

Дистанционный мониторинг вершинного и побочного извержений вулкана Ключевской в 2020-2021 гг.

О.А. Гирина*, **Е.А. Лупян****, **Д.В. Мельников***, **А.Г. Маневич***,
А.А. Сорокин***, **Л.С. Крамарева******, **И.М. Романова***,
А.А. Нуждаев*, **А.В. Кашницкий****, **И.А. Уваров****,
С.И. Мальковский***, **С.П. Королев*****

** Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, 683006, Россия*

*** Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

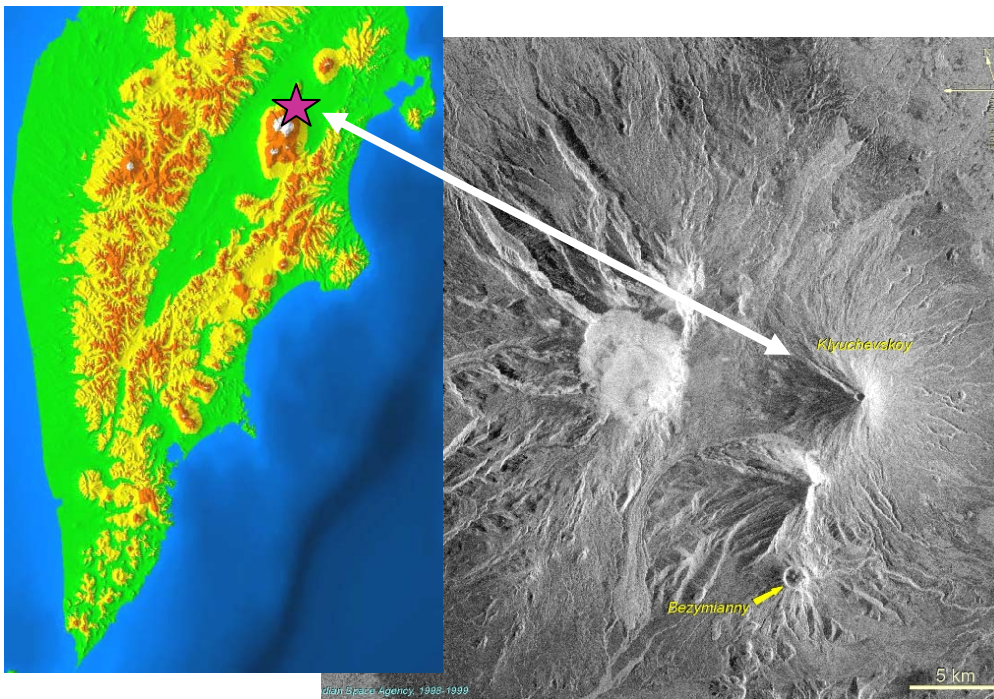
**** Вычислительный центр, ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия*

***** Дальневосточный центр «НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия*




Russian Academy of Sciences
Computing center
Far Eastern Branch





Ключевской относится к числу наиболее мощных активных базальтовых вулканов мира, его продуктивность достигает в среднем 60 млн. т в год (Khrenov et al., 1991). Сведения об извержениях Ключевского известны с 1697 г. (Пийп, 1956; Girina et al., 2019; Ozerov et al., 2020). **Предыдущее** вершинное эксплозивно-эффузивное его **извержение** происходило с 1 ноября 2019 г. по 3 июля 2020 г. **Предыдущий** боковой **прорыв** был в Апахончичском желобе на высоте 4.5 км н.у.м. (с 26 апреля по 6 ноября 2016 г.). Он носит имя вулканолога Е.К. Мархинина (Girina et al., 2019)



 **Информационная система**
«Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил»
VolSatView Главная

Вход в систему

Созданная информационная система (ИС) VolSatView обеспечивает специалистов-вулканологов оперативными спутниковыми данными среднего разрешения и различными информационными продуктами, получаемыми на основе их обработки, для мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил. Кроме этого, в ИС создан и постоянно пополняется архив спутниковых данных высокого разрешения, позволяющий анализировать различные продукты извержений вулканов (отложения лавовых и пирокластических потоков и др.)

ИС VolSatView создана и поддерживается специалистами:
[Институт Космических Исследований РАН \(ИКИ РАН\)](#)
[Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН \(ИВиС ДВО РАН\)](#)
[Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН \(ВЦ ДВО РАН\)](#)
[Дальневосточный Центр НИЦ "Планета" \(ДЦ НИЦ "Планета"\)](#)

ИС VolSatView развивается на основе многолетнего опыта мониторинга вулканической активности, накопленного в ИВиС ДВО РАН. В ИС используются технологии автоматической обработки данных, созданные в ИКИ РАН и НИЦ "Планета". Картографический интерфейс работы с данными реализован на основе технологии [GEO5MIS](#).

В настоящее время в ИС возможна работа с данными, поступающими со спутников: серии NOAA, серии Landsat, серии Meteor M; серии Ресурс П, а также Terra, Aqua, EO-1, Канопус-В №1.

Система позволяет работать как с оперативными, так и с архивными данными, накапливаемыми в VolSatView, а также с данными [ЦКП "ИКИ-Мониторинг"](#), [Объединенной системы работы с данными центров НИЦ "Планета"](#), [геопортала "Роскосмоса"](#), [АИС "Сигнал"](#).

Для работы с данными организованы информационные серверы в ВЦ ДВО РАН, ИВиС ДВО РАН и ИКИ РАН. Оперативный обмен данными между центрами сбора информации и базовыми серверами в ИС обеспечивают телекоммуникационные ресурсы Региональной компьютерной сети ДВО РАН и ИКИ РАН.

Возможности системы достаточно подробно описаны в [публикации](#).

Система создана и развивается при поддержке проектов РФФИ (11-07-12026-офи-м и 13-07-12180-офи-н). Технологии работы с данными, на основе которых создавалась и развивается система, созданы в рамках темы «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164.

Незарегистрированные пользователи могут оценить возможности системы в демонстрационном режиме с использованием логина *demo* и пароля *demo*.

Login пользователя:
 Пароль:

Ежедневный спутниковый мониторинг вулканов Камчатки и Курил с 2014 г. проводится с помощью информационной системы “Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил” (VolSatView) созданной совместными усилиями специалистов ИВиС ДВО РАН, ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДВ НИЦ Планета (Гирина и др., 2018, 2019; Gordeev et al., 2016).

Для мониторинга вулканов в VolSatView имеются оперативно обновляемые данные среднего и низкого разрешения спутниковых систем: NOAA-18/19 (прибор AVHRR), Terra и Aqua (MODIS), Suomi NPP и JPSS-1 (VIIRS), Sentinel 3A и 3B (SLSTR), Himawari-8 (AHI). В рамках мониторинга Ключевского доступны для анализа ~ 200 спутниковых снимков в сутки. Детальное изучение извержений проводится с помощью спутников высокого разрешения: Landsat-7 (ETM+), Landsat-8 (OLI и TIRS), Канопус-В (MCC, ПСС), Ресурс–1/2 (Геотон; КШМСА-ВР и КШМСА-СР), EO-1 (Hyperion), Sentinel 2B (MSI).



KVERT



Спутниковый мониторинг **вулкана Ключевской** проводит Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT - Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>)

Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, выполняющая с 2010 г. функции **Вулканологической обсерватории Российской Федерации** (WOVO № 290111-300001) по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного сообщества (Гирина и др., 2018; Gordeev, Girina, 2014; Gordeev et al., 2016).

Извержение Ключевского в 2020-2021 гг. 30.09.2020 – 08.02.2021. (4 месяца)



Непрерывная
Стромболианская
активность вулкана.
Лавовые потоки двигались
по Апахончичскому
желобу с 4 октября по
8 декабря 2020 г., затем
по Козыревскому желобу
с 7 декабря 2020 г. по
28 января 2021 г., и **вновь**
по Апахончичскому
желобу с 22 января по
8 февраля 2021 г.

05.02.2021



Institute of volcanology and seismology, KVERT & Weathernews Inc. 2021-02-05 06:04:

Ключевской



**Пепловые
шлейфы
поднимались
до 8 км н.у.м.
(3 км над
кратером влк.)**



160°15'В

160°30'В

0 1,75 3,5 7 10,5
км

Дальневосточный центр
ФГБУ "НИЦ "Планета"
Россия, 680000, г. Хабаровск
ул. Ленина, д. 18
тел.: (8-4212) 21-43-11
факс: (8-4212) 21-40-07
e-mail: dvrcpod@mail.ru
<http://www.dvrcpod.ru>

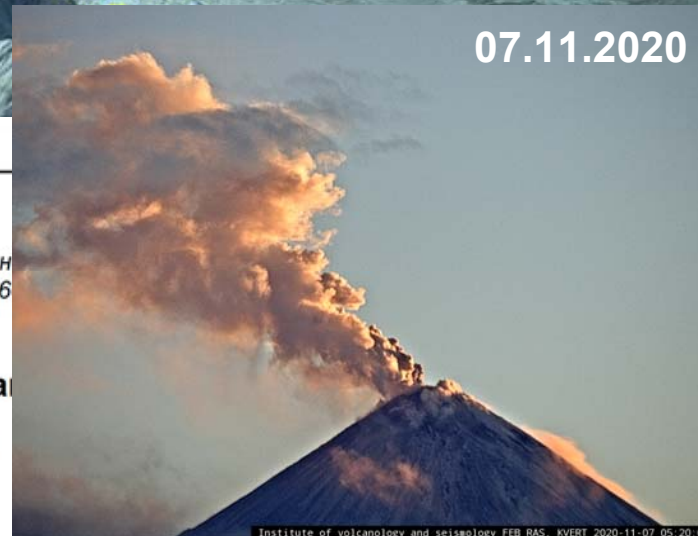


KA Landsat 8/OLI © USGS, разрешение
Спектральные каналы R: 2.100-2.300 мкм; G: 0.525-0.6
26.12.2020 00:14 UTC

Мониторинг вулканической а

Камчатский край

07.11.2020



Institute of volcanology and seismology FEB RAS, KVERT 2020-11-07 05:20:01

06.10.2020



Institute of volcanology and seismology FEB RAS, KVERT 2020-10-06 23:19:02

23.01.2021

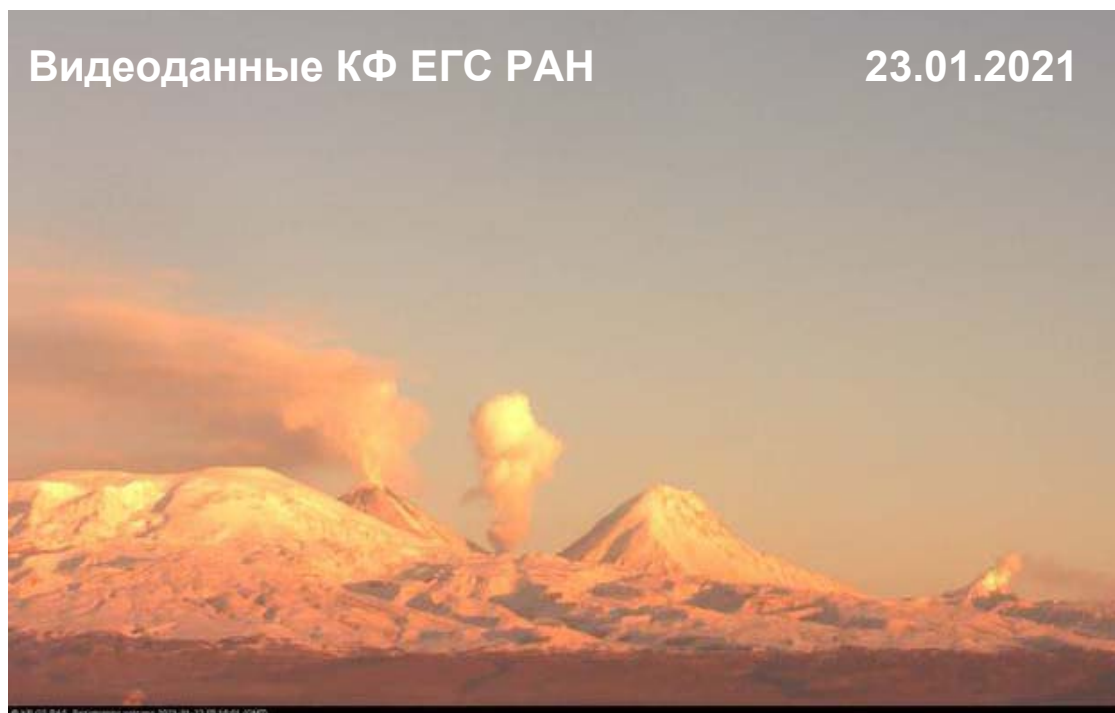


Institute of volcanology and seismology, KVERT & Weathernews Inc. 2021-01-23 05:15:01

Фреатические взрывы в связи с обрушениями глыб лавового потока

Видеоданные КФ ЕГС РАН

23.01.2021



© ИИВ СО РАН, Вулканы России 2021-01-23 05:19:01 (GMT)

24.01.2021



Видеоданные КФ ЕГС РАН



С 05:38 Z 24 янв. - мощные обвалы тифры в Апахон. жел.



24.01.2021.

Пепел поднимался
до 9.6 км н.у.м.



28.01.2021



Видеоданные КФ ЕГС РАН

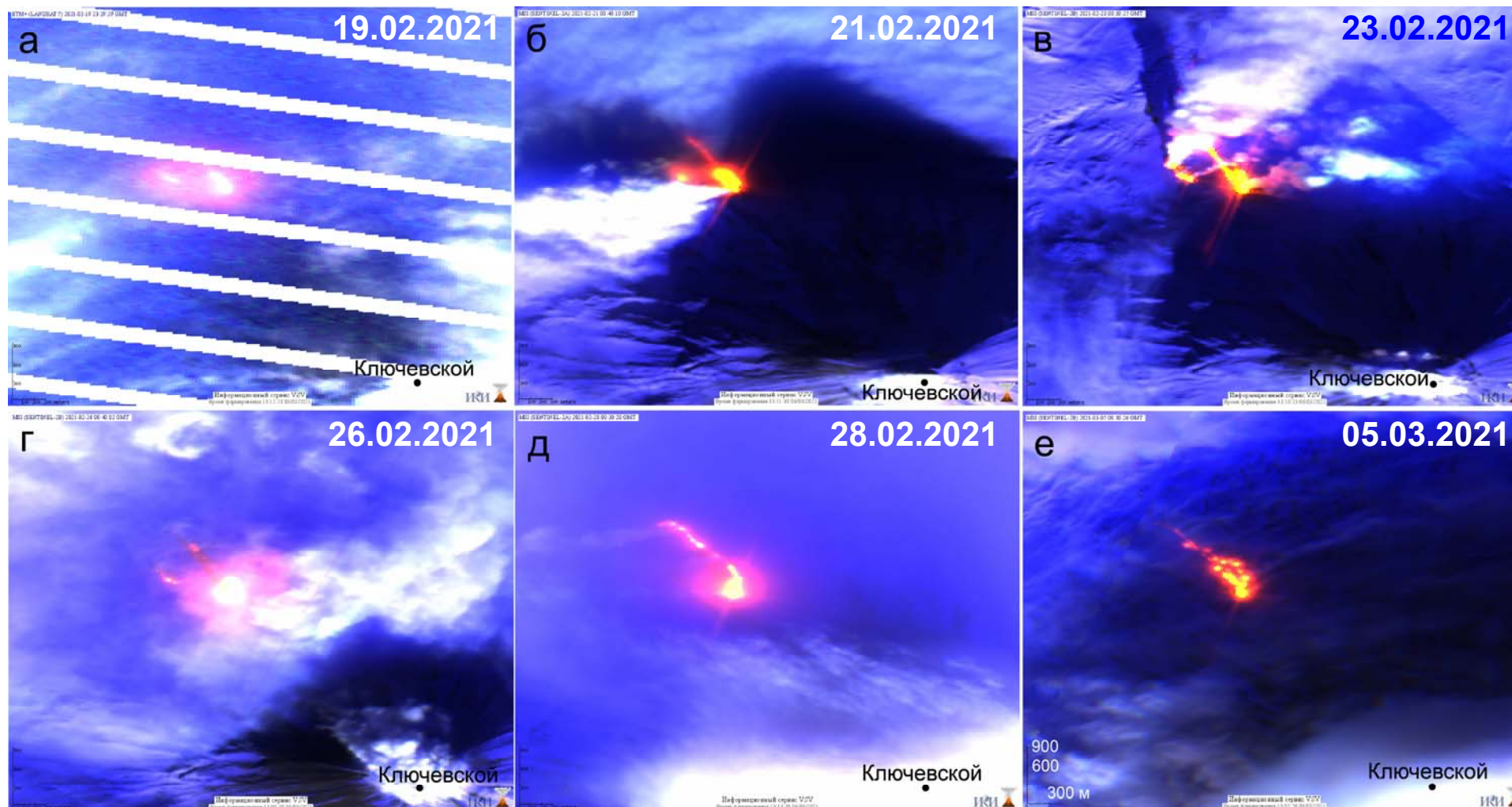
Kano and Bezumianny Volcano 2021-01-28 03:59:00

Вулканы осыпаны старым пеплом влк. Ключевской, поднявшимся при обрушении отложений тefры с бортов Апахончичского желоба 24.01.2021 г.

Вулкан Ключевской

Боковой прорыв им. Г.С. Горшкова
с 17.02 по 20.03.2021





Яркая термальна́я аномалия в р-не бокового прорыва на сев.-запад. склоне влк. Ключевской на высоте около 2,7-2,8 км н.у.м. вблизи ледника Эрмана на спутниковых снимках из ИС VolSatView в 2021 г.:

- а) Landsat-7 в 23:29 GMT 19 февраля; б) Sentinel-2B в 00:40 GMT 21 февраля;**
- в) Sentinel-2A в 00:30 GMT 23 февраля; г) Sentinel-2B в 00:40 GMT 26 февраля;**
- д) Sentinel-2A в 00:30 GMT 28 февраля; е) Sentinel-2B в 00:30 GMT 5 марта**

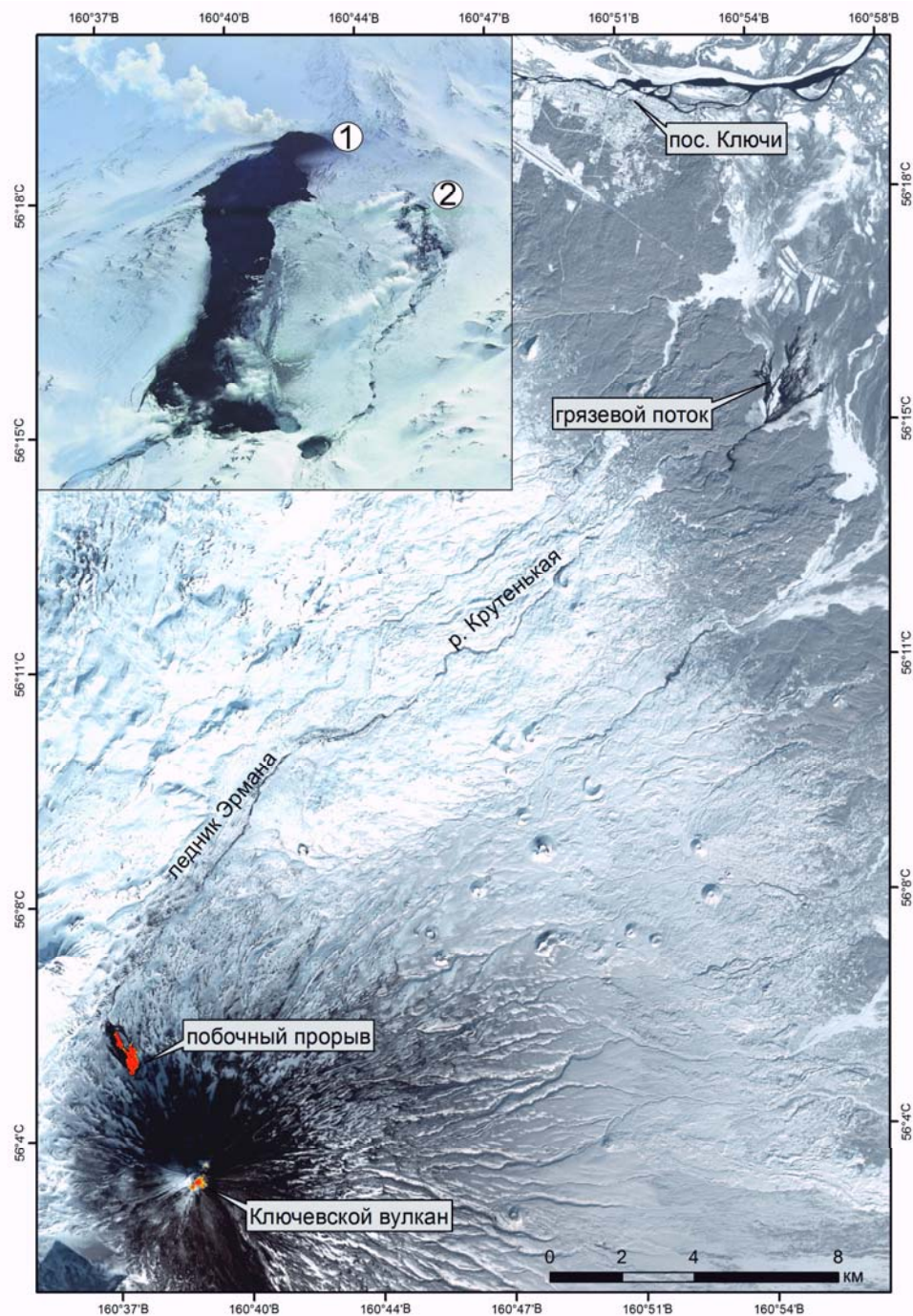
Рис. 1 из работы: Гирина и др. Непрерывный мультиспутниковый мониторинг вулканов для обнаружения извержений на примере бокового прорыва вулкана Ключевской в феврале 2021 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 261-267.



Sentinel-2, 08.03.2021

0 0.75 1.5 3
KM

Лавовый поток длиной 1.2 км



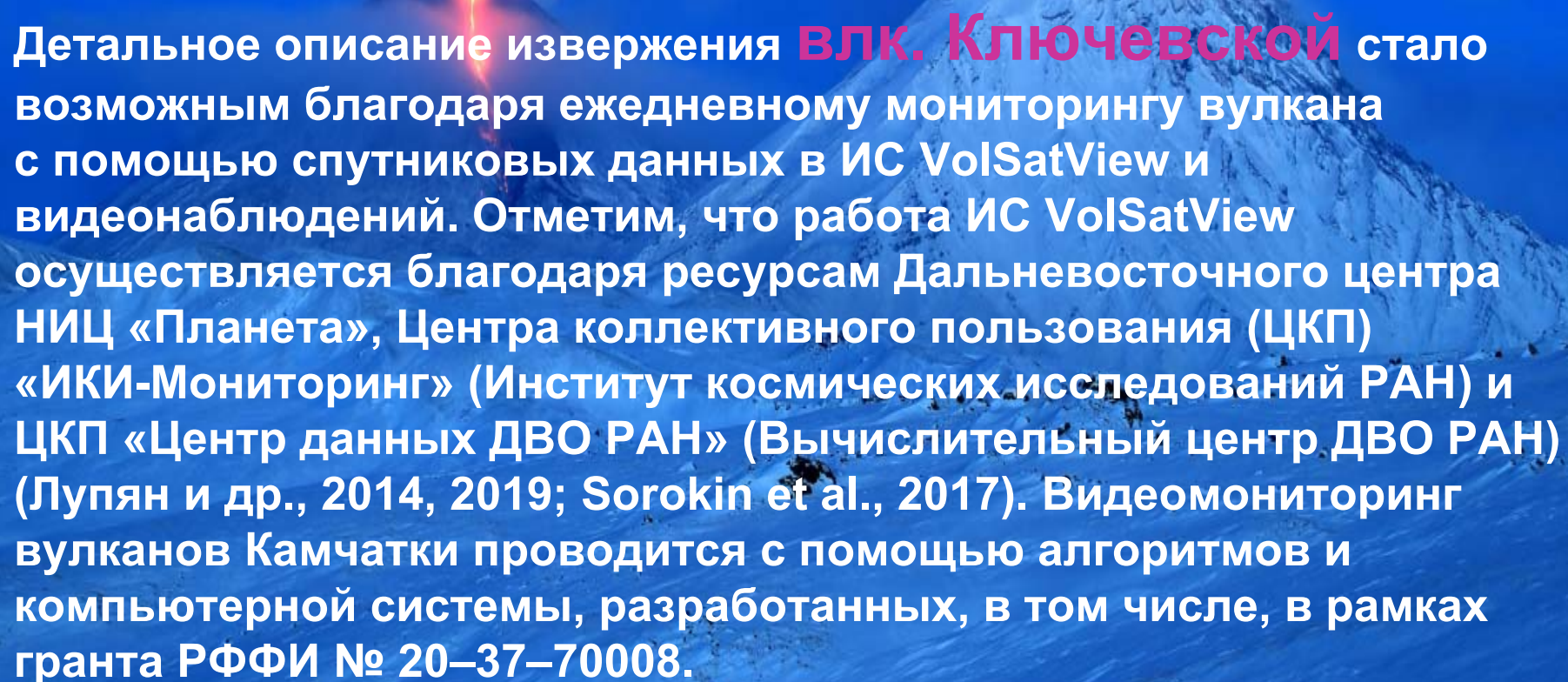
Ключевской

Прорыв им. Г.С. Горшкова и грязевой поток от фронта лавового потока (~ 30 км) на спутниковом снимке Landsat-8 16 марта 2021 г. На врезке: вид прорыва с ледника Эрмана 2 марта 2021. 1 – восточная трещина, 2 – западная трещина.



Заключение

1. Вершинное извержение вулкана продолжалось 4 месяца (с 30 сентября 2020 г. по 8 февраля 2021 г.)
2. В течение извержения непрерывно наблюдалась активность стромболианского типа, реже – вулканского с выносом пепла до 8 км н.у.м. и протяженностью шлейфов до 600 км от вулкана.
3. Ближе к окончанию извержения отмечались мощные фреатические взрывы и обрушения пирокластики с бортов Апахончичского желоба, пепловые облака поднимались до 9.6 км н.у.м.
4. Лавовый поток из вершинного кратера вулкана двигался по Апахончичскому желобу с 4 октября по 8 декабря 2020 г. и с 22 января по 8 февраля 2021 г., и по Козыревскому желобу - с 7 декабря 2020 г. по 28 января 2021 г.
5. После перерыва в 10 дней на С-3 склоне вулкана в течение месяца (с 17 февраля по 20 марта 2021 г.) работал боковой прорыв им. чл.-корр. АН СССР Г.С. Горшкова. Из двух параллельных трещин изливалась лава, длина потока составила 1.2 км; на высоте 2.8 км н.у.м. вырос шлаковый конус высотой 50 м.
6. Во время вершинного извержения активность вулкана была опасной для международных и местных авиаперевозок, во время бокового прорыва – для местных авиаперевозок.



Детальное описание извержения **влк. Ключевской** стало возможным благодаря ежедневному мониторингу вулкана с помощью спутниковых данных в ИС VolSatView и видеонаблюдений. Отметим, что работа ИС VolSatView осуществляется благодаря 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; Sorokin et al., 2017). Видеомониторинг вулканов Камчатки проводится с помощью алгоритмов и компьютерной системы, разработанных, в том числе, в рамках гранта РФФИ № 20–37–70008.