

А. А. Верхотуров¹✉

Характер воздействия вулканических процессов на состояние земель и объекты недвижимости

¹ Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения
Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск, Российская Федерация
e-mail: ussr-91@mail.ru

Аннотация. Вулканические процессы оказывают значительное влияние на состояние земель и объекты недвижимости, что представляет серьезную угрозу для устойчивого развития территорий, расположенных в районах вулканической активности. Цель работы – проанализировать характер воздействия различных видов вулканических процессов на состояние земель и объекты недвижимости. В работе рассматриваются ключевые виды вулканических явлений, включая лавовые потоки, пирокластические потоки, лахары и тефру, и их разрушительные последствия. Лавовые потоки приводят к физическому уничтожению инфраструктуры и формированию бесплодных базальтовых плато. Пирокластические потоки, обладая высокой температурой и токсичностью, вызывают деградацию почв, разрушение зданий и изменение ландшафтов. Лахары, как селевые потоки, изменяют русла рек и погребают сооружения под слоем вулканического материала. Тефра, в зависимости от толщины слоя, может временно повысить плодородие почв или сделать их непригодными для сельского хозяйства, а также повреждает инфраструктуру из-за абразивного и коррозионного воздействия. Подчеркивается необходимость совершенствования систем мониторинга, оптимизации землепользования и разработки методов рекультивации поврежденных территорий для снижения рисков в вулканически активных регионах, таких как Дальний Восток России. Исследование основано на анализе научных публикаций, полевых данных и международного опыта.

Ключевые слова: вулканические процессы, земельные ресурсы, недвижимость, пирокластические потоки, лахары, мониторинг

А. А. Verkhotur¹✉

Analysis of the impact of volcanic processes on the condition of lands and real estate

¹ Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern branch
of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation
e-mail: ussr-91@mail.ru

Abstract. Volcanic processes significantly impact land conditions and real estate, posing a serious threat to the sustainable development of territories located in volcanically active zones. The aim of this study is to analyze the effects of various types of volcanic processes on land and property. The paper examines key volcanic phenomena, including lava flows, pyroclastic flows, lahars, and tephra, along with their destructive consequences. Lava flows physically destroy infrastructure and create barren basalt plateaus. Pyroclastic flows, characterized by high temperatures and toxicity, degrade soil, demolish buildings, and alter landscapes. Lahars, as mudflows, reshape river channels and bury structures under layers of volcanic debris. Tephra, depending on its thickness, can temporarily enhance soil fertility or render it unsuitable for agriculture, while also damaging infrastructure due to its abrasive and corrosive properties. The study emphasizes the need to improve monitoring systems,

optimize land-use planning, and develop methods for rehabilitating damaged territories to mitigate risks in volcanically active regions, such as Russia's Far East. The research is based on an analysis of scientific publications, field data, and international experience.

Keywords: volcanic processes, land resources, real estate, pyroclastic flows, lahars, rehabilitation, monitoring

Введение

Вулканические процессы оказывают значительное влияние на состояние земель и объекты недвижимости, что представляет серьезную угрозу для устойчивого развития территорий, расположенных в зонах вулканической активности. По данным Global Volcanism Program [1], ежегодно в мире регистрируется около 50–70 извержений, которые приводят к деградации почв, разрушению инфраструктуры и экономическим потерям.

Особую опасность представляют пирокластические потоки, лавовые поля и выбросы вулканического пепла, которые могут сделать земли непригодными для сельского хозяйства и строительства на десятилетия [2].

Кроме прямого разрушительного воздействия, вулканическая активность провоцирует долгосрочные экологические последствия, включая загрязнение почв тяжелыми металлами и кислотообразующими соединениями [3]. Это создает риски для здоровья населения и требует разработки специальных мер по рекультивации земель.

Изучение воздействия вулканических процессов на земли и объекты недвижимости имеет высокую научную и практическую значимость, способствуя разработке стратегий управления рисками и устойчивого землепользования.

Цель работы – проанализировать характер воздействия различных видов вулканических процессов на состояние земель и объекты недвижимости.

Методы и материалы

В качестве материалов исследования были использованы научные публикации ведущих зарубежных и отечественных авторов в области вулканологии и оценки вулканических рисков, устойчивого развития территорий с высокой вулканической активностью и воздействия вулканических процессов на земельные ресурсы и объекты недвижимости.

Результаты полевых исследований последствий вулканических извержений, включающие данные мониторинга состояния земель, анализ трансформации ландшафтов. Для обработки материалов применялись методы системного анализа научных источников, сравнительного изучения международного опыта, полевых наблюдений и инструментальных замеров.

Результаты и обсуждение

В зависимости от типа извержения и характера вулканической активности последствия могут варьироваться от локальных изменений до глобальных экологических изменений. Рассмотрим ключевые виды вулканических процессов и их влияние на земли.

Первое с чем обычно ассоциируются активные вулканы – это излияние лавовых потоков. В зависимости от состава (базальтовая, андезитовая, риолитовая) она может быть жидкой и быстротекущей или вязкой и медленной, что в свою очередь сильно влияет на возможную опасность от лавовых потоков.

Воздействие лавовых потоков заключается в физическом разрушении. Они уничтожают растительность, здания и дороги. Застывшая лава образует базальтовые плато, которые могут оставаться бесплодными десятки и сотни лет [4]. Например, извержение вулкана Этна в 2021 году привело к разрушению сельскохозяйственных угодий и инфраструктуры [5], а при извержении вулкана Килауэа на Гавайях в 2018 году привело к уничтожению более 700 жилых домов и изменению ландшафта на площади свыше 35 км² [6].

Потоки способны перекрывать русла рек, что приводит к образованию новых озер или, наоборот, осушению территорий. На вулканических островах, при достижении лавовых потоков моря, часто изменяется конфигурация берегов (образуются вдающиеся в море мысы или полуострова), как при извержениях вулкана Алаид в 1933 и 1972 гг. [7].

Пирокластические потоки (ПП) – являются одним из самых разрушительных продуктов извержений. Высокие температуры приводят к выгоранию органического вещества, спеканию частиц и образованию твердых корок, снижающих плодородие почв [8]. Имеются сведения, что ПП приносят в почву серу, хлор, тяжелые металлы (Pb, Cd, As), что повышает кислотность и токсичность [9].

ПП создают новые геоморфологические формы (например, игнимбритовые плато) и перекрывают речные долины, провоцируя лахары. После остывания пирокластические отложения легко размываются, усиливая овражную эрозию [10]. Отложения таких потоков на побережье крайне не устойчивы и подвергаются динамичным абразионно-аккумулятивным процессам [11].

ПП способны разрушать постройки, повреждают несущие конструкции [12], могут быть причиной возгорания деревянных элементов и деформации металлоконструкций зданий и сооружений [13]. Вес пирокластического материала (до 3 т/м²) вызывает обрушение крыш. При извержении вулкана Пинатубо в 1991 г. было разрушено 10 тысяч домов [14].

Лахары вызывают значительные изменения рельефа и почвенно-растительного покрова, что проявляется в **формировании новых русел и аллювиальных конусов**. Например, после извержения вулкана Невадо-дель-Руис в 1985 г. лахары изменили русла рек на площади >100 км² [15]. Низменные участки заполняются вулканическим материалом, что приводит к перестройке экосистем [16].

Лахары обладают высокой кинетической энергией и плотностью (до 2,5 т/м³), что приводит к **механическому разрушению** – зданий, мостов и дорог. Лахары могут полностью погребать сооружения под слоем грязи. Так в г. Армеро (Колумбия) в 1985 г. лахары уничтожили >5 000 зданий [17].

Тефра (вулканический пепел, лапилли, пемза и другие пирокластические материалы) оказывает комплексное воздействие на окружающую среду, изменяя ландшафты, ухудшая качество земель и повреждая инфраструктуру. Ее влияние зависит от толщины отложений, химического состава и продолжительности экспозиции.

Тефра нарушает структуру почвы, снижая ее пористость и водопроницаемость [18]. Тонкий слой пепла (менее 1 см) может временно повысить плодородие за счет минеральных элементов, но слой более 10 см делает землю непригодной для сельского хозяйства [19].

Вулканический пепел содержит токсичные элементы (фтор, серу, тяжелые металлы), которые приводят к закислению почв и отравлению растений [20]. В районах извержений вулканов Этна и Килауэа зафиксированы случаи фторозного поражения сельскохозяйственных культур [21]. Первичная сукцессия на засыпанных тефрой территориях занимает десятилетия и сильно зависит от мощности отложений вулканитов [22].

Накопление тефры формирует новые геоморфологические структуры (например, шлаковые конусы или плато). Вулканические отложения перекрывают русла рек, провоцируя лахары, как это произошло после извержения Невадо-дель-Руис в 1985 году [23].

Нагрузка от тефры (особенно влажной) приводит к обрушению кровель (критическая нагрузка – от 10–20 см пепла) [24]. Абразивные частицы повреждают фасады, остекление и системы вентиляции [25]. Кислотные компоненты тефры ускоряют коррозию металлоконструкций (например, после извержения Эйяфьядлайёкюдль в 2010 году) [26]. Засорение дренажных систем и фильтров ТЭС увеличивает риски аварий (опыт извержения Пинатубо в 1991 году) [27].

Заключение

Вулканическая деятельность оказывает комплексное негативное воздействие на земельные ресурсы и объекты недвижимости, проявляющееся как в виде мгновенного разрушения инфраструктуры, так и в долгосрочной перспективе – через деградацию почвенного покрова и значительные экономические потери.

Для снижения рисков возникновения негативных последствий на территории Дальнего Востока России, современные научные и технологические исследования должны быть сосредоточены на трех ключевых направлениях:

- совершенствование систем мониторинга состояния земель в вулканически активных регионах;
- оптимизация планирования землепользования с учетом оценки вулканических рисков;
- разработка эффективных методов рекультивации поврежденных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Global Volcanism Program [Электронный ресурс] // Smithsonian Institution. – 2023. – URL: <https://volcano.si.edu> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Wilson T., et al. Volcanic ash impacts on critical infrastructure // Bulletin of Volcanology. – 2021. – Vol. 83, № 5. – P. 32.
3. Delmelle P., et al. Volcanic soil contamination: A review of processes and human health risks // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2022. – Vol. 421. – Art. 107425.
4. Dahlgren R. A., et al. Soil formation on volcanic landscapes // Geoderma. – 2019. – Vol. 343. – P. 1–12.
5. Branca S., Del Carlo P. Impact of Etna's 2021 eruption on agriculture // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2021. – Vol. 419. – Art. 107385. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2021.107385.

6. Patrick M. R., et al. The 2018 rift eruption and summit collapse of Kīlauea Volcano, Hawaii // *Science*. – 2019. – Vol. 363, № 6425.
7. Гришин С. Ю. Излияние лавовых потоков на Курильских островах в XX и начале XXI века: масштабы и глубина изменения экосистем // *Известия Русского географического общества*. – 2014. – Т. 146, № 6. – С. 1–13. – EDN RBZMBU.
8. Dahlgren R. A., et al. Soil development in volcanic materials // *Geoderma*. – 2004. – Vol. 123, № 1–2. – P. 1–21.
9. Lipman P. W., Mullineaux D. R. (Eds.). The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. – Washington: U.S. Geological Survey, 1981. – (Professional Paper 1250).
10. Fisher R. V., et al. Volcaniclastic Sedimentation in Lacustrine Settings. – Chichester: Wiley, 1997.
11. 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.
12. Spence R. J. S., et al. Building damage from pyroclastic surges // *Bulletin of Volcanology*. – 2004. – Vol. 66, № 6. – P. 1–14.
13. Jenkins S. F., et al. Building vulnerability in pyroclastic flows // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. – 2014. – Vol. 280. – P. 1–15.
14. Torres R. C., et al. Lessons from Pinatubo // *Philippine Journal of Science*. – 2004. – Vol. 133, № 1. – P. 1–10.
15. Pierson T. C., et al. Lahar hazard assessment and mitigation strategies at stratovolcanoes // *Volcanic Hazards, Risks and Disasters*. – 2020. – P. 145–172.
16. Major J. J., et al. The mechanics of lahars: Dynamics and depositional processes // *Reviews of Geophysics*. – 2018. – Vol. 56, № 1. – P. 154–183.
17. Vallance J. W., Iverson R. M. Lahars and their deposits // *Encyclopedia of Volcanoes*. – 2015. – P. 649–664.
18. Ayris P. M., Delmelle P. The immediate environmental effects of tephra emission // *Bulletin of Volcanology*. – 2012. – Vol. 74, № 9. – P. 1905–1936.
19. Cronin S. J., et al. Agricultural impact of tephra fallout from eruptions // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. – 2014. – Vol. 304. – P. 287–301.
20. Stewart C., et al. Tephra impacts on soil chemistry // *Geoderma*. – 2022. – Vol. 405. – Art. 115400.
21. D'Alessandro W., et al. Fluoride contamination in volcanic areas: A review // *Science of The Total Environment*. – 2021. – Vol. 763. – Art. 142562.
22. Мелкий В. А., Верхотуров А. А., Братков В. В. Оценка воздействия эксплозивных извержений вулкана Тятя (о. Кунашир, Курильские острова) на растительный покров по данным дистанционного зондирования земли // *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 184–193. – DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-2-184-193.
23. Pierson T. C., Wood N. J., Driedger C. L. Lahars and their deposits // *Encyclopedia of Volcanoes* / Eds. H. Sigurdsson et al. – 2nd ed. – Academic Press, 2014. – P. 649–664. – DOI: 10.1016/B978-0-12-385938-9.00036-3.
24. Spence R., et al. Building vulnerability in volcanic ashfall zones // *Natural Hazards*. – 2021. – Vol. 108, № 1. – P. 567–592.
25. Wilson T. M., et al. Volcanic ash impacts on critical infrastructure // *Bulletin of Volcanology*. – 2017. – Vol. 79, № 5. – Art. 38.
26. Gudmundsson M. T., et al. Ash generation and corrosion during volcanic eruptions // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2012. – Vol. 117, № B9.
27. Newhall C. G., Punongbayan R. S. Lessons from the 1991 Pinatubo eruption // *Volcanic Hazards*. – 2nd ed. – 2022.

© А. А. Верхотуров, 2025