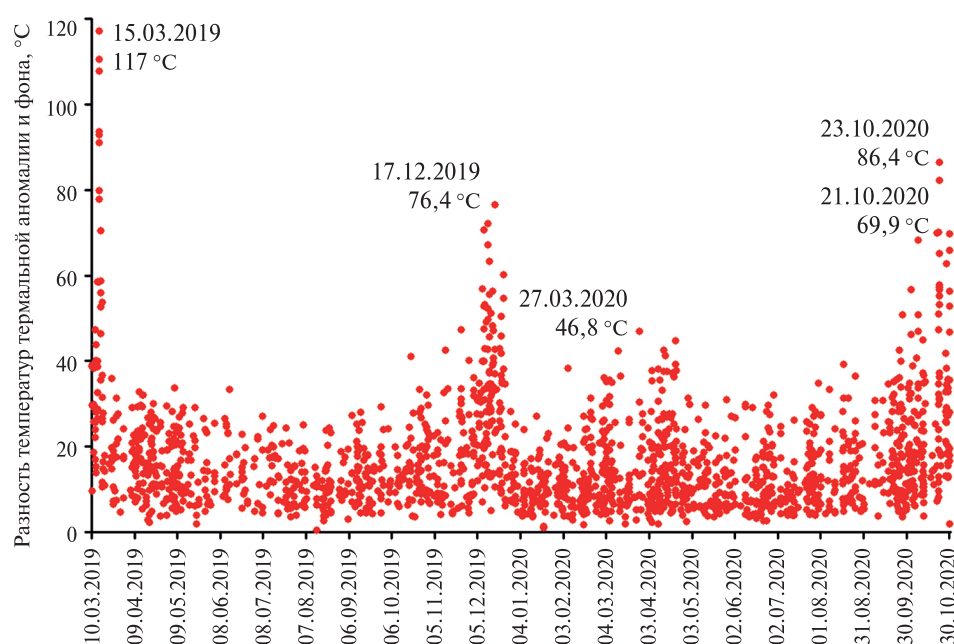
Предыдущее эксплозивное извержение вулкана произошло 15 марта 2019 г.: эруптивная туча поднялась до 15 км н. у. м. (над уровнем моря) и перемещалась на восток от вулкана. Площадь пеплопадов составила более 210 тыс. км<sup>2</sup>, VEI (*англ.* Volcanic Explosivity Index — вулканический эксплозивный индекс) извержения — 3 (Гирина и др., 2020).

Наблюдения за Безымянным с помощью видеокамер осуществляются с 20 августа 2003 г. (Гирина и др., 2018). Спутниковый мониторинг вулкана проводится учёными Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (KVERT — Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team) Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН) с 2002 г. (Гирина и др., 2018; Gordeev, Girina, 2014). С 2014 г. он выполняется с помощью информационной системы (ИС) «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView)

(Гирина и др., 2018, 2019; Gordeev et al., 2016). Для мониторинга вулканов в VolSatView имеются оперативно обновляемые данные среднего разрешения следующих спутниковых систем: NOAA-18/19 (прибор AVHRR — *англ.* Advanced Very-High-Resolution Radiometer), Terra и Aqua (MODIS — *англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), Suomi NPP (*англ.* National Polar-orbiting Partnership) и JPSS-1 (*англ.* Joint Polar Satellite System) (VIIRS — *англ.* Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), Sentinel-3A/3B (SLSTR — *англ.* Sea and Land Surface Temperature Radiometer). С 15 марта 2016 г. в ИС поступают данные с геостационарного спутника Himawari-8 (прибор AHI — *англ.* Advanced Himawari Imager), обновляемые каждые 10 мин. В настоящее время в рамках мониторинга влк. Безымянный доступны для анализа около 200 спутниковых снимков в сутки.

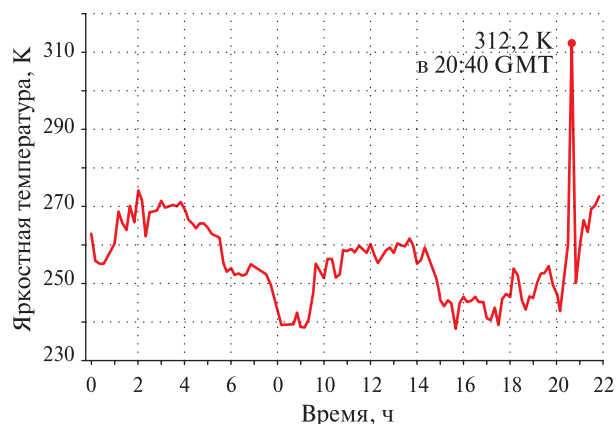
### Эксплозивное извержение вулкана 21 октября 2020 г.

После извержения 15 марта 2019 г. на западный и северо-западный склоны купола Новый происходило выжимание лавовых потоков: по видеоданным от 2 до 16 дней ежемесячно в течение 2019–2020 гг. отмечалось свечение лавового купола; по спутниковым данным в районе вулкана постоянно регистрировалась термальная аномалия (*рис. 1*). В конце ноября 2019 г. температура аномалии начала повышаться, свечение купола стало более ярким, максимальная величина разности температур аномалии и фона была зарегистрирована 17 декабря (76,4 °C). В связи с этим 13 и 20 декабря 2019 г. KVERT выпускал предупреждения для авиации (VONA — *англ.* Volcano Observatory Notice for Aviation) о возможном сильном эксплозивном извержении вулкана, которое может начаться в любое время (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2019-179>; <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/?n=2019-181>). Однако эксплозивных событий не произошло, к концу декабря температура аномалии понизилась до среднего уровня (величина разности температур аномалии и фона около 25 °C). С середины февраля до 30 апреля 2020 г. вновь наблюдались повышенные значения температуры термальной аномалии в районе вулкана (максимальная величина разности температур аномалии и фона составляла 46,8 °C 27 марта) (см. *рис. 1*). Вероятно, повышение температуры аномалии было связано с поступлением на поверхность купола более высокотемпературных порций лавового потока.



*Рис. 1.* Изменение величины разницы температур термальной аномалии и фона влк. Безымянный в марте 2019 г. — октябре 2020 г. по данным обработки спутниковой информации среднего пространственного разрешения учёными KVERT в ИС VolSatView

Рис. 2. Изменение величины яркостной температуры лавового купола влк. Безымянный во время подготовки и пароксизмальной фазы эксплозивного извержения в течение 21 октября 2020 г. по данным спутника Himawari-8 из ИС VolSatView



26 июля 2020 г. на восточном склоне лавового купола появились раскалённые лавины, температура аномалии вновь немного повысилась (см. рис. 1). В середине августа в кратере лавового купола Безымянного был обнаружен блок пластичной лавы, который к 26 августа был присыпан снегом (<http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/imgs/2566.jpg>). Небольшое свечение купола продолжало наблюдаться ночью в хорошую погоду.

Очередной рост температуры термальной аномалии Безымянного начал отмечаться с 25 сентября, изредка на восточном склоне купола наблюдались небольшие раскалённые лавины. Явных предвестников подготовки эксплозивного извержения не было обнаружено.

Эксплозивное извержение вулкана началось 21 октября в 20:22 GMT (Greenwich Mean Time — среднее время по Гринвичу). Осложняла наблюдения за подготовкой и развитием извержения плотная облачность, укрывавшая Камчатку в течение недель перед эруптивными событиями и после них.

В момент начала извержения по данным спутника NOAA-19 в 20:22 GMT величина разности температур аномалии и фона составила 69,9 °C (см. рис. 1). Максимальная яркостная температура аномалии по данным непрерывных наблюдений со спутника Himawari-8 (B07 (3900 нм, 2000 м)) была отмечена 21 октября в 20:40 GMT, т.е. вероятно, что спустя 18 мин после начала извержения в атмосферу стало выбрасываться наиболее высокотемпературное глубинное вещество (рис. 2).

По видеоданным Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба» Российской академии наук (КФ ФИЦ ЕГС РАН) (<http://www.emsd.ru/>) со станции Киришев, эруптивная колонна, насыщенная паром, поднялась выше 8 км н.у.м. (рис. 3, см. с. 300). Высота основного эруптивного облака, автоматически рассчитанная по профилю температуры из метеоданных в ИС VolSatView, по данным спутника Himawari-8 в 20:40 GMT была 10 509 м н.у.м., в 20:50 GMT — 10 592 м н.у.м.

Согласно различным спутниковым данным и анимированному изображению движения эруптивного облака, выполненному по серии снимков Himawari-8 в ИС VolSatView (<http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/animation/1603972936.webm>), основная масса пепла, вынесенная во время извержения влк. Безымянный, находилась в атмосфере примерно с 20:22 GMT 21 октября до 06:00 GMT 23 октября. В связи с высокой циклонической активностью примерно в 22:00 GMT 21 октября эруптивное облако начало разделяться на южную и северную части. По данным спутника NOAA-19, 21 октября в 22:02 GMT высота южного облака составляла 10 915 м н.у.м., северного — 9 899 м н.у.м.; к 23:00 GMT этого дня в результате пеплопадов облака опустились до 4400–8300 м н.у.м. (по данным спутника Himawari-8).

Для оценки высоты пепловых облаков Безымянного также были использованы данные со спектрорадиометра MISR (англ. Multi-angle Imaging SpectroRadiometer), установленного на спутнике Terra. MISR состоит из 9 камер, которые ведут съёмку по разным направлениям: в нади́р и с отклонениями под разными углами вперёд и назад по направлению полёта спутника. Изменения отражения лучей света при разных углах наблюдения позволяют распознавать различные типы атмосферных аэрозолей и форму их облаков, определять их высоту с учётом и без учёта скорости ветра (Nelson et al., 2013). По данным MISR, в 00:35 GMT 22 октября на расстоянии около 30–50 км от Безымянного максимальная высота пеплового облака была 6997 м н.у.м., средней между 108 величинами высоты частей облаков в диапазоне от 5000



до 7000 м является 5800 м н.у.м. (рис. 4). По данным спутника Тегга, максимальная высота эруптивного облака примерно в той же его части, автоматически рассчитанная по профилю температуры из метеоданных в ИС VolSatView, в то же самое время (00:35 GMT 22 октября) составляла 5 699 м н.у.м.



Рис. 3. Эруптивная колонна влк. Безымянный в начале извержения в 20:29 GMT 21 октября 2020 г. Видеоданные КФ ФИЦ ЕГС РАН

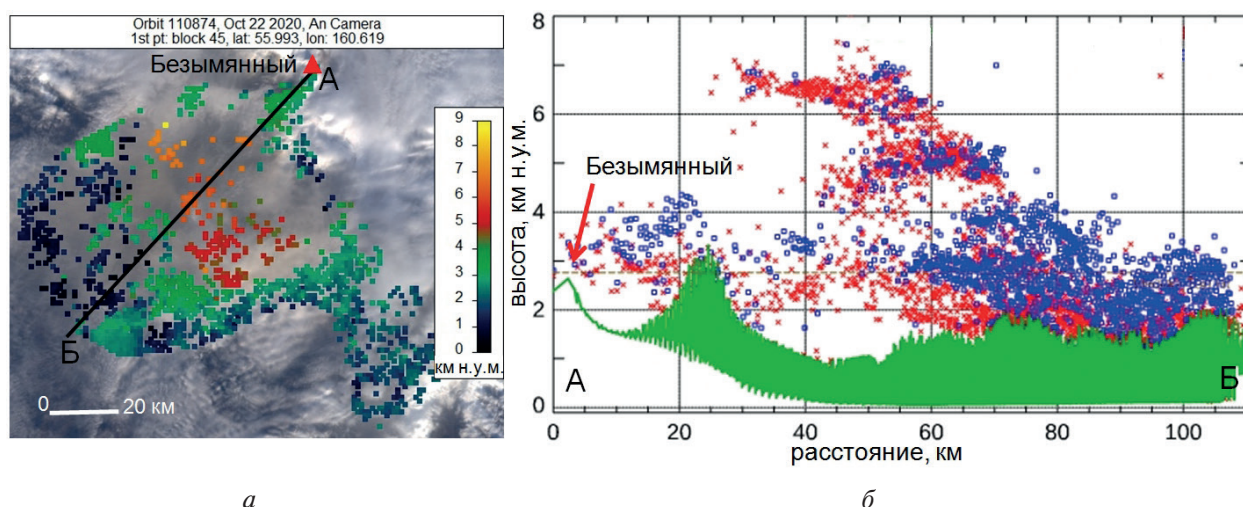


Рис. 4. Визуализация высоты пеплового облака влк. Безымянный в 00:35 GMT 22 октября 2020 г. по данным спектрорадиометра MISR: *а* — в плане на спутниковом снимке Тегга; *б* — в разрезе по профилю А–Б. Точками показаны участки пеплового облака на различной высоте над уровнем моря (красные — без учёта скорости ветра, синие — с учётом скорости ветра). Зелёным цветом выделен рельеф района влк. Безымянный

Эруптивное облако постепенно расширялось и меняло конфигурацию (рис. 5), примерно к 03:00 GMT 22 октября оно достигло максимальных размеров (около 56,5 тыс. км<sup>2</sup>) (рис. 6), затем стало разделяться на более мелкие облака и постепенно рассеиваться. Например, по данным спутника Himawari-8, остатки южного облака, подхваченного циклоном, в 01:00 GMT 23 октября находились на высоте около 3000 м н. у. м. на расстоянии 1160 км на юго-востоке от вулкана, тогда как часть северного облака всё ещё оставалась в районе Ключевской группы вулканов на высоте около 4000 м н. у. м.

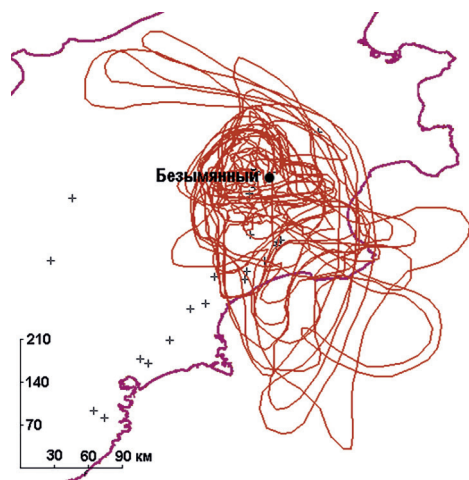


Рис. 5. Визуализация в ИС VolSatView распространения эруптивного облака влк. Безымянный с 21:00 GMT 21 октября до 10:11 GMT 22 октября 2020 г. по данным спутников: NOAA-18/19, Himawari-8, Sentinel-3B, JPSS-1, NPP, Terra

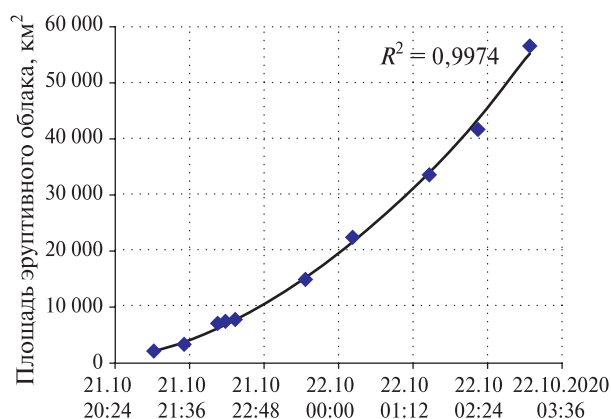


Рис. 6. Изменение площади эруптивного облака влк. Безымянный во время извержения с 21:00 GMT 21 октября до 03:05 GMT 22 октября 2020 г. Данные из ИС VolSatView

В 02:46 GMT 23 октября по данным спутника NPP была зарегистрирована наиболее высокая величина разности температур аномалии и фона, которая составила 86,4 °C (см. рис. 1). Вероятно, в это время происходило активное поступление новой лавы в кратер вулкана. К 24 октября лава заполнила кратер лавового купола вулкана и двумя языками лавового потока перелилась на его северный склон (<http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/imgs/2619.jpg>).

Общая площадь пеплопадов, произошедших во время октябрьского извержения влк. Безымянный, по состоянию на 10:11 GMT 22 октября 2020 г. составила около 111,5 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе на суше — 60,8 тыс. км<sup>2</sup> (см. рис. 5).

## Заключение

Пароксизмальное извержение влк. Безымянный 21 октября 2020 г. с выносом пеплов до 10–11 км н. у. м. произошло спустя 585 дней после предыдущего извержения, наблюдавшегося 15 марта 2019 г.

Общая площадь пеплопадов, связанных с распространением эруптивного облака Безымянного, к 10:11 GMT 22 октября 2020 г. составила около 111,5 тыс. км<sup>2</sup>, на территории Камчатки пепел выпал на площади около 60,8 тыс. км<sup>2</sup>. Для этого извержения VEI оценивается как 2.

Следует отметить, что работа ИС VolSatView осуществляется благодаря распределённым вычислительным ресурсам Дальневосточного центра НИЦ «Планета», Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Институт космических исследований РАН) и ЦКП «Центр данных ДВО РАН» (Вычислительный центр ДВО РАН) (Лупян и др., 2014, 2019).

## Литература

1. Гирина О.А., Лупян Е.А., Сорокин А.А., Мельников Д.В., Романова И.М., Кашницкий А.В., Уваров И.А., Мальковский С.И., Королев С.П., Маневич А.Г., Крамарева Л.С. Комплексный мониторинг эксплозивных извержений вулканов Камчатки. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. 192 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37061627>.
2. Гирина О.А., Лупян Е.А., Мельников Д.В., Кашницкий А.В., Уваров И.А., Бриль А.А., Константинова А.М., Бурцев М.А., Маневич А.Г., Гордеев Е.И., Крамарева Л.С., Сорокин А.А., Мальковский С.И., Королев С.П. Создание и развитие информационной системы «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 249–265. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-249-265.
3. Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Лупян Е.А., Крамарева Л.С. Характеристика событий эксплозивного извержения вулкана Безымянный 15 марта 2019 г. по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 3. С. 102–114. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-102-114.
4. Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н., Крамарева Л.С., Бурцев М.А., Балашов И.В., Толпин В.А., Соловьев В.И. Система работы с объединёнными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
5. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. 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. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
6. Girina O.A. Chronology of Bezymianny Volcano activity, 1956–2010 // J. Volcanology and Geothermal Research. 2013. V. 263. P. 22–41. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2013.05.002.
7. Gordeev E.I., Girina O.A. Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. V. 84. No. 1. P. 1–8. DOI: 10.1134/S1019331614010079.
8. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Burtsev M.A., Romanova I.M., Melnikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhoturov A.L. The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands // J. Volcanology and Seismology. 2016. V. 10. No. 6. P. 382–394. DOI: 10.1134/S074204631606004X.
9. Nelson D.L., Garay M.J., Kahn R.A., Dunst B.A. Stereoscopic height and wind retrievals for aerosol plumes with the MISR Interactive eXplorer (MINX) // Remote Sensing. 2013. V. 5. No. 9. P. 4593–4628.

## Analysis of the events of the explosive eruption of Bezymianny volcano on October 21, 2020, based on satellite data

O.A. Girina<sup>1</sup>, D.V. Melnikov<sup>1</sup>, A.G. Manevich<sup>1</sup>,  
A.V. Kashnitsky<sup>2</sup>, L.S. Kramareva<sup>3</sup>, A.A. Nuzhdaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS  
Petropavlovsk-Kamchatsky 683006, Russia  
E-mail: girina@kscnet.ru

<sup>2</sup> Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia  
<sup>3</sup> Far Eastern Center SRC Planeta, Khabarovsk 680000, Russia

Bezymianny is one of the most active volcanoes in Kamchatka and the world. Its previous eruption occurred on March 15, 2019. This paper describes the explosive eruption of the volcano on October 21, 2020, and the events preceding it based on the study of video and various satellite data. Satellite monitoring of the volcano has been carried out using the information system “Remote monitoring



of the activity of Kamchatka and Kurile volcanoes” (VolSatView) since 2014. Explosions raised ash up to 10–11 km above sea level, in connection with a cyclone in the Kamchatka region, the eruptive cloud was divided into two, the northern part of which was over the Klyuchevskoy group of volcanoes during October 21–23, and the southern part moved more than 1000 km southeast of the volcano. The main area of the territory where ashfalls were noted at 10:11 GMT on October 22, 2020, was about 111.5 thousand km<sup>2</sup>, including 60.8 thousand km<sup>2</sup> on land. An animated image of the ash cloud movement from the volcano is shown, made according to a series of images of Himawari-8 in the VolSatView (<http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/animation/1603972936.webm>). The VEI for this eruption is 2.

**Keywords:** volcano, Bezymianny, explosive eruption, KVERT, video data, satellite monitoring, VolSatView, Kamchatka

Accepted: 02.11.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-297-303

## References

1. Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Melnikov D.V., Romanova I.M., Kashnitskii A.V., Uvarov I.A., Malkovsky S.I., Korolev S.P., Manevich A.G., Kramareva L.S., *Kompleksnyi monitoring eksplozivnykh izverzhenii vulkanov Kamchatki* (Comprehensive Monitoring of Explosive Volcanic Eruptions of Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: IVIS DVO RAN, 2018, 192 p., available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37061627>.
2. Girina O.A., Loupian E.A., Melnikov D.V., Kashnitskii A.V., Uvarov I.A., Bril A.A., Konstantinova A.M., Burtsev M.A., Manevich A.G., Gordeev E.I., Kramareva L.S., Sorokin A.A., Malkovsky S.I., Korolev S.P., *Sozдание i razvitie informatsionnoi sistemy “Distsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril”* (Creation and development of the information system “Remote Monitoring of Kamchatka and Kuril Islands Volcanic Activity”), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 249–265, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-249-265.
3. Girina O.A., Melnikov D.V., Manevich A.G., Loupian E.A., Kramareva L.S., *Kharakteristika sobytii eksplozivnogo izverzheniya vulkana Bezymiannyi 15 marta 2019 g. po sputnikovym dannym* (The characteristics of Bezymianny volcano explosive eruption events on March 15, 2019, inferred from satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 3, pp. 102–114, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-102-114.
4. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Burtsev M.A., Balashov I.V., Tolpin V.A., Solov'ev V.I., *Sistema raboty s ob"edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovyykh dannykh v tsentrakh NITs “Planeta”* (System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
5. Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Mazurov A.A., Marchenkov V.V., Matveev A.M., Radchenko M.V., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., *Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh (TsKP “IKI-Monitoring”)* (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
6. Girina O.A., *Chronology of Bezymianny Volcano activity, 1956–2010*, *J. Volcanology and Geothermal Research*, 2013, Vol. 263, pp. 22–41, DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2013.05.002.
7. Gordeev E.I., Girina O.A., *Volcanoes and their hazard to aviation*, *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2014, Vol. 84, No. 1, pp. 1–8, DOI: 10.1134/S1019331614010079.
8. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Burtsev M.A., Romanova I.M., Melnikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhuturov A.L., *The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands*, *J. Volcanology and Seismology*, 2016, Vol. 10, No. 6, pp. 382–394, DOI: 10.1134/S074204631606004X.
9. Nelson D.L., Garay M.J., Kahn R.A., Dunst B.A., *Stereoscopic height and wind retrievals for aerosol plumes with the MISR INTERactive eXplorer (MINX)*, *Remote Sensing*, 2013, Vol. 5, No. 9, pp. 4593–4628.