

Крупномасштабное картографирование растительности Южно-Сахалинского грязевого вулкана и прилегающего ландшафта (о. Сахалин) по спутниковым данным

Кристина Александровна Швидская, <https://orcid.org/0000-0002-1380-3545>, kristina66689@mail.ru

Анна Владимировна Копанина, <https://orcid.org/0000-0001-5354-3584>, anna_kopanina@mail.ru

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

[Резюме PDF RUS](#)

[Abstract PDF ENG](#)

[Полный текст PDF RUS](#)

Резюме. Методы дистанционного зондирования Земли в связи с их оперативностью и информативностью широко используются для изучения динамики растительности и мониторинга вулканической активности. Цель работы – изучение динамики грязевулканического ландшафта и растительного покрова Южно-Сахалинского грязевого вулкана, а также его окрестностей при помощи данных дистанционного зондирования Земли. Общая площадь исследуемой территории – 11.5 км². Работа выполнена в программе QGIS 3.16 с использованием космического снимка спутника Sentinel-2B, снимков из программы Google Earth и графических карт-схем исследуемой территории, разработанных О.А. Мельниковым и В.В. Ершовым. Создана обновленная крупномасштабная карта-схема Южно-Сахалинского грязевого вулкана с отображением всех известных полей извержений вулкана за последние 70 лет, современного и потухшего эруптивных центров. Проведена полуавтоматическая классификация космического снимка спутника Sentinel-2B методами контролируемой и неконтролируемой классификации при помощи модуля Semi-Automatic Classification Plugin. По результатам двух типов классификации посчитаны площади классов растительности исследуемой территории и созданы две карты растительного покрова Южно-Сахалинского грязевого вулкана в масштабе 1 : 50 000 по состоянию на 2018 г. Карты нуждаются в уточнении, но уже могут быть использованы для анализа динамики растительного покрова исследуемой территории. Неконтролируемую классификацию, на наш взгляд, целесообразнее применять до проведения полевого обследования интересующей территории, а контролируемую – после. Спутниковый мониторинг Южно-Сахалинского грязевого вулкана позволяет оперативно отслеживать его активность, оценивать рекреационную нагрузку и изучать влияние деятельности вулкана на растительность и ландшафт в целом.

Ключевые слова

спутниковый мониторинг, космические снимки, грязевой вулкан, извержение, полуавтоматическая классификация, динамика восстановления растительности, природный стресс, грязевулканический ландшафт

Для цитирования: Швидская К.А., Копанина А.В. Крупномасштабное картографирование растительности Южно-Сахалинского грязевого вулкана и прилегающего ландшафта (о. Сахалин) по спутниковым данным. *Геосистемы переходных зон*, 2022, т. 6, № 3, с. 256–276. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.256-276>; <https://www.elibrary.ru/cxolys>

For citation: Shvidskaya K.A., Kopanina A.V. Large-scale mapping of the vegetation of the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano and the adjacent landscape (Sakhalin Island) using satellite data. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2022, vol. 6, no. 3, pp. 256–276. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.256-276>; <https://www.elibrary.ru/cxolys>

Список литературы

1. Шабанов Н.В., Барталев С.А., Ерошенко Ф.В., Плотников Д.Е. 2018. Развитие возможностей дистанционной оценки индекса листовой поверхности по данным MODIS. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 15(4): 166–178. <http://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-4-166-178>
2. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. 2018. Мониторинг вулканической активности на Курильских островах: 15 лет деятельности группы SVERT. *Геосистемы переходных зон*, 2(3): 259–266. <http://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266>
3. Верхотуров А.А. 2020. Анализ изменения состояния экосистем на острове Атласова (Курильские острова). *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*, 25(3): 139–150. <http://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-3-139-150>
4. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2021. Оценка воздействия эксплозивных извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские острова) на растительный покров по данным дистанционного зондирования Земли. *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*, 65(2): 184–193.

5. Teltscher K., Fassnacht F.E. **2018**. Using multispectral Landsat and Sentinel-2 satellite data to investigate vegetation change at Mount St. Helens since the great volcanic eruption in 1980. *J. of Mountain Science*, 15(9): 1851–1867. <http://doi.org/10.1007/s11629-018-4869-6>
6. Schutter A.D., Kervyn M., Canters F., Bosshard-Stadlin S.A., Songo M.A., Mattsson H.B. **2015**. Ash fall impact on vegetation: a remote sensing approach of the Oldoinyo Lengai 2007–08 eruption. *J. of Applied Volcanology*, 4(15): 1–18. <http://doi.org/10.1186/s13617-015-0032-z>
7. Мишурицкий Д.В., Ершов В.В., Жарков Р.В., Копанина А.В., Козлов Д.Н., Лебедева Е.В., Абдуллаева И.В., Власова И.И., Михалев Д.В. **2018**. Геолого-геоморфологические и ландшафтно-экологические особенности Пугачевского грязевого вулкана как основа для организации и информационного сопровождения туристического маршрута (остров Сахалин). *Геосистемы переходных зон*, 2(4): 398–408. <http://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.398-408>
8. Мишурицкий Д.В., Лебедева Е.В. **2020**. Геолого-геоморфологические особенности грязевого вулканизма о. Сахалин как основа познавательной рекреационной деятельности. В кн.: *Рельеф и природопользование: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием VIII Шукинские чтения, 28 сент. – 1 окт. 2020, Москва*. М.: МГУ, с. 453–460.
9. Лебедева Е.В., Мишурицкий Д.В. **2021**. Особенности строения и развития рельефа Южно-Сахалинского грязевого вулкана (о-в Сахалин). *Геоморфология*, 52(1): 75–85. <http://doi.org/10.31857/S0435428121010090>
10. Korznikov K.A. **2017**. Vegetation dynamics at two mud volcanoes of Sakhalin Island (Russia): comparison of chronosequences. *Botanica Pacifica*, 6(2): 13–20. <http://doi.org/10.17581/bp.2017.06203>
11. Иванов А.Ю., Матросова Е.Р., Кучейко А.Ю., Филимонова Н.А., Евтушенко Н.В., Терлеева Н.В., Либина Н.В. **2020**. Поиск и обнаружение естественных нефтепроявлений в морях России по данным космической радиолокационной съемки. *Исследование Земли из Космоса*, 5: 43–62. <http://doi.org/10.31857/S0205961420050061>
12. Skrypitsyna T.N., Florinsky I.V., Beloborodov D.E., Gaydalenok O.V. **2020**. Mud volcanism at the Taman Peninsula: multiscale analysis of remote sensing and morphometric data. *Remote Sensing*, 12(22): 3763. <http://doi.org/10.3390/rs12223763>
13. Лаврова О.Ю., Уваров И.А., Крашенинникова Ю.С. **2021**. Спутниковые наблюдения извержения грязевого вулкана на о. Дашлы в Каспийском море 4 июля 2021 г. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 18(3): 332–336. <http://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-3-332-336>
14. Santagata T. **2017**. Monitoring of the Nirano mud volcanoes Regional Natural Reserve (North Italy) using unmanned aerial vehicles and terrestrial laser scanning. *J. of Imaging*, 3(42). <http://doi.org/10.3390/jimaging3040042>
15. Beselly S.M., Wegen M., Grueters U., Reyns J., Dijkstra J., Roelvink D. **2021**. Eleven years of mangrove-mudflat dynamics on the mud-volcano-induced prograding delta in East Java, Indonesia: Integrating UAV and satellite imagery. *Remote Sensing*, 13(6): 1084. <http://doi.org/10.3390/rs13061084>
16. Brighenti F., Carnemolla F., Messina D., Guidi G.D. **2021**. UAV survey method to monitor and analyze geological hazards: the case study of the mud volcano of Villaggio Santa Barbara, Caltanissetta (Sicily). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21: 2881–2898. <http://doi.org/10.5194/nhess-21-2881-2021>
17. Lio K., Furuya M. **2018**. Surface deformation and source modeling of Ayaz-Akhtarma mud volcano, Azerbaijan, as detected by ALOS/ALOS-2 InSAR. *Progress in Earth and Planetary Science*, 5: 61. <http://doi.org/10.1186/s40645-018-0220-7>
18. Agustawijaya D.S., Karyadi K., Krisnayanti B.D., Sutanto S. **2017**. Rare earth element contents of the Lusi mud: An attempt to identify the environmental origin of the hot mudflow in East Java – Indonesia. *Open Geosciences*, 9: 689–706. <http://doi.org/10.1515/geo-2017-0052>
19. Mazzini A., Svensen H., Akhmanov G.G., Aloisi G., Planke S., Malthe-Sørenssen A., Istadi B. **2007**. Triggering and dynamics evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*, 261: 375–388. <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.001>
20. Мельников О.А., Ершов В.В. **2010**. Грязевой (газоводолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследования. *Вестник ДВО РАН*, 6: 87–93.
21. Ершов В.В. **2015**. Проблемы и методы геомониторинга и оценки опасности грязевулканической деятельности. В кн.: *Анализ, прогноз и управление рисками в современном мире: Материалы 9-й Междунар. науч.-практ. конф. «ГЕОРИСК–2015», 13–14 окт. 2015, Москва*. М.: РУДН, т. 2: 458–463.
22. Cyranoski D. **2007**. Indonesian eruption: muddy waters. *Nature*, 445: 812–815. <http://doi.org/10.1038/445812a>
23. Kopanina A.V., Shvidskaya K.A. **2021**. Possibility of using satellite-based monitoring for large-scale mapping and research of dynamics of mud volcanic landscapes. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 946: 012040. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012040>
24. Мельников О.А. **2002**. Южно-Сахалинский газодолитокластитовый («грязевой») вулкан – уникальный объект Природы на Дальнем Востоке России: путеводитель экскурсии на вулкан для участников междунар. науч. симп. 24–28 сент. 2002, Южно-Сахалинск. Южно-Сахалинск: ИМГиГ СахНЦ ДВО РАН, 48 с.
25. Ершов В.В., Никитенко О.А. **2017**. Изотопный и химический состав вод Южно-Сахалинского грязевого вулкана (по результатам опробования 2009 и 2010 годов). *Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион*, 4(1): 110–120. <http://doi.org/10.23683/0321-3005-2017-4-1-110-120>
26. Корзников К.А. **2014**. Растительные сообщества Южно-Сахалинского грязевого вулкана. *Вестник Томского государственного университета. Биология*, 1(25): 56–65.
27. Ustyugov G.V., Ershov V.V. **2021**. Mud volcanism as a dangerous phenomenon for oil and gas facilities. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 946: 012030. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/946/1/012030>
28. Никитенко О.А., Ершов В.В. **2020**. Гидрогеохимическая характеристика проявлений грязевого вулканизма на острове Сахалин. *Геосистемы переходных зон*, 4(3): 321–335. <http://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.3.321-335.336-350>
29. Никитенко О.А., Ершов В.В., Перстнева Ю.А., Бондаренко Д.Д., Балогланов Э.Э., Аббасов О.Р. **2018**. Вещественный состав продуктов деятельности грязевых вулканов Сахалина и Азербайджана: сравнительный анализ. *Геосистемы переходных зон*, 2(4): 346–358. <http://doi.org/10.30730/2541-8912.2018.2.4.346-358>
30. Никитенко О.А., Ершов В.В. **2021**. Возможности гидрогеохимической типизации флюидных систем. *Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 332(8): 109–125.
31. Sokol E.V., Kokh S.N., Nekipelova A.V., Abersteiner A., Seryotkin Y.V., Ershov V.V., Nikitenko O.A., Deviatiiarova A.S. **2021**. Ge-Hg-Rich sphalerite and Pb, Sb, As, Hg, and Ag sulfide assemblages in mud volcanoes of Sakhalin Island, Russia: An insight into possible origin. *Minerals*, 11: 1186. <http://doi.org/10.3390/min11111186>
32. Kopanina A.V. **2019**. Vegetation of the Yuzhno-Sakhalinsky mud volcano as an indicator of activity. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 324: 012032. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/324/1/012032>
33. Ершов В.В., Копанина А.В. **2017**. Химический состав водных вытяжек из почв грязевулканических ландшафтов. В кн.: *География: развитие науки и образования. Ч. I: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. LXX Герценовские чтения, посвящ. году экологии в России, 220-летию Герценовского ун-та, 85-летию факультета географии, 145-*

летию со дня рождения профессора Владимира Петровича Буданова, 20–23 апр. 2017, Санкт-Петербург. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, с. 142–147.

34. Kopanina A.V., Talskikh A.I., Vlasova I.I., Kotina E.L. **2022**. Age-related pattern in bark formation of *Betula ermanii* growing in volcanic environments from southern Sakhalin and Kuril Islands (Northeast Asia). *Trees*, 36(3): 915–939. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02257-x>
35. Копанина А.В., Лебедева Е.В., Власова И.И. **2018**. Особенности восстановления растительности после извержения 1907 г. кальдеры Ксудач на юге Камчатского полуострова. *Изв. РАН. Серия географическая*, 6: 57–69. <http://doi.org/10.1134/S2587556618060092>
36. Kopanina A.V., Lebedeva E.V., Vlasova I.I., Talskikh A.I. **2020**. Structural traits of woody plants and geomorphological conditions to the vegetation recovery at Ksudach caldera (Southern Kamchatka) since the explosive eruption in 1907. *J. of Mountain Science*, 17(7): 1613–1635. <http://doi.org/10.1007/s11629-019-5583-8>
37. Talskikh A.I., Kopanina A.V., Vlasova I.I. **2019**. Structural features of the bark in young stems of *Betula ermanii* Cham. in the conditions of Yuzhno-Sakhalinsky mud volcano (Sakhalin Island). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 324: 012032. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/324/1/012033>
38. Тальских А.И., Копанина А.В., Власова И.И. **2021**. Структурные особенности коры *Betula ermanii* (Betulaceae) в ландшафтах морских побережий и активных вулканов Дальнего Востока России. *Растительные ресурсы*, 57(2): 124–144. <http://doi.org/10.31857/S0033994621020096>
39. Rúa L., Bright P., Gall-Queguineur G. **2020**. *QGIS for census and survey mapping: training manual*. Oceania: Pacific Community (SPC), 91 p.
40. Congedo L. **2021**. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *The J. of Open Source Software*, 6(64): 3127. <http://doi.org/10.21105/joss.03172>
41. Курбатский Д.В. **2005**. *Интерпретация комбинации каналов данных Landsat TM/ETM+*. URL: <https://gis-lab.info/ga/landsat-bandcomb.html> (дата обращения: 23.12.2021).
42. Долгополов Д.В. **2021**. Методика обнаружения водных объектов в зоне трубопроводов при паводках по данным космического мониторинга. *Мониторинг. Наука и технологии*, 1(47): 75–83. <http://doi.org/10.25714/MNT.2021.47.009>
43. Малышева Н.В. **2018**. *Основы автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков лесов с использованием ГИС*: учеб. пособие. М.: МЭСХ, 136 с.
44. Лурье И.К., Косиков А.Г. **2003**. *Теория и практика цифровой обработки изображений*. М.: Научный мир, 168 с.
45. Мельников О.А., Сабиров Р.Н. **1999**. Новые данные о современном состоянии и былой активности Южно-Сахалинского газодогрязевого вулкана (о. Сахалин). *Тихоокеанская геология*, 18(3): 37–46.
46. Сайто Ф. **1928**. [Грязевые вулканы близ железной дороги Тоёхара–Маока на Южном Сахалине]. *Тугаку Дзасси*, 40(477): 1–5 (На яп. яз.). Цит. по: Сайто Ф. Грязевые вулканы близ железной дороги «Тоёхара–Маока» на Южном Сахалине. Перевод с яп. З.И. Кургановой. Машинопись. Новоалександровск, СахКНИИ СО АН СССР, 1959 г. (Южно-Сахалинск, б-ка ИМГиГ ДВО РАН).
47. Шенников А.П. **1964**. *Введение в геоботанику*. Л.: ЛОЛГУ, 448 с.
48. Степановских А.С. **2017**. *Общая экология*: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 687 с.
49. Карпачев А.П. **2016**. *Опыт классификации космоснимка Landsat с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS*. URL: https://gis-lab.info/ga/landsat_qgis_scp.html (дата обращения: 21.12.2021).
50. Карпачев А.П. **2017**. *Опыт классификации космоснимка Sentinel-2A с помощью Semi-Automatic Classification Plugin в QGIS*. URL: <https://gis-lab.info/ga/qgis-sacp-sentinel2a.html> (дата обращения: 21.12.2021).
51. Комаров А.А., Суханов П.А., Кирсанов А.Д. **2018**. Тестовые мониторинговые полигоны как инструмент для идентификации данных дистанционного зондирования Земли. В кн.: *Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: Материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием, 26–28 сент. 2018, Санкт-Петербург*. СПб.: АФИ, с. 139–145. <http://doi.org/10.25695/agrophysica.2018.2.18778>
52. Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. **2020**. *Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения*: учеб. пособие. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchukperminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciya-kosmicheskikh-snimkov.pdf>. (дата обращения: 15.12.2021).
53. Шихов А., Маракулин Я. **2012**. *Оценка последствий лесных пожаров в 2010 г. в Пермском крае*. URL: <http://gis-lab.info/ga/fires-perm.html> (дата обращения: 07.08.2021).
54. Мартынова М.В., Султанова Р.Р., Габделхаков А.К., Рахматуллин З.З., Одинцов Г.Е. **2020**. *Оценка зарастания сельскохозяйственных земель древесными породами по спутниковым данным Landsat на примере участка Бакалинского района Республики Башкортостан*. URL: <https://inter.volgatech.net/centre-for-sustainable-management-and-remote-monitoring-of-forests/forests-ecosystems-in-a-changing-climate/> (дата обращения: 02.12.2021).
55. Чащин А.Н. **2018**. *Основы обработки спутниковых снимков в QGIS*: учеб.-метод. пособие. Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 47 с.
56. Зубков И.А., Скрипачев В.О. **2006**. Применение алгоритмов неконтролируемой классификации при обработке данных ДЗЗ. В кн.: *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов): материалы Четвертой Всерос. открытой ежегодной конф., 13–17 ноября 2006, Москва*. М.: ИКИ РАН, с. 57–62.