

УДК 528.441.22:504.055

DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-156-165

## Теоретическое обоснование необходимости зонирования и мониторинга земель вулканопасных территорий

А. А. Верхотуров<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск, Российская Федерация

e-mail: ussr-91@mail.ru

**Аннотация.** Природные катастрофы, связанные с извержением вулканов, сопровождали всю историю человечества, однако районы активного вулканизма активно осваиваются. По мере вовлечения вулканопасных территорий в хозяйственное освоение, риски чрезвычайных ситуаций будут только возрастать. Цель работы – проанализировать отечественную и зарубежную научно-техническую литературу, действующую нормативную документацию для обоснования необходимости разработки теории зонирования и мониторинга земель вулканопасных территорий, а также формирования предпосылок эффективного и безопасного землепользования в этих районах. Проанализирована нормативная правовая информация, публичная кадастровая карта, материалы зарубежных и отечественных исследователей по устойчивому развитию территорий, подверженных воздействию вулканических процессов. Обеспечение безопасности населения и объектов недвижимости достигается путем организации особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и планирования использования земель. Проблема рационального и безопасного освоения территорий, подверженных воздействию вулканических процессов, требует теоретической проработки. Предложена технологическая схема зонирования и мониторинга вулканопасных территорий. Назревает необходимость в разработке комплекса методологических принципов зонирования и основ геоинформационного моделирования природно-техногенных условий вулканопасных территорий, критериев выделения подзон вулканопасных территорий и налагаемых на них ограничений, системы контролируемых количественных и качественных показателей мониторинга вулканопасных территорий, а также совершенствования нормативной базы в отношении земель, подверженных вулканическому воздействию.

**Ключевые слова:** вулканопасные территории, зонирование, зоны с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ), мониторинг земель, землепользование

### Для цитирования:

Верхотуров А. А. Теоретическое обоснование необходимости зонирования и мониторинга земель вулканопасных территорий // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 156–165. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-156-165

### Введение

Научные исследования в области землеустройства, кадастра и мониторинга земель в настоящее время получают активное развитие как теоретического, так и практического характера [1]. В большей мере внимание исследователей обращено на урбанизированные территории [2, 3], сельскохозяйственные [4]

и лесные земли [5]. К сожалению, в гораздо меньшей степени изучаются вопросы, связанные с использованием земель, подверженных периодическому воздействию вулканических процессов [6].

Природные катастрофы, связанные с извержением вулканов, сопровождали всю историю человечества. Только за XX в., в половине известных случаев из 491, активизация

вулканической деятельности приводила к человеческим жертвам, а материальный ущерб исчисляется десятками миллионов долларов США [7]. В связи со взрывным ростом населения планеты и все большим вовлечением земель в хозяйственное использование, рассматриваемая проблема стала еще более актуальной [8].

Несмотря на очевидную опасность, исходящую от активных вулканов (лавовые и пирокластические потоки, лахары, пеплопады и др.), человечество вовлекает в хозяйственное использование вулканопасные территории по ряду причин, к которым можно отнести плодородие почв, территориальную ограниченность, наличие полезных ископаемых, рекреационный потенциал и туристическую привлекательность.

Под активным (современным) вулканизмом следует понимать деятельность вулканов, которая отмечалась в историческое время и отмечается по сегодняшний день. При этом повторяемость, характер и сила извержений редко носят систематический характер. Вулканическая деятельность может проявляться в многолетних периодах активизации с частыми, практически ежедневными извержениями или же напротив – очень редкими (раз в десятки, сотни и более лет) извержениями.

Вулканическую деятельность разделяют на осадочную (грязевую) и магматическую (собственно вулканическую). Грязевой вулканизм в России получил развитие в Крыму, на Кубани и на острове Сахалин, а также в ряде других районов страны. Этот тип вулканизма считается менее опасным, однако также требует отдельного внимания научного сообщества. Большую опасность представляют магматические вулканы, распространенные в притихоокеанской России (68 активных вулканов) [9, 10]. Разреженность населения на территории этого региона способствует тому, что случаи гибели людей от извержений вулканов достаточно редки [11]. В то же время часто отмечаются случаи нанесения ущерба объектам недвижимости [12]. Дальнейшее вовлечение этих территорий в хозяйственное освоение будет только способствовать возникновению

чрезвычайных ситуаций. Для урбанизированных территорий на Камчатке и Курильских островах имеются оценки потенциальной опасности, исходящей от расположенных рядом активных вулканов [13, 14].

Все вышесказанное подчеркивает актуальность научных исследований, способствующих рациональному и безопасному землепользованию в районах активного вулканизма.

Цель настоящей работы – проанализировать отечественную и зарубежную научно-техническую литературу, действующую нормативную документацию для обоснования необходимости разработки теории зонирования и мониторинга земель вулканопасных территорий, а также формирования предположений эффективного и безопасного землепользования в этих районах.

### *Методы и материалы*

В настоящем исследовании использовались классические научные методы анализа и обобщения. Материалом служили нормативная правовая информация, публичная кадастровая карта, опубликованные материалы зарубежных и отечественных исследователей, затрагивающие вопросы рационального и безопасного землепользования и мониторинга земель в районах развития активного вулканизма.

### *Результаты*

При хозяйственном освоении территории проводится комплекс инженерных изысканий, включающих изучение геологической среды. В результате таких работ формируются сведения о грунтовых и геодинамических условиях, что необходимо для последующего проектирования и возведения инженерных сооружений. Так, в своде правил (СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95 : утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 16.12.2016 № 956/пр. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), отмечается необходимость учета вулканической активности, однако

критериев оценки на этот вид опасных геологических процессов не приводится. В своде правил (СП 116.13330.2012. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 : утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 274. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), где приводятся основные положения касательно инженерной защиты от опасных геологических процессов, вулканическая опасность даже не упоминается. Свод правил (СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов : свод правил от 25.09.2000 № 5-11/88. – URL: [http:// docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru). – Текст : электронный), регламентирующий проведение изысканий в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов отражает только необходимость выделения такого типа очага зарождения селей, как очаги, связанные с вулканической деятельностью и землетрясениями.

В мировой практике, как и в России, главный упор противостояния рассматриваемой природной стихии заключается в организации системы наблюдений за активизацией вулканов и прогнозировании их извержений. Эффективно работающие системы при возникновении чрезвычайной ситуации позволяют осуществлять оперативную эвакуацию населения из потенциально опасных зон. Такие мероприятия способствуют смягчению негативного эффекта от извержения вулканов и позволяют сохранить человеческие жизни, что, однако, не позволяет избежать материального ущерба в отношении объектов недвижимости. Особенно эта проблема актуальна для густозаселенных территорий и небольших островов [15].

Достаточно распространенной практикой в районах с редким постоянным населением является создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Ярким примером влияния вулканической активности на землепользование может служить образование в США национального парка

Сент-Хеленс после мощного извержения 1980 г. В границах новообразованного природного парка недвижимость, принадлежавшая частным собственникам, была выкуплена [16].

В ряде стран принимаются превентивные меры смягчения негативных последствий вулканических извержений. Такие меры заключаются в планировании землепользования, во введении ограничений на застройку, а также в возведении инженерных средств защиты и сооружений, конструктивно адаптированных к потенциально негативному воздействию вулканических процессов [17].

Среди многочисленных мер, способствующих обеспечению безопасности и благоприятных условий жизни и деятельности населения, в области регулирования землепользования можно отметить установление зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ) [18]. В статье 105 Земельного кодекса (Земельный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), где приводятся виды ЗООИТ, несмотря на очевидную угрозу жизни и деятельности населения, вулканоопасные зоны не отражены.

Действующем порядке осуществления государственного мониторинга земель (Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения : приказ Росреестра от 22.07.2021 № П/0315. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный) регламентированы показатели состояния земель, подверженные процессам, приводящие к ухудшению состояния почвенно-растительного покрова территории (рис. 1). Воздействие вулканических процессов нормативным документом ранее не учитывалось.

Не находят своего отражения вулканические процессы и в аналитических записках о результатах государственного мониторинга земель в районах с активным вулканизмом. Так, выделены процессы водного характера (переувлажнение, затопление и др.), эрозия, абразия и склоновые процессы.

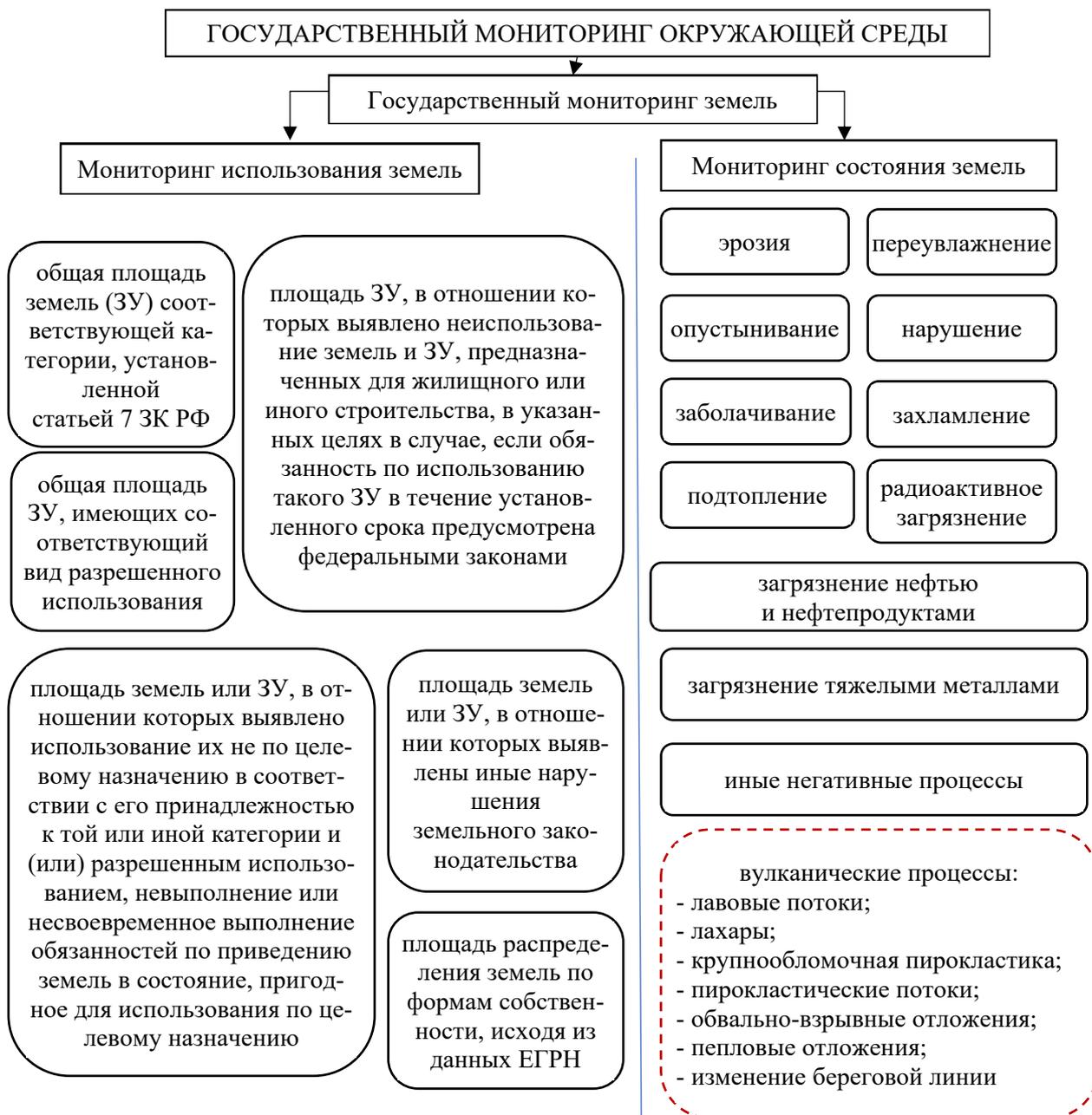


Рис. 1. Показатели государственного мониторинга земель (красным цветом выделены предлагаемые дополнения)

Воздействие вулканических извержений на окружающую среду изучено на многих примерах [19]. Хорошие результаты дает применение материалов дистанционного зондирования Земли, что позволяет наглядно показывать потенциальную опасность и масштабы трансформации территорий в результате активизации вулканов [20]. Традиционные методы геолого- и геоморфно-вулканологических исследований трудно переоценить, поскольку они лежат в основе знаний

о повторяемости и последствиях вулканических извержений в периоды, особенно когда отсутствовали систематические наблюдения за вулканической деятельностью. Широкое внедрение геодезических методов при исследовании явлений вулканизма будет способствовать повышению точности и оперативности кадастровых работ. Результаты подобных исследований могут лежать в основе планирования землепользования и организации мониторинга земель.

### Обсуждение

Анализ земельного законодательства показал, что в отношении землеустройства, кадастра и мониторинга земель вулканопасных территорий существует правовой вакуум. В свою очередь нормативы, регламентирующие проведение инженерных изысканий в рамках оценки геодинамической обстановки, либо обходят стороной, либо не конкретизируют порядок оценки вулканических процессов. Учитывая вышесказанное, а также обобщив мировой опыт землепользования в районах активного вулканизма, можно отменить два основных направления урегулирования проблемы по обеспечению безопасности населения и объектов недвижимости.

Во-первых – существенное ограничение хозяйственного освоения земель, путем формирования ООПТ в вулканопасных областях. И такой подход рационален в случае отсутствия в границах образующихся ООПТ объектов недвижимости, находящихся в частной собственности. Отчасти рассматриваемое направление реализовано в РФ, примером могут служить Курильский и Кроноцкий заповедник. К моменту образования Курильского заповедника населенные пункты (Тятино, Урвитово, Круглово), расположенные в районе активного вулкана Тятя, уже были расселены. Сегодня вулкан является популярным туристическим объектом.

Во-вторых, установление «зоны вулканической опасности», как нового вида зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ). Предлагаемый вариант более затруднителен и требует глубокой теоретической проработки, однако, не имеет альтернатив в условиях, когда территория активно осваивается или обладает существенным потенциалом к освоению в обозримом будущем.

Описание территории, которая потенциально подвержена воздействию в результате извержения вулканов, требует точного определения контуров и указания характеристик

подзон негативного воздействия. Однако большая сложность состоит в том, что негативные процессы, связанные с активизацией вулканов, обладают весьма значительной неопределенностью как в отношении пространственного охвата, так и по степени воздействия на земли и объекты недвижимости.

Границы подзон вулканического воздействия необходимо определять на основе анализа комплекса информации (сведений о вулканической активности, карт вулканопасности, сведений об использовании и состоянии земель) с последующим проведением геоинформационного моделирования природно-техногенных условий территории. Представление в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) сведений о границах подзон позволит обеспечить информацией хозяйствующие субъекты о потенциальной опасности, лечь в основу перспективного планирования мероприятий по предотвращению или же смягчению последствий чрезвычайных ситуаций (например, страхование объектов недвижимости), вызванных вулканической активностью.

Абсолютно справедлив подход, используемый авторами работы [21], учитывающей нестатичность границ зон и необходимость применения индивидуального подхода для установления границ на местности. Связано это с тем, что вулканы достаточно сильно могут отличаться по характеру и масштабам воздействия на прилегающие территории. Немаловажным при этом фактором является степень их изученности и особенно наличие сведений о вулканической деятельности в прошлом.

Обоснованное изменение границ подзон (сильного, среднего и слабого воздействия) возможно только по результатам периодического контроля вулканопасных территорий, что требует закрепления показателя – площадь земель, подверженных вулканическому воздействию.

Технологическая схема зонирования и мониторинга вулканопасных территорий может иметь следующий вид (рис. 2).



Рис. 2. Технологическая схема зонирования и мониторинга земель в районах активного вулканизма

### Заключение

Проблема рационального и безопасного освоения территорий, подверженных воздействию вулканических процессов, уже сегодня требует теоретической проработки, чтобы избежать или смягчить последствия, которые будут возникать в результате чрезвычайных ситуаций. Научно-технические разработки в области зонирования и мониторинга вулканопасных территорий видятся наиболее перспективным направлением.

Назревает необходимость в разработке комплекса методологических принципов зонирования и основ геоинформационного моделирования природно-техногенных условий вулканопасных территорий, критериев выде-

ления подзон вулканопасных территорий и налагаемых на них ограничений, системы контролируемых количественных и качественных показателей мониторинга вулканопасных территорий, а также совершенствования нормативной базы в отношении земель, подверженных вулканическому воздействию.

### 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 г.), выданного Министерством цифрового и технологического развития Сахалинской области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Жарников В. Б. О концепциях и закономерностях развития землеустройства, кадастра и мониторинга земель // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 3. – С. 141–157. – DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157. – EDN OVKDIG.
2. Черных Е. Г. Организационно-управленческая система регионального мониторинга земель с целью пространственного развития урбанизированных территорий // Вестник СГУГиТ – 2023. – Т. 28, № 5. – С. 163–172. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-163-172. – EDN KSTAUF.
3. Сизов А. П. Локальный мониторинг земель в регионе как инструмент управления земельными ресурсами и сохранения средо-формирующего потенциала территории // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2021. – Вып. 4 (168). – С. 43–49.
4. Павлова В. А., Белоусов А. О., Уварова Е. Л. Разработка показателей рационального использования земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2022. – № 8. – С. 534–540. – DOI 10.33920/sel-04-2208-05. – EDN HJHDP.
5. Ковязин В. Ф., Нгуен Ч. А., Нгуен Т. Ч. Мониторинг земель лесного фонда провинции Кон Тум Вьетнама по данным дистанционного зондирования Земли // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 8. – С. 57–64. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-998-8-57-64. – EDN TROYJR.
6. Мелкий В. А., Верхотуров А. А. Технология комплексного мониторинга состояния земель и динамики природных процессов в Сахалинской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 178–194. – DOI 10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194. – EDN ZIGEUL.
7. Witham C. S. Volcanic disasters and incidents: A new database // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2005. – Vol. 148. – P. 191–233. – DOI 10.1016/j.jvolgeores.2005.04.017.
8. Malawani M. N., Lavigne F., Gomez C., Mutaqin B.W., Hadmoko D.S. Review of Local and Global Impacts of Volcanic Eruptions and Disaster Management Practices: The Indonesian Example // Geosciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, No. 3. – P. 1–18. – DOI 10.3390/geosciences11030109. – EDN DWQJFG.
9. Рыбин А. В., Чибисова М. В., Дегтерев А. В., Гурьянов В. Б. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2017. – № 1(191). – С. 51–61. – EDN ZIFWAT.
10. Гирина О. А., Маневич А. Г., Мельников Д. В., Нуждаев А. А., Романова И. М., Лупян Е. А., Сорокин А. А., Крамарева Л. С., Демянчук Ю. В. Активность вулканов Камчатки и Курильских островов в 2020-2021 гг. и их опасность для авиации // Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога Вулканизм и связанные с ним процессы : сб. материалов (Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский : Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2021. – С. 25–28.
11. Горшков Г. С., Вулканизм Курильской островной дуги. – М. : Наука, 1967. – 287 с.
12. Котенко Т. А., Смирнов С. З., Сандиминова Е. И. Вулкан Эбеко в 2019 г.: динамика извержения по наземным данным // Материалы XXIV ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога Вулканизм и связанные с ним процессы : сб. материалов (Петропавловск-Камчатский, 29–30 марта 2021 г.). – Петропавловск-Камчатский : Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2021. – С. 38–41.
13. Мелкий В. А., Верхотуров А. А. Перспективы освоения природных ресурсов вулканов на основе данных дистанционного зондирования Земли // Информационные технологии для наук о Земле и цифровизация в геологии и горнодобывающей промышленности. ITES-2022 : материалы VI Всероссийской конференции, Владивосток, 03–08 октября 2022 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2022. – С. 62–63. – EDN IXRWUQ.
14. Базанова Л. И., Брайцева О. А., Мелекесцев И. В., Пузанков М. Ю. Потенциальная опасность от извержений Авачинского вулкана // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский. – 2001. – С. 390–407.

15. Miller V., Joseph E., Sapkota N., Szarzynski J. Challenges and opportunities for risk management of volcanic hazards in small-island developing states // *Mountain Res Dev.* – 2022. – Vol. 2(42) – D22–D31. – DOI 10.1659/MRD-JOURNAL-D-22-00001.1.
16. Wright H. M. N., Driedger C. L., Pallister J. S., Newhall C. G., Clynne M. A., Ewert J. W. Development of a volcanic risk management system at Mount // *Bulletin of Volcanology.* – 2023. – Vol. 85, No. 10. – P. 53. – DOI 10.1007/s00445-023-01663-y. – EDN TDDGII.
17. Bignami C., Behncke B., Berger J., Jenkins S., Neri M., Spence R., Stahr K. *Handbook for Volcanic Risk Management - Prevention, Crisis Management, Resilience.* – Orleans : BRGM, 2012. – 202 p. – DOI 10.13140/2.1.2167.0083.
18. Беленко О. А., Трубина Л. К., Полковников А. О. Особенности установления ЗОУИТ по экологическим требованиям в Новосибирске // *Экология урбанизированных территорий.* – 2022. – № 2. – С. 60-66. – DOI 10.24412/1816-1863-2022-2-60-66. – EDN KTLACN.
19. Teltscher K., Fassnacht F. E. Using multispectral Landsat and Sentinel-2 satellite data to investigate vegetation change at Mount St. Helens since the great volcanic eruption in 1980 // *Journal of Mountain Science.* – 2018. – Vol. 15, No. 9. – P. 1851–1867. – DOI 10.1007/s11629-018-4869-6. – EDN CPSSIG.
20. Верхотуров А. А. Оценка пространственно-временной трансформации острова Матуа (Курильский архипелаг), обусловленной активностью вулкана Пик Сарычева // *Геодезия и картография.* – 2023. – Т. 84, № 6. – С. 42–49. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-996-6-42-49. – EDN KRCPJP.
21. Дубровский А. В., Скоринская Е. А., Батуев А. Р., Колмогоров В. Г., Пластинин Л. А., Татаренко В. И. Актуальные вопросы нормативно-правового и технологического обеспечения кадастровых работ по установлению границ зон затопления и подтопления для защиты объектов недвижимости от чрезвычайных ситуаций // *Вестник СГУГиТ.* – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 156–168. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-5-156-168. – EDN KDQTWE.

### Об авторах

*Алексей Александрович Верхотуров* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Получено 03.08.2024

© А. А. Верхотуров, 2025

### Theoretical substantiation of need for zoning and land monitoring of volcano-prone territories

*A. A. Verkhoturov*<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> 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.** Natural disasters associated with volcanic eruptions have accompanied the entire history of mankind, but areas of active volcanism are actively being developed. As volcano-prone areas are involved in economic development, the risks of emergency situations will only increase. The purpose of the work is to analyze domestic and foreign scientific and technical literature, current regulatory documentation to justify the need to develop a theory of zoning and monitoring of lands of volcanic-hazardous territories, as well as the formation of prerequisites for effective and safe land use in these areas. The normative legal information, public cadastral map, materials of foreign and domestic researchers on the sustainable development of territories affected by volcanic processes are analyzed. Ensuring the safety of the population and real estate is achieved by organizing protected areas and

planning land use. The problem of rational and safe development of territories exposed to volcanic processes requires theoretical study. A technological scheme for zoning and monitoring of volcanic hazardous areas is proposed. There is a growing need to develop a set of methodological principles of zoning and the basics of geoinformation modeling of natural and man-made conditions of volcanic-hazardous territories, criteria for the allocation of subzones of volcanic-hazardous territories and restrictions imposed on them, a system of controlled quantitative and qualitative indicators for monitoring volcanic-hazardous territories, as well as improving the regulatory framework for lands exposed to volcanic action.

**Keywords:** volcano-hazardous areas, zoning, zones with special conditions for the use of territories (ZSCUT), land monitoring, land-use

## REFERENCE

1. Karpik, A. P., & Zharnikov, V. B. (2019). About concepts and tendencies of development of land management, cadastre and land monitoring. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(24), 141–157 DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157. EDN OVKDIG [in Russian].
2. Chernykh, E. G. (2023). The concept of a regional land monitoring system for the purpose of spatial development of urbanized territories. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 5(28), 163–172. DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-163-172. EDN KSTAUF [in Russian].
3. Sizov, A. P. (2021). Local land monitoring in the region as a tool for managing land resources and preserving the environmental potential of the territory. *Ispol'zovanie i ohrana prirodnih resursov v Rossii [Use and protection of natural resources of Russia]*, 4(168), 43–49 [in Russian].
4. Pavlova, V. A., Belousov, A. O., & Uvarova, E. L. (2021). Development of indicators for the rational use of agricultural land. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel' [Land management, cadastre and land monitoring]*, 8, 534–540. DOI 10.33920/sel-04-2208-05. EDN HIJHDP [in Russian].
5. Kovyazin, V. F., Nguyen, T. A., & Nguyen, T. T. (2023). Monitoring the forest fund lands of Kon Tum province, Vietnam using remote sensing data of Earth. *Geodezija i kartografija [Geodezia i kartografija]*, 8(84), 57–64. DOI 10.22389/0016-7126-2023-998-8-57-64. EDN TROYJR. [in Russian].
6. Melkiy, V. A., & Verkhoturov, A. A. (2017). Geoinformation and cartographic support for monitoring natural and technogenic processes based on atlas mapping in the Sakhalin region. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy konferentsii «InterKarto/InterGIS-23»: [Proceedings of the International conference “InterCarto. InterGIS” Vol. 3(23).]* (pp. 178–194). Moscow: Moscow University Press. DOI 10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194. EDN ZIGEUL [in Russian].
7. Witham, C. S. (2005) Volcanic disasters and incidents: A new database. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 148. – P. 191-233. DOI 10.1016/j.jvolgeores.2005.04.017.
8. Malawani, M. N., Lavigne, F., Gomez, C., Mutaqin, B. W., Hadmoko, D. S. (2021) Review of Local and Global Impacts of Volcanic Eruptions and Disaster Management Practices: The Indonesian Example. *Geosciences*, 3(11) P. 109. DOI 10.3390/geosciences11030109. EDN DWQJFG.
9. Rybin, A. V., Chibisova, M. V., Degterev, A. V., Guryanov, V. B. (2017). Volcanic eruptions in the Kuril Islands during XXI century. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk [Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences]*, 1(191), – 51–61 EDN ZIFWAT [in Russian].
10. Girina, O. A., Manevich, A. G., Mel'nikov, D. V., Nuzhdaev, A. A., Romanova, I. M., Lupjan, E. A., Sorokin, A. A., Kramareva, L. S., & Demjanichuk, Ju. V. (2021). The activity of volcanoes in Kamchatka and the Kuril Islands in 2020-2021 and their danger to aviation. In *Sbornik materialov XXIV ezhegodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj Dnju vulkanologa Vulkanizm i svjazannye s nim process [Proceedings of Volcanism and related processes: XXIV annual scientific conference dedicated to the Day of the Volcanologist]* (pp. 25–28). Petropavlovsk-Kamchatsky : Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS [in Russian].

11. Gorshkov, G. S. (1967). *Vulkanizm Kuril'skoj ostrovnnoj dugi [Volcanism of the Kuril Island arc]*. - M. : Nauka, 287 p. [in Russian].
12. Kotenko, T. A., Smirnov, S. Z., & Sandimirova, E. I. (2021). Ebeko volcano in 2019: the dynamics of the eruption according to ground data. In *Sbornik materialov XXIV ezhegodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj Dnju vulkanologa Vulkanizm i svjazannye s nim process [Proceedings of Volcanism and related processes: XXIV annual scientific conference dedicated to the Day of the Volcanologist]* (pp. 38–41). Petropavlovsk-Kamchatsky : Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS [in Russian].
13. Melkiy, V. A., Verkhoturov, A. A. (2021). Prospects for the development of natural resources of volcanoes based on remote sensing data. In *Sbornik materialov VI Vserossijskoj konferencii Informacionnye tehnologii dlja nauk o Zemle i cifrovizacija v geologii i gornodobyvajushhej promyshlennosti ITES-2022 [Proceedings of ITES-2022: VI All-Russian Conference Information Technologies for Earth Sciences and Digitalization in Geology and Mining Industry]* (pp. 62–63). Vladivostok : Far Eastern Federal University EDN IXRWUQ [in Russian].
14. Bazanova, L. I., Braitseva, O. A., Melekestsev, I. V., & Puzankov, M. Yu. (2001). Potential hazards from the Avachinsky volcano eruptions. In *Geo-dinamika i vulkanizm Kurilo-Kamchatskoj ostrovoduzhnoj sistemy [Geodynamics and volcanism of the Ku-rile-Kamchatka Island-Arc system]* (pp. 390–407), Petropavlovsk-Kamchatsky: IVG&G FEB RAS [in Russian].
15. Miller, V., Joseph, E., Sapkota, N., & Szarzynski, J. (2022). Challenges and opportunities for risk management of volcanic hazards in small-island developing states *Mountain Res Dev*, 2(42) : D22–D31. DOI 10.1659/MRD-JOURNAL-D-22-00001.1
16. Wright, H. M. N., Driedger, C. L., Pallister, J. S., Newhall, C. G., Clynne, M. A., Ewert, J. W. (2023). Development of a volcanic risk management system at Mount Bull *Bull Volcanol.* 85:53. DOI 10.1007/s00445-023-01663-y. EDN TDDGII.
17. Bignami C., Behncke B., Berger J., Jenkins S., Neri M., Spence R., Stahr K. (2012). Handbook for Volcanic Risk Management - Prevention, Crisis Management, Resilience. – Orleans : BRGM, 202 p. DOI 10.13140/2.1.2167.0083.
18. Belenko, O. A., Trubina, L. K., Polkovnikov, A. O. (2022). Features of establishing zones with special land use conditions according to environmental requirements in Novosibirsk. *Jekologija urbanizirovannyh territorij [Ecology of urban areas]*, 2, 60–66, DOI 10.24412/1816-1863-2022-2-60-66. EDN KTLACN [in Russian].
19. 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 *Journal of Mountain Science*, 15(9), 1851–1867. DOI 10.1007/s11629-018-4869-6. EDN CPSSIG.
20. Verkhoturov, A. A. (2023). Assessing spatial and temporal transformation of Matua Island territory caused by the activity of Sarychev Peak volcano *Geodezija i kartografija [Geodesy and cartography]*, 6, 42–49. DOI 10.22389/0016-7126-2023-996-6-42-49. EDN KRCPJP [in Russian].
21. Dubrovsky, A. V., Skorinskaya, E. A., Batuev, A. R., Kolmogorov, V. G., Plastinin, L. A., Tatarenko, V. I. (2021). Relevant issues of legal and regulatory and technological support of cadastral works for determining flooding and underflooding zone boundaries for the protection of real estate objects in emergencies *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 5(26), 156–168. DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-5-156-168. EDN KDQTWE [in Russian].

### Author details

Alexey A. Verkhoturov – Ph. D., Senior Researcher.

Received 03.08.2024

© A. A. Verkhoturov, 2025