



Зонирование воздействия вулкана Эбеко (Курильские острова) на прилегающие земли по данным материалов аэрокосмических съемок

В.А. Мелкий¹✉, А.А. Верхотуров¹, В.В. Братков²

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии,
Москва, Россия

✉ vamelkiy@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. Зонирование воздействия вулкана Эбеко (Курильские острова) на прилегающие земли по данным материалов аэрокосмических съемок // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2024. Т. 68. № 1. С. 21–32. DOI:10.30533/GiA-2024-002.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА мониторинг земель, аэрокосмические исследования Земли, вулканическая опасность, геоинформационные технологии, тематическое картографирование, вулканогенные отложения

АННОТАЦИЯ Цель работы — выявление характера изменения земель, окружающих вулканическую постройку Эбеко в результате негативного воздействия характерных опасных процессов. В статье приведены данные, полученные в ходе исследования распространения вулканогенных отложений на территории, прилегающей к эруптивному центру, и картографические материалы, полученные на основе дешифрирования космических снимков и цифровой аэрофотосъемки (ЦАФС). В работе использовались материалы полевых исследований вулканогенных отложений, космические снимки, данные ЦАФС. Составление и оформление картографических материалов выполнялось с применением ГИС¹-технологий и компьютерных методов анализа. Дешифрирование материалов космических съемок и ЦАФС, а также анализ информации об изменениях состояния вулкана Эбеко позволили выделить подзоны вулканического воздействия на земли, расположенные на склонах вулканической постройки и вблизи нее. Проверка достоверности выполнена при проведении полевых экспедиционных исследований. Результаты дешифрирования аэрокосмических снимков позволили

¹ ГИС — геоинформационная система.

на основе определения пространственного распределения отложений определенной размерности выявить подзоны сильного, среднего и слабого воздействия на земли, расположенные вокруг вулканической постройки Эбеко, и составить карту вулканоопасности.

1 Введение

Ведение земельного кадастра и мониторинга земель осуществляется в соответствии с Земельным кодексом РФ. По целевому назначению земли разделены на семь категорий, которые классифицированы эмпирически с учетом сложившегося земле- и природопользования, принципов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Статьей 67 Земельного кодекса РФ установлена необходимость осуществления государственного мониторинга земель², представляющего собой систему наблюдения за использованием и состоянием земель. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли в РФ независимо от форм собственности, их целевого назначения и разрешенного использования [1], в том числе земли в зонах вулканического воздействия. Темпы использования земель человечеством в настоящее время резко возросли и требуют разработки новых научно обоснованных подходов к организации их использования в рамках концепции устойчивого развития [2].

Вулканические извержения сопровождаются множеством различных опасностей. Земли, расположенные вокруг вулканов, подвержены риску воздействия вулканогенных продуктов. Население, ведущее здесь какую-либо деятельность, должно быть осведомлено о характере возможной опасности, чтобы быть готовым к реагированию. Земли, окружающие вулканы, следует различать по степени опасности возможного воздействия на них и заносить соответствующую информацию об обременениях в зоне с особыми условиями использования территории в Единый государственный реестр недвижимости.

Объектом для исследования послужил вулкан Эбеко, деятельность которого характерна для эксплозивных вулканов. На склонах вулкана вследствие извержений скапливаются разнообразные отложения, представленные вулканогенными породами, вынесенными на поверхность в результате эксплозивной и фреатической деятельности. Перемещение по склонам конуса вулканической постройки обломков вулканогенного материала³, разброс тефры, эмиссия и распространение газовой-пепловых облаков представляют опасность различной степени для людей и строений, располагающихся на пути их движения [3–5].

Вулкан Эбеко (№ 290380 в каталоге Volcanoes of the World⁴) расположен в северо-восточной части острова Парамушир Большой Курильской гряды. Группа эруптивных конусов — Северный, Средний и Южный кратеры — локализована в объединенной привершинной впадине вдоль крупной разломной зоны северо-северо-восточного простирания. Периоды проявлений эруптивной активности на вулкане Эбеко зафиксированы и подтверждены в голоцене 20 раз⁵. Извержения, датируемые XVII–XX веками, характеризовались как небольшие или умеренные взрывы из вершинного кратера (VEI 1–2), сопровождавшиеся

2 Земельный Кодекс Российской Федерации (с изменениями на 4 августа 2023 г.) от 1 июля 2021 г. № 276-ФЗ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/744100004?ysclid=lm2v5gfc3m726877926> (дата обращения: 15.11.2023).

3 Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Мелкий В.А., Вазарханов И.С. Геоэкология: учебник. М.: КноРус, 2021. 282 с.

4 Siebert L., Simkin T.S., Kimberly P., Volcanoes of the World: a regional directory, gazetteer, and chronology of volcanism during the last 10,000 years, 3rd edition. Berkeley, CA: University of California Press; 2010. 551 p.

5 Ebeko (290380) // Volcanoes of the World (v. 5.1.3; 13 Oct 2023). Distributed by Smithsonian Institution, compiled by E. Venzke. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=290380> (дата обращения: 15.11.2023).

интенсивной fumarольной активностью. Fumarольная деятельность наблюдается в вершинных кратерах, на внешних склонах конуса и в боковых кратерах Незаметном и Неожиданном, расположенных юго-восточнее привершинной впадины. Извержение, во время которого проводились полевые экспедиционные исследования, охватывает период с июня 2022 по ноябрь 2023 года и представляет повышение термальной активности и периодические выбросы эруптивной колонны, сопровождаемые распространением шлейфов пепла.

2 Материалы и методы

В основу настоящего исследования положен анализ космических снимков, полученных со спутников семейства Landsat, Sentinel-2 и Канопус-В. Источниками материалов послужили интернет-ресурсы US Geological Survey, а также снимки, предоставленные Научным центром оперативного мониторинга Земли, и др.⁶

На район исследования отбирались космические снимки со спутников Landsat с минимальной площадью снежного покрова и низким покрытием облаками (табл. 1).

Дополнительным источником послужили снимки со спутников Sentinel-2, Канопус-В (табл. 2), а также материалы цифровой аэрофотосъемки.

Таблица 1 ➔

Параметры сцен Landsat района вулкана Эбеко

Table 1

Parameters of the Landsat scenes of the Ebeko Volcano area

Спутник / сканер	Идентификатор сцены	Разрешение, м	Дата съемки	Облачность района интереса, %
Landsat 1 / MSS	108025	80	08.09.1972	55,33
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	20.09.2000	11,21
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	21.07.2001	0,18
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	29.09.2003	6,40
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	30.08.2004	11,70
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	08.09.2007	10,22
Landsat 5 / TM	100025	30	03.07.2009	0,03
Landsat 5 / TM	100025	30	25.07.2009	0,00
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	02.08.2011	0,00
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	05.09.2012	0,18
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	23.08.2013	0,00
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	11.09.2014	0,00
Landsat 7 / ETM+	100025	15–30	13.08.2015	1,53
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	06.07.2016	0,00
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	22.07.2016	7,16
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	14.09.2018	1,04
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	17.07.2020	10,82
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	05.08.2021	23,87
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	09.09.2022	46,32
Landsat 8 / OLI	100025	15–30	26.07.2023	55,33

⁶ Landsat Missions // United States Geological Survey (USGS). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-satellite-missions> (дата обращения: 01.11.2023); Научный центр оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ntsomz.ru/o-tsentre/> (дата обращения: 15.11.2023).

Таблица 2 
 Параметры сцен Sentinel-2 и
 Канопус-В района вулкана Эбеко

Table 2
 Parameters of the Sentinel-2 and
 Kanopus-V scenes of the Ebeko
 Volcano area

Спутник / сканер	Идентификатор сцены	Разрешение, м	Дата съемки
Sentinel-2 / MSI	003559	10–60	09.10.2018
Sentinel-2 / MSI	004639	10–60	05.06.2018
Канопус-В	32768_32767	2,5–12	14.06.2023

Методологической базой для выявления на снимках вулканогенных отложений, накапливающихся в результате определенных процессов, являются теоретические и методические работы ученых, изучавших эксплозивную деятельность вулкана Эбеко⁷ [6, 7]. При дешифрировании спутниковых изображений и дальнейшем геоинформационном моделировании применялись хорошо зарекомендовавшие себя методики в области дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли [8–12].

Трансформация растительного покрова изучалась посредством анализа временного ряда нормализованного относительного индекса растительности (англ. — «Normalized Difference Vegetation Index», NDVI). Предварительно исходные данные подверглись процедуре атмосферной коррекции.

3 Результаты и обсуждение

3.1 Вулканическая деятельность Эбеко

Фундамент субконтинентального или континентального типа, как правило, имеет различную проницаемость земной коры, сложен горными породами известково-щелочных серий. Широкий ряд магматитов от базальтов до риолитов, где большую часть занимают андезиты⁸, обеспечивает значительное разнообразие проявлений вулканической активности⁹. Для вулканов островных дуг, где промежуточные магматические очаги расположены между коровыми блоками¹⁰, характерны проявления вулканической деятельности эксплозивно-фреатического подтипа.

Эксплозивная деятельность характеризуется различной интенсивностью [13], которая определяется индексом вулканической эксплозивности (англ. — «Volcanic Explosivity Index», VEI)¹¹. Такого рода деятельность хорошо изучена во время Большого трещинного Толбачинского извержения [14], при котором наблюдались проявления с VEI = 4. Эксплозивные выбросы вулканов уверенно распознаются даже на космических снимках с низким разрешением

- 7 Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.; Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 1 // Вулканология и сейсмология. 1993. № 3. С. 69–81; Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2 // Вулканология и сейсмология. 1993. № 4. С. 24–41.
- 8 Сергеев К.Ф. Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 240 с.
- 9 Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 150 с.
- 10 Melkiy V.A., Osipenko A.B., Rostovtseva Yu.V. A Model of the Earth's Crust Evolution in the Pacific-Type Island Arcs Based on Study of the Fe-Ti-Oxides. Abstracts European Union of Geosciences. EUG 9. Strasbourg, France, 23–27 March 1997. Abstract Supplement. No. 1. Strasbourg: Terra Nova 9, 1997. 52/1P14. P. 475.
- 11 King H.M. Volcanic Explosivity // Geology.com. Geoscience News and Information; 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geology.com/stories/13/volcanic-explosivity-index/> (дата обращения: 15.11.2023).

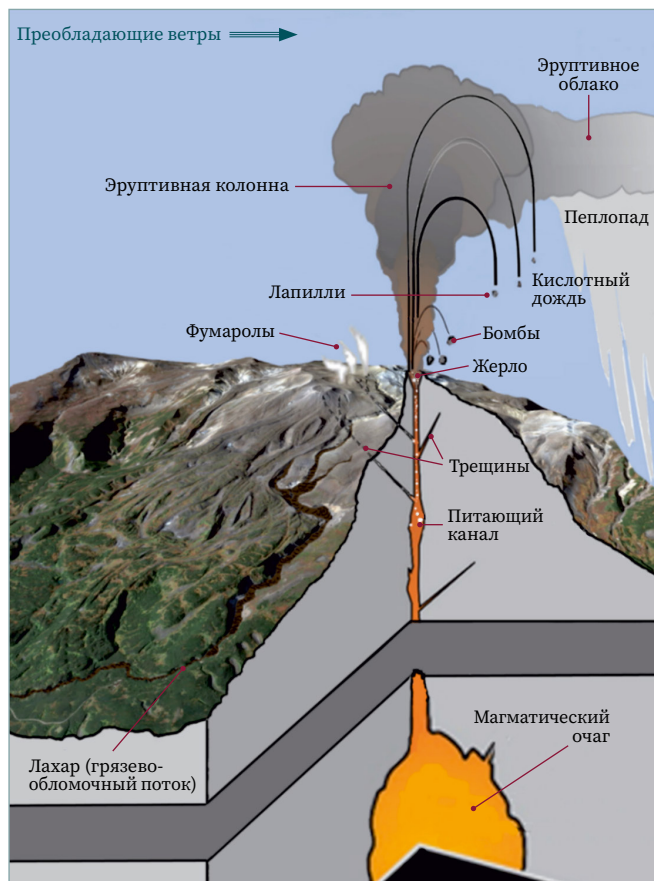


Рис. 1

Вулканическая деятельность Эбеко и связанные с ней опасности

Fig. 1

Ebeko volcanic activity and related hazards

изображений, полученных с метеорологических геостационарных спутников. Использование материалов с космических аппаратов Meteosat, NOAA, JMA не единожды позволяло фиксировать эксплозии вулканов в удаленных и малонаселенных районах. Совершенно очевидно, что использование такого рода информации имеет большое значение при осуществлении мониторинга вулканопасности.

Во время взрывов происходят эксплозивные выбросы эруптивных колонн. Газово-тефровые колонны выбрасываются над жерлом вулкана на высоту до нескольких километров (рис. 1¹²). Крупные обломки выпадают из эруптивной колонны вблизи от центра взрыва. Более мелкие частицы вулканического пепла, выброшенные на большую высоту, могут переноситься воздушными потоками на сотни и тысячи километров от вулкана, покрывая при выпадении огромные площади земель. Основную опасность при эксплозивных извержениях представляют обломки тефры различной размерности. Извержения с VEI = 1,2 представляют опасность только в нескольких километрах от вулкана, более крупные извержения могут представлять опасность на удалении в десятки километров¹³.

При взрывах 5–6 и 8–9 августа 2023 года выброшены газо-тефровые колонны, которые поднялись на высоту 3,5 км над уровнем моря (рис. 2) и распространялись в южном и юго-восточном направлениях на 10–12 км. Тефра, выброшенная в результате взрывного дробления магматического материала андезитового состава из жерла, представлена бомбами (до 0,5 м), лапили и пепловым материалом размером до 2 мм.

Облака пепла, унесенные ветром, могут представлять опасность для самолетов на удалении в несколько тысяч километров от места извержения. Вулканический пепел при массовом выпадении представляет опасность для дорожного движения, линий электропередач, а крупные пепловые частицы и лапили повреждают промышленное



Рис. 2

Эруптивная газо-тефровая колонна, выброшенная вулканом Эбеко 8 августа 2023 года. (Фото А.А. Верхотурова и В.В. Браткова)

Fig. 2

An eruptive tephra-gas column ejected by the Ebeko volcano on August 08, 2023. (Photo by A.A. Verkhoturov and V.V. Bratkov)

12 Рисунок заимствован из Myers B., Brantley S.R., Stauffer P., Hendley J.W.II. What are volcano hazards? (revised March 2008): U.S. Geological Survey Fact Sheet 002–97, 1997. 2 p. DOI:10.3133/fs00297 (<https://pubs.usgs.gov/publication/fs00297>); Stovall W.K., Driedger C.L., Westby E.G., Faust L.M. (eds). Hendley J.W.II. Living With Volcano Hazards: U.S. Geological Survey. Fact Sheet 2018–3075, 2016. 6 p. DOI:10.3133/fs20183075 (с изменениями).

13 Waythomas C.F., Power J.A., Richter D.H., McGimsey R.G. Preliminary volcano-hazard assessment for Akutan Volcano east-central Aleutian Islands, Alaska // U.S. Geological Survey Open-File Report 98–360. 1998. DOI:10.3133/ofr98360.

оборудование, лесные и сельскохозяйственные культуры, затрудняют течение воды в естественных и искусственных водотоках. Зерна тефры различного размера и химического состава могут оказывать негативное воздействие на объекты недвижимости, здоровье людей и животных.

На склонах вулкана Эбеко в процессе извержений 2018–2020 и 2022–2023 годов скопилось относительно небольшое количество пепла [15, 16]. Выпавший при извержениях пирокластический материал, попадая в русла рек, а также расплавляя снежный или ледовый покров, насыщается водой. Разжиженная пирокластика периодически устремляется вниз по долинам, образуя лахары, которые могут опустошить земли на расстоянии до 100 км и более вниз по течению от некоторых вулканов. Большинство лахаров быстро перемещается вниз по склонам вулкана в виде русловых потоков по долинам рек, стекающих с вулканической постройки. Скорость течения в некоторых лахарах может достигать 20–40 м/с, а концентрация твердого стока >750 тыс. частей на 1 млн не является редкостью¹⁴ [17]. Так, водно-грязево-обломочная масса лахаров на склонах вулкана Эбеко 4 сентября 2017 года была представлена механической смесью плотностью 1100–1600 кг/м³. В движение вовлекались песок, гравий, галечник и валуны размером до 2 м в диаметре. Объем отложений в зоне аккумуляции на р. Кузьминке составил 63 тыс. м³ и р. Матросской — 110 тыс. м³ [18].

3.2 Зонирование земель по степени воздействия вулкана Эбеко

Для дешифрирования космических снимков с целью выявления состояния растительного покрова использовался программный комплекс QGIS, с помощью которого выделены контуры поверхностей, покрытых различными отложениями. Максимально прогнозируемая мощность пеплопадов в Северо-Курильске даже в случае сильного извержения вулкана составит менее 5 см [6]. Растительный покров в привершинной части склонов вулкана Эбеко испытывает постоянное негативное воздействие пеплопадов и кислотных осадков. В этой подзоне наблюдается частичное или полное отсутствие растительности, о чем свидетельствуют низкие значения NDVI [19, 20]. Анализ космических снимков позволил выделить районы, где почвенно-растительный покров испытывает накопительный негативный эффект от частых пеплопадов ($NDVI < 0,4$).

На составленной карте зонирования вулканоопасности выделены подзоны сильного, умеренного и слабого воздействия на земли, расположенные на склонах вулкана и его окрестностях. Сильное воздействие на людей и строения, расположенные на склонах вулкана Эбеко, могут оказывать сход лахаров и выпадение из эруптивной колонны вулканических бомб размером более 2 см. В подзоне среднего воздействия возможна хозяйственная деятельность исключительно при соблюдении рекомендаций и принятии мер, позволяющих обеспечить безопасную эксплуатацию зданий и машин. Основными поражающими факторами в этой подзоне являются лахары, выходы из русловых врезов водно-грязево-обломочных потоков, а также прилет бомб и резургентного материала щебеночного размера. В подзоне слабой опасности угрозу безопасности людей и сооружений может представлять только воздействие лахаров в случае очень сильных извержений, а также прохождения водно-грязевых потоков.

Анализ пространственного распространения и интенсивности вулканических процессов позволил выполнить зонирование территории с выделением подзон (рис. 3):

- сильного воздействия, к которой относится территория в радиусе 1 км вокруг активного эруптивного центра вулкана Эбеко, где могут выпадать наибольший слой тефры и обломки более 0,2 м в диаметре, а также

¹⁴ Schmincke H.-U. Volcanism. Heidelberg: Springer-Verlag; 2004. 324 p.

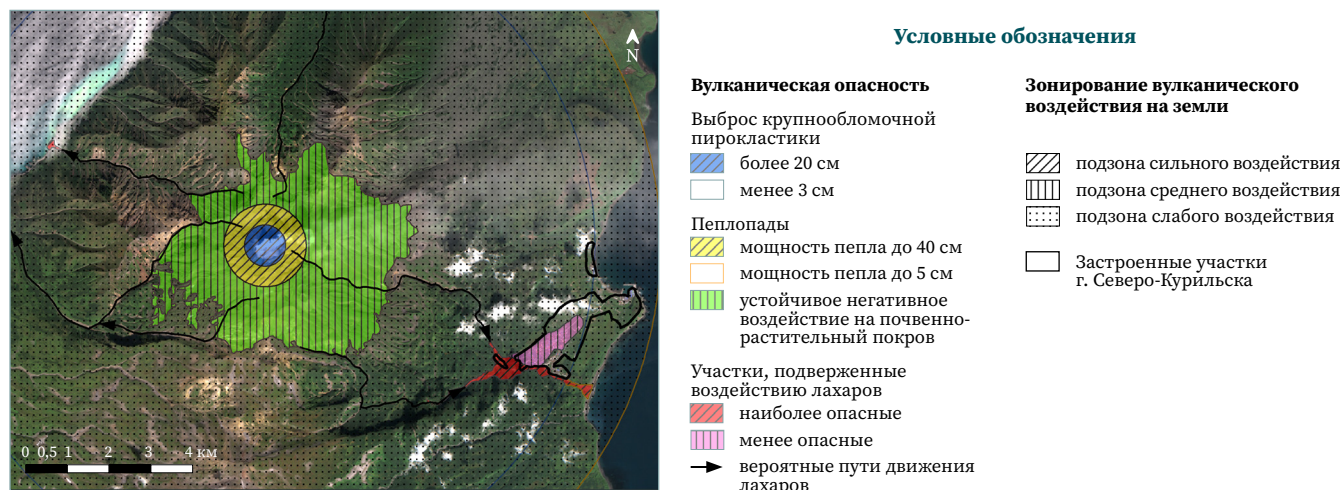


Рис. 3
Карта зонирования земель в зависимости от вулканических процессов Эбеко

Fig. 3
Land zoning map by the effects of Ebeko volcanic processes

- проходят пути схода лахаров и располагаются наиболее вероятные места аккумуляции материала;
- среднего воздействия, к которой отнесены участки с меньшей вероятностью прохождения лахаров и районы на склонах, где почвенно-растительный покров испытывает накопительный негативный эффект от регулярных пеплопадов;
- слабого воздействия, которая включает районы, не вошедшие в вышеотмеченные подзоны, в радиусе до 10 км от кратера вулкана Эбеко.

4 Выводы

Выявлены подзоны сильного, среднего и слабого воздействия на земли, расположенные вокруг вулканической постройки Эбеко, и составлена карта зонирования территории. Карта зонирования иллюстрирует потенциальные вулканические воздействия на земли, окружающие вулканический эруптивный центр: выпадение крупных обломков при обрушении эруптивной колонны, распространение вулканических газов. На большее расстояние выносятся главным образом лахары, сбегаящие по долинам рек, расположенных на склонах вулканической постройки.

БЛАГОДАРНОСТИ


Исследование выполнено при поддержке гранта Правительства Сахалинской области в форме субсидии молодым ученым на реализацию научно-исследовательского проекта (Постановление ПСО № 486 от 27.10.2022), выданного Министерством цифрового и технологического развития Сахалинской области.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Креймер М.А., Трубина Л.К. Некоторые аспекты интеграции кадастра и геоэкологии в управлении землепользованием // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2009. № 5. С. 26–29.
- Карпик А.П., Жарников В.Б. О концепциях и закономерностях развития землеустройства, кадастра и мониторинга земель // Вестник СГУТиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий), 2019. Т. 24. № 3. С. 141–157. DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157.
- Belfiore O.R., D'Allestro P., Parente C. GIS Application To Map Volcanic Risk In Vesuvian Area // IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics. 2014. Vol. 2. P. 40–45.
- Wilson G., Wilson T., Deligne N., et al. Framework for developing volcanic fragility and vulnerability functions for critical infrastructure // Journal of Applied Volcanology. 2017. Vol. 6. No. 14. DOI:10.1186/s13617-017-0065-6/.
- Лаверов Н.П., Добрецов Н.Л., Богатииков О.А. и др. Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Н.П. Лаверов. М.: Наука, 2005. 604 с.

6. Belousov A., Belousova M., Auer A., et al. Mechanism of the historical and the ongoing Vulcanian eruptions of Ebeko volcano, Northern Kuriles // *Bulletin of Volcanology*. 2021. Vol. 83. No. 4. DOI:10.1007/s00445-020-01426-z.
7. Kotenko T.A., Smirnov S.Z., Timina T.Y. The 2022 Activity of Ebeko Volcano: The Mechanism and Ejecta // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2023. Vol. 17. P. 259–277. DOI:10.1134/S0742046323700264/.
8. Хренов А.П. Исследование активных вулканов методами дистанционного зондирования // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т. 8. № 2. С. 166–178.
9. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Космический метод прогноза землетрясений на основе анализа динамики систем линеаментов // *Исследования Земли из космоса*. 2005. № 3. С. 37–52.
10. Хренов А.П., Ярмолюк В.В. Мониторинг природных катастроф — извержений и землетрясений — методами дистанционного зондирования и минимизация их последствий // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2012. Т. 9. № 3. С. 246–256.
11. Хатиб А., Малинников В.А. Интеграция результатов независимых классификаций разновременных материалов космической съемки для повышения достоверности выявления изменения объектов земной поверхности // *Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»*. 2021. Т. 65. № 2. С. 175–183. DOI:10.30533/0536-101X-2021-65-2-175-183.
12. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Технология комплексного мониторинга состояния земель и динамики природных процессов в Сахалинской области // *Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС»*. 2017. Т. 23. С. 178–194. DOI:10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194.
13. Newhall C.G., Self S., Robock A. Anticipating future Volcanic Explosivity Index (VEI) 7 eruptions and their chilling impacts // *Geosphere*. 2018. Vol. 14. P. 572–603.
14. Gordeev E.I., Muravyev Ya.D., Samoilenko S.B., et al. First results from the 2012–2013 Tolbachik fissure Eruption // *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*. 2013. Vol. 58. No. 2. P. 1–8.
15. Деттерев А.В., Чибисова М.В. Вулканическая активность на Курильских островах в 2019 г. // *Геосистемы переходных зон*. 2020. Т. 4. № 1. С. 93–102. DOI:10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102.
16. Деттерев А.В., Чибисова М.В. Активизация вулкана Эбеко в мае — июле 2020 г. (о. Парамушир, Северные Курилы) // *Геосистемы переходных зон*. 2020. Т. 4. № 4. С. 500–505. DOI:10.30730/gtr.2020.4.4.500-505.
17. Blong R.J., Grasso P., Jenkins S.F., et al. Estimating building vulnerability to volcanic ash fall for insurance and other purposes. *Journal of Applied Volcanology*, 2017. 6(2). DOI:10.1186/s13617-017-0054-9.
18. Котенко Т.А., Котенко Л.В. Реальность угрозы схода лахаров на г. Северо-Курильск на примере селей 4 сентября 2017 г. в бассейнах рек Кузьминка и Матросская (о. Парамушир) // *Вулканизм и связанные с ним процессы: Материалы XXI региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 29–30 марта 2018 г. Петропавловск-Камчатский, 2018. С. 56–59.*
19. Верхотуров А.А., Мелкий В.А., Лобищева И.И. Использование космических снимков среднего разрешения для оценки воздействия вулканических эксплозий на экосистемы // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2020. Т. 4. № 1. С. 17–24. DOI:10.33764/2618-981X-2020-4-1-3-11.
20. Верхотуров А.А. Оценка пространственно-временной трансформации острова Матуа (Курильский архипелаг), обусловленной активностью вулкана Пик Сарычева // *Геодезия и картография*. 2023. № 6. С. 42–49. DOI:10.22389/0016-7126-2023-996-6-42-49.

АВТОРЫ Мелкий Вячеслав Анатольевич

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН),
 Южно-Сахалинск, Россия
 лаборатория вулканологии и вулканопасности
 д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник
 0000-0001-8919-8508

Верхотуров Алексей Александрович

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, (ИМГиГ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, Россия

лаборатория региональной геологии и геохимии

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

 0000-0002-3826-7339

Братков Виталий Викторович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра географии, картографический факультет

д-р геогр. наук

 0000-0001-5072-1859

Поступила 29.12.2023. Принята к публикации 22.02.2024. Опубликовано 28.02.2024.



Zoning of the impact of the Ebeko volcano (Kuril Islands) on adjacent lands by the materials of aerospace surveys

Vyacheslav A. Melkiy¹✉, Alexey A. Verkhoturov¹, Vitaliy V. Bratkov²

¹ Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ vamelkiy@mail.ru

CITATION Melkiy VA, Verkhoturov AA, Bratkov VV. Zoning of the impact of the Ebeko volcano (Kuril Islands) on adjacent lands by the materials of aerospace surveys. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2024;68(1): 21–32. DOI:10.30533/GiA-2024-002.

KEYWORDS land monitoring, aerospace exploration of the Earth, volcanic hazard, geoinformation technologies, thematic mapping, volcanic deposits

ABSTRACT The goal of the study is to identify nature of land changes as a result activity of the Ebeko volcano. The article presents data from a study of the distribution of volcanic sedimentations. Field studies, satellite images and digital aerial photography data were used. The cartographic materials were created and analyzed using GIS technology. The analysis made it possible to identify subzones with volcanic impact on land. Confirmation of these conclusions was made during field expeditions. Lahar flows and large volcanic bombs of block and rubble size fall and rubble can have a significant impact on people and buildings. In the subzone of moderate impact, the main destructive factors are lahars emerging from channel incisions, as well as falling crushed stone bombs. In the zone of weak impact in the event of very strong eruptions is posed by coarse tephra, as well as mudflows. The results of decoding and interpretation of aerospace images made it possible, based on determining the spatial distribution of sediments of a certain dimension, to identify subzones of strong, medium and weak impact on the lands, located around the Ebeko volcanic edifice, and to draw up a volcanic hazard map.


ACKNOWLEDGEMENTS The research was performed with the support of a grant from the Government of the Sakhalin Region in the form of a grant to young scientists for the implementation of a research project (Resolution No. 486 dated 10/27/2022), issued by the Ministry of Digital and Technological Development of the Sakhalin Region.

REFERENCES


1. Kreymer MA, Trubina LK. Nekotorye aspekty integratsii kadastra I geoe'ko-logii v upravlenii zemlepol'zovaniem [Some aspects of the integration of cadastre and geoecology in land use management]. *Izvestiya Vuzov "Geodesy and aerophotosurveying"*, 2009; 53(5): 26–29. (In Russian).
2. Karpik AP, Zharnikov VB. About concepts and tendencies of development of land management, cadastre and land monitoring. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2019; 24(3): 141–157. (In Russian). DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157.
3. Belfiore O.R., D'Allestro P, Parente C. GIS Application To Map Volcanic Risk In Vesuvian Area. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*. 2014;2: 40–45.
4. Wilson G, Wilson T, Deligne N, et al. Framework for developing volcanic fragility and vulnerability functions for critical infrastructure. *Journal of Applied Volcanology*. 2017;6: 14. DOI:10.1186/s13617-017-0065-6.
5. Laverov NP, Dobretsov NL, Bogatikov OA, et al. Laverov NP (ed.) *Noveyyshiy i sovremennyy vulkanizm na territorii Rossii* [Modern and Holocene Volcanism in Russia]. Moscow: Nauka; 2005. 604 p. (In Russian).
6. Belousov A, Belousova M, Auer A., et al. Mechanism of the historical and the ongoing Vulcanian eruptions of Ebeko volcano, Northern Kuriles. *Bulletin of Volcanology*. 2021;83: 4. DOI:10.1007/s00445-020-01426-z.
7. Kotenko TA, Smirnov SZ, Timina TY. The 2022 Activity of Ebeko Volcano: The Mechanism and Ejecta. *Journal of Volcanology and Seismology*. 2023;17: 259–277. DOI:0.1134/S0742046323700264.
8. Khrenov AP. Active volcanoes monitoring by remote sensing methods. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2011;8(2): 166–178. (In Russian).
9. Bondur VG, Zverev AT. Kosmicheskiy metod prognoza zemletreseniy na osnove analiza dinamiki sistem lineamentov [A method of earthquake forecast based on the lineament dynamic analysis using satellite imagery]. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*. 2005;3: 37–52. (In Russian).
10. Khrenov AP, Yarmolyuk VV. Monitoring prirodnykh katastrof — izverzheniy I zemletreseniy — metodami distantsionnogo zondirovaniya I minimizatsiya ikh posledstviy [Remote sensing for hazardous eruption and earthquake monitoring and reducing the risks of environmental impact]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012;9(3): 246–256. (In Russian).
11. Khatib A, Malinnikov VA. Collecting results of independent classifications of space survey multi-temporal materials to improve the reliability of detecting changes of the Earth's surface objects. *Izvestiya vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"*. 2021;65(2): 175–183. (In Russian). DOI:10.30533/0536-101X-2021-65-2-175-183.
12. Melkiy VA, Verkhuturov AA. Geoinformation and cartographic support for monitoring natural and technogenic processes based on atlas mapping in the Sakhalin region. *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"*. 2017;23: 178–194. (In Russian). DOI:10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194.
13. Newhall CG, Self S, Robock A. Anticipating future Volcanic Explosivity Index (VEI) 7 eruptions and their chilling impacts. *Geosphere*. 2018;14: 572–603.
14. Gordeev EI, Muravyev YaD, Samoilenko SB, et al. First results from the 2012–2013 Tolbachik fissure Eruption. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*. 2013;58(2): 1–8.
15. Degterev AV, Chibisova MV. The volcanic activity at the Kuril Islands in 2019. *Geosystems of Transition Zones*. 2020;4(1): 93–102. (In Russian). DOI:10.30730/2541-8912.2020.4.1.093-102.
16. Degterev AV, Chibisova MV. Activation of the Ebeko volcano in May — July, 2020 (Paramushir Island, Northern Kuril Islands). *Geosystems of Transition Zones*. 2020;4(4): 500–505. (In Russian). DOI:10.30730/gtr.2020.4.4.500-505.
17. Blong RJ, Grasso P, Jenkins SF, et al. Estimating building vulnerability to volcanic ash fall for insurance and other purposes. *Journal of Applied Volcanology*. 2017;6: 2. DOI:https://doi.org/10.1186/s13617-017-0054-9/.
18. Kotenko TA, Kotenko LV. Real'nost' ugrozy skhoda lakharov na g. Severo-Kuril'sk na primere seley 4 sentyabrya 2017 g. v basseynakh rek Kuz'minka i Matrosskaya (o. Paramushir) [The reality of the threat of lahars descending on the city of Severo-Kuril'sk using the example of mudflows on September 4, 2017 in the basins of the Kuzminka and Matrosskaya rivers (Paramushir Island)]. *Volcanism and related processes: Proceedings of the XXI regional*

- scientific conference, dedicated on the Volcanologist's Day, March 29–30, 2018*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2018: 56–59, (In Russian). kscnet.ru/ivs/publication/volc_day/2018/art13.pdf
19. Verkhoturov AA, Melkiy VA, Lobishcheva II. Using medium-resolution satellite images to assess impact of volcanic explosions on ecosystems. *Interexpo Geo-Siberia*. 2020;4(1): 3–11. (In Russian). DOI:10.33764/2618-981X-2020-4-1-3-11.
 20. Verkhoturov AA. Assessing spatial and temporal transformation of Matua Island territory caused by the activity of Sarychev Peak volcano. *Geodesy and cartography*. 2023;84(6): 42–49. (In Russian). DOI:10.22389/0016-7126-2023-996-6-42-49.


AUTHORS Vyacheslav A. Melkiy

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
 Laboratory of Volcanology and Volcano Hazard
 Dr. Sci. (Engineering)
 0000-0001-8919-8508

Alexey A. Verkhoturov

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
 Laboratory of Regional Geology and Geochemistry
 Ph.D. in Engineering
 0000-0002-3826-7339

Vitaliy V. Bratkov

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
 Department of Geography, Faculty of Cartography
 Dr. Sci. (Geography)
 0000-0001-5072-1859

Submitted: December 29, 2023. Accepted: February 22, 2024. Published: February 28, 2024.