

Пароксизмальные эксплозивные извержения вулкана Безымянный в 2025 г.

*Гирина О.А.¹, Мельников Д.В.¹, Маневич А.Г.¹, Романова И.М.¹, Сергеева А.В.¹,
Дупян Е.А.², Сорокин А.А.³, Крамарева Л.С.⁴, Цветков В.А.¹, Демянчук Ю.В.¹*

The 2025 paroxysmal explosive eruptions of Bezymianny volcano

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

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

² *Институт космических исследований РАН, г. Москва*

³ *Вычислительный центр, ДВО РАН, г. Хабаровск*

⁴ *Дальневосточный центр «НИЦ Планета», г. Хабаровск*

В работе описана активность вулкана Безымянный в 2025 г. и состав тефры извержений. Произошло два пароксизмальных эксплозивных извержения вулкана в апреле и ноябре, они представляли опасность для международных и местных авиаперевозок.

Введение

Вулкан Безымянный является одним из самых активных в мире. Его экстремально-эксплозивно-эффузивные извержения продолжаются с 22 октября 1955 г. [1, 5].

Ежедневный видео-визуальный и спутниковый мониторинг вулкана Безымянный с 1993 г. осуществляет Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT – Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, <http://kvert.febras.net>). С 2010 г. KVERT, как часть Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, выполняет функции Вулканологической обсерватории Российской Федерации (№ 290111-300001 в каталоге WOVO – the World Organization of Volcano Observatories) по обеспечению международного аэронавигационного сообщества информацией об активности вулканов на Дальнем Востоке [2]. KVERT проводит спутниковый мониторинг вулканов с 2002 г., с помощью информационной системы (ИС) «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил (VolSatView)» – с 2014 г. Работа ИС VolSatView обеспечивается с использованием ресурсов, предоставленных: ИВиС ДВО РАН; Дальневосточным центром НИЦ «Планета»; Центром коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Институт космических исследований РАН, тема «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8); ЦКП «Центр данных ДВО РАН» (Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН) [2, 6-9]. В ИС VolSatView для мониторинга вулканов имеются оперативно обновляемые данные спутниковых систем: Terra и Aqua, Suomi NPP и JPSS-1/2, Метеор-М № 2, Himawari-8/9 и др. [2, 7]. Сбор данных, их обработка и выпуск KVERT-сообщений выполняются в ИС KVERT [2].

Пароксизмальные извержения вулкана в 2025 г.

Предыдущее пароксизмальное извержение вулкана наблюдалось 24 июля 2024 г. [3]. Выжимание лавовых потоков на склоны купола вулкана отмечалось вплоть до начала февраля 2025 г.: величина Разности Температуры термальной Аномалии и Фона (РТАФ) [7] постоянно была выше 25 °С (рисунок). Отметим, что фоном термальной активности вулкана является РТАФ 20 °С [7].

С 6 февраля эффузивная активность вулкана усилилась, начали отмечаться обрушения раскаленных лавин с купола вулкана, 20 февраля величина РТАФ достигала 107.9 °С, все это указывало на подготовку сильного эксплозивного извержения вулкана. Активность вулкана существенно повысилась 11 апреля: в течение недели непрерывно на восточный склон купола обрушивались раскаленные лавины, пепел от которых поднимался до 4 км н.у.м., пепловый шлейф протягивался до 90 км в различных направлениях от вулкана (<http://kvert.febras.net/van/?n=2025-17>). В 01:45 UTC 23 апреля

был отмечен вынос пепла до 9 км н.у.м., пепловое облако перемещалось на северо-запад от вулкана [4].

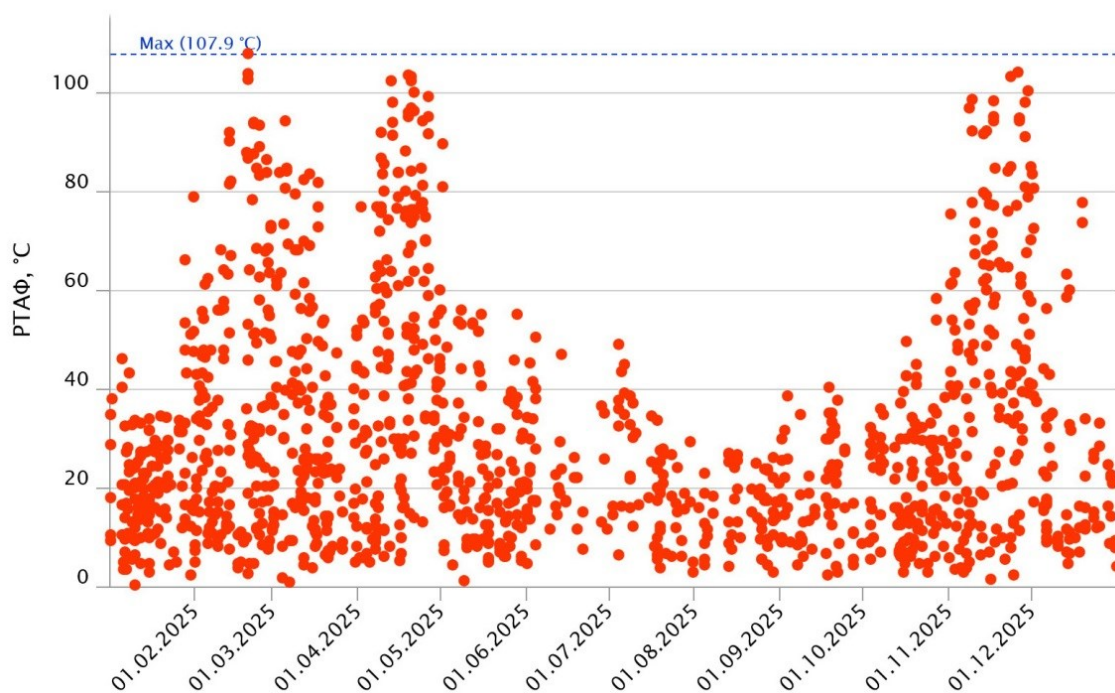


Рисунок. Величина РТАФ в районе кратера вулкана Безымянный в 2025 г. по спутниковым данным из ИС VolSatView.

Пароксизмальная фаза эксплозивного извержения началась в 23:10 UTC 23 апреля и закончилась в 03:00 UTC 24 апреля (<http://kvert.febras.net/van/?n=2025-24>) [4]. Согласно спутниковым данным, эруптивное облако поднялось до 13 км н.у.м. Площадь облака за 40 мин. увеличилась в 5 раз: с 676 км² до 3310 км², приращение площади облака составило в среднем 66 км²/мин. Пепловое облако перемещалось более чем на 900 км на юго-запад и юг от вулкана 23-25 апреля. В поселках Атласово, Лазо, Мильково прошли пеплопады, мощность пепла не превышала 1 мм. Основная площадь территории, над которой 20-25 апреля отмечались пепловые облака вулкана Безымянный, составляла более 176 тыс. км², в том числе на суше более 101.4 тыс. км² [4]. Следует отметить, что вследствие высокой циклонической активности в районе южной Камчатки, пепловое облако было развернуто и прошло над гг. Петропавловск-Камчатский и Елизово, там были отмечены слабые пеплопады. В долинах Восточная и Южная на склонах вулкана были сформированы отложения пирокластических потоков длиной 11.5 км и площадью 12.5 км² [4]. После окончания эксплозий эффузивное извержение вулкана продолжалось в течение нескольких месяцев, оно сопровождалось паргазовой деятельностью и обрушениями небольших раскаленных лавин. Термальная активность вулкана оставалась выше фона.

Следующее усиление деятельности вулкана наблюдалось 24-26 ноября: активно выжимался лавовый поток на склон купола, с этим было связано повышение термальной активности вулкана: величина РТАФ достигала 104 °С. На склоны вулкана обрушивались раскаленные лавины, пепел от которых поднимался до 5-6 км н.у.м., пепловые облака перемещались до 100 км на запад и юго-запад (24 ноября) и восток (25-26 ноября) от вулкана.

Пароксизмальная фаза эксплозивного извержения началась в 03:35 UTC 26 ноября с выносом пепла до 12 км н.у.м. (<http://kvert.febras.net/van/?n=2025-143>). Площадь облака за 1 ч. увеличилась в 7 раз: с 448.7 км² до 4459.7 км², приращение площади облака составило в среднем 54 км²/мин. Пепловые облака перемещались на расстояние более 2300 км на восток от вулкана 26-27 ноября. Величина РТАФ

превышала 94 °С (рисунок). По спутниковым данным (Landsat-8, 00:21 UTC 29 ноября 2025 г.), длина отложений пирокластического потока составила 5 км, площадь – 4 км², площадь лавового потока – 0.5 км². Основная площадь территории, над которой 25-27 ноября отмечались пепловые облака вулкана, превышала 492 тыс. км², в том числе на суше более 15.2 тыс. км². После эксплозивных событий эффузивное извержение вулкана продолжалось в течение нескольких месяцев, оно сопровождалось парогазовой деятельностью и обрушениями небольших раскаленных лавин. Термальность вулкана оставалась выше фона.

Пароксизмальные извержения вулкана были опасными для международных и местных авиаперевозок. Вулканический эксплозивный индекс (VEI – Volcanic Explosivity Index) каждого из извержений составлял 2.

Состав тефры извержений вулкана Безымянный в 2025 г.

Тефра вулкана сразу после апрельского извержения была отобрана в пп. Атласово (72.3 км от вулкана) и Лазо (71.5 км от вулкана), пеплопад в которых, согласно спутниковым данным из ИС VolSatView, продолжался около 3.5 ч. (с 00:30 по 04:00 UTC 24 апреля). Количество пепла в п. Атласово составило 54.97 г/м², в п. Лазо – 39.38 г/м²; распределение количества частиц по фракциям примерно одинаковое – преобладали пепловые частицы размером >0.064 мм (соответственно, 69 и 67 %), частиц крупнее 0.5 мм не отмечено.

После осеннего извержения тефра была отобрана 28 ноября в 40 км на северо-восток от вулкана примерно на оси распространения эруптивного облака. Следует отметить, что во время подготовки пароксизмального события 26 ноября в том же направлении непрерывно перемещались пепловые облака, связанные с обрушениями раскаленных лавин с лавового купола вулкана. Согласно спутниковым данным, пеплопад в точке отбора пробы тефры продолжался около 10 ч. (с 01:00 по 11:00 UTC 26 ноября), количество тефры составило 1624 г/м². Смешение глубинного материала и продуктов разрушения лавовых потоков во время обрушения раскаленных лавин с купола обусловило крупнозернистость пепла: хотя преобладали пепловые частицы <0.071 мм (50 %) и отсутствовали частицы размером >0.25 мм, достаточно много было частиц размером 0.25-0.125 мм (26 %).

Частицы пепла обоих извержений представлены обломками минералов плагиоклаза (с некоторым его преобладанием), пироксена, роговой обманки и их сростков, обломками свежих и окисленных андезитов.

По химическому составу тефра относится к андезитам нормальной щелочности с повышенным содержанием оксидов титана и кальция и пониженным содержанием оксида магния (таблица).

Таблица. Химический состав тефры извержений вулкана Безымянный в 2025 г.

мас. %	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Л-04	60.38	0.81	17.80	2.21	4.21	0.13	6.67	2.31	3.87	1.42	0.19
А-04	60.22	0.81	17.94	2.09	4.30	0.12	6.75	2.42	3.74	1.42	0.19
Б-11	57.58	0.81	18.43	3.40	4.06	0.13	7.90	2.64	3.55	1.34	0.16

Примечание. Тефра отобрана после извержения в апреле 2025 г. в п. Лазо (Л-04) и п. Атласово (А-04); после извержения в ноябре 2025 г. в 40 км на северо-восток от влк. Безымянный (Б-11). Состав пород приведен в пересчете на 100 мас. %.

Хотя представлены образцы тефры дальнего разноса, их гранулометрический и химический составы указывают на достаточно крупный материал, перенесенный от вулкана во время извержений. Доля собственно ювенильного вещества в этом

материале небольшая. На это указывает также состав водной вытяжки из пепла ноябрьского извержения: высокая минерализация (333.7 мг/л), большое содержание анионов Cl^- (116.3 мг/л) и SO_4^{2-} (98.8 мг/л) и катионов Na^+ (25.9 мг/л) и Ca^{2+} (61.4 мг/л). Повышенное количество натрия и кальция связано с преобладанием в тefре плагиоклазов, из которых поступают эти элементы. Заметные количества магния, алюминия, железа и фторид-иона обусловлены присутствием роговой обманки и пироксенов, из которых вышеуказанные элементы выщелачиваются под действием вулканических газов.

Обычно содержание SiO_2 в ювенильной тefре дальнего разноса превышает 60-62 мас. %, количество частиц с диаметром <0.064 мм достигает 80 %. Следовательно, во время эксплозивных извержений вулкана в 2025 г. преимущественно разрушался лавовый купол и покрывающие его лавовые потоки, доля ювенильного вещества была относительно мала.

Работа выполнена в рамках темы ИВиС ДВО РАН «Комплексный мониторинг активных вулканов Камчатки и Курильских островов наземными и дистанционными методами: изучение, оценка опасности, прогноз извержений вулканов. Геологический, энергетический, экологический эффекты извержений вулканов; анализ динамики вулканогенного процесса средствами геоинформационных технологий; моделирование механизмов извержений» (госрегистрация № 124031400008-3).

Анализ пород произведен с использованием ресурсов Центра коллективного пользования «Камчатский центр элементного, минерального, изотопного анализа».

Список литературы

1. *Гирина О.А.* Современная активность вулканов Северной группы Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2024. 300 с.
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., Маневич А.Г., Мельников Д.В. и др.* Дистанционный мониторинг эксплозивного извержения вулкана Безымянный 24 июля 2024 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Вып. 21. № 6. С. 389-397. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2024-21-6-389-397>
4. *Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г. и др.* Дистанционный мониторинг извержения вулкана Безымянный 23-24 апреля 2025 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Материалы 23-ей Международной конференции, 10-14 ноября 2025 г. Москва: ИКИ РАН, 2025. С. 318. <https://doi.org/10.21046/23DZZconf-2025a>
5. *Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е.* Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения (1955-1963 гг.) / Отв. ред. Б.И. Пийп. М.: Наука, 1965. 171 с.
6. *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>
7. *Girina O.A., Manevich A.G., Loupian E.A. et al.* Monitoring the thermal activity of Kamchatkan volcanoes during 2015–2022 using remote sensing // Remote Sensing. 2023. V. 15. Is. 19. Art. 4775. <https://doi.org/10.3390/rs15194775>
8. *Lupyuan 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>
9. *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>