

## **Уязвимость вулканических ландшафтов к рекреационной нагрузке (на примере вулкана Горелый)**

**Кузьмичев И.С.<sup>1</sup>, Медведков А.А.<sup>1,2</sup>**

### **Vulnerability of volcanic landscapes to recreational load (using the Gorely volcano as an example)**

**Kuzmichev I.S., Medvedkov A.A.**

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

e-mail: pilot238@mail.ru

<sup>2</sup> Институт географии РАН, г. Москва;

e-mail: a-medvedkov@bk.ru

Рассматривается методический подход по оценке уязвимости ландшафтов к рекреационной нагрузке, разработанный для территорий со сложными природно-географическими условиями. Для вулкана Горелый с использованием разработанного подхода выявлены наиболее уязвимые к рекреационной нагрузке ландшафты.

#### **Введение и обоснование проблематики**

Вулканические территории выделяются совокупностью уникальных особенностей, обусловленных генезисом, а также обладают высокой туристической аттрактивностью. Вулканические территории характеризуются молодостью рельефа и высокой активностью экзогенных процессов, определяющих высокую уязвимость ландшафтов к механическим воздействиям [1, 6, 7]. Угнетенный растительный покров из-за низкой теплообеспеченности и сильных ветров на гипсометрически высоких уровнях, а также периодических выпадений тефры, слабо противодействует денудационным процессам [3, 9]. Это позволяет сделать вывод о высокой уязвимости вулканических ландшафтов к внешнему механическому воздействию, в том числе и к рекреационной нагрузке. В связи с этим, такие территории, испытывающие высокую рекреационную нагрузку, нуждаются в разработке и внедрении природоохранных мероприятий, базирующихся на результатах проведенной оценки уязвимости природных комплексов.

#### **Район исследования**

Работы по оценке уязвимости вулканических ландшафтов к рекреационной нагрузке осуществлялись на склонах вулкана Горелый и окружающей его кальдеры (в пределах северного кластера Южно-Камчатского природного парка, ЮКПП). Актуальность выбранного объекта как ключевой территории исследования определяется высоким туристическим потоком в районе активного вулканизма, что обусловлено его лучшей транспортной доступностью в пределах ЮКПП.

Вулкан Горелый, представляющий хребет протяженностью 3 км и состоящий из трех слившихся стратовулканов, расположен в центре обширной кальдеры Пра-Горелого. По морфологическим признакам он может быть отнесен к щитообразным вулканам [11]. В настоящее время вулкан активен – отмечаются периодические парогазовые извержения во втором конусе, а также проявление поствулканической активности в виде мофет и сольфатар на склонах самой вулканической постройки. Последнее крупное эффузивное извержение произошло в XVIII в. Склоны вулкана покрыты горно-тундровыми растительными сообществами в сочетании с горно-луговыми, которые сменяются вулканическими пустошами в средней части склона [8].

#### **Материалы и методы**

Полевым изысканиям предшествовало изучение архивных картографических материалов [2] и научных публикаций [5, 8, 10, 11], а также анализ данных дистанционного зондирования Земли – цифровой модели рельефа (2 м [12] и 30 м [13]) и космических снимков серии LANDSAT-8, 9 и Sentinel-2 [14]. В ходе полевых

изысканий, которые проводились в сентябре 2021 г. и в июле 2022 г., было осуществлено ландшафтное профилирование по наиболее популярному туристическому маршруту к вершине вулкана Горелый. Помимо этого, были проведены ландшафтные исследования в окрестности вершинной поверхности и на склонах вулканической постройки. На основе обобщения собранных полевых материалов, анализа научных публикаций и данных дистанционного зондирования Земли, проведена оценка уязвимости ландшафтов вулкана Горелый и кальдеры Пра-Горелого к механическим воздействиям.

Новизна методического подхода к оценке уязвимости природных комплексов к рекреационной нагрузке выражается в комплексном учете особенностей морфолитогенной основы и растительного покрова. Это необходимо для того, чтобы учесть вклад денудационного потенциала, высокий уровень которого характеризует молодую морфолитогенную основу в условиях разреженного растительного покрова. При оценке денудационного потенциала изучаемой территории учитывались гранулометрический состав, мощность поверхностных отложений и морфометрические характеристики поверхности. Средозащитная роль почвенно-растительного покрова, защищающего поверхность от механического сноса, зависит от фитомассы и проективного покрытия растительного сообщества [3]. Такой подход также применим для любых других территорий со сложными инженерно-географическими условиями, где учет состояния только растительного покрова [4] не будет давать объективный результат.

Оценка уязвимости ландшафтов осуществлялась методом балльных оценок: производилось суммирование баллов по каждому рассматриваемому компоненту (большее значение соответствовало большему вкладу в формирование уязвимости природных комплексов). Сама оценка базировалась на разработанной нами ландшафтной карте с иерархической дифференциацией природных комплексов на уровне сложных урочищ (рис. 1) – в пределах каждого ландшафтного выдела происходило покомпонентное суммирование баллов.

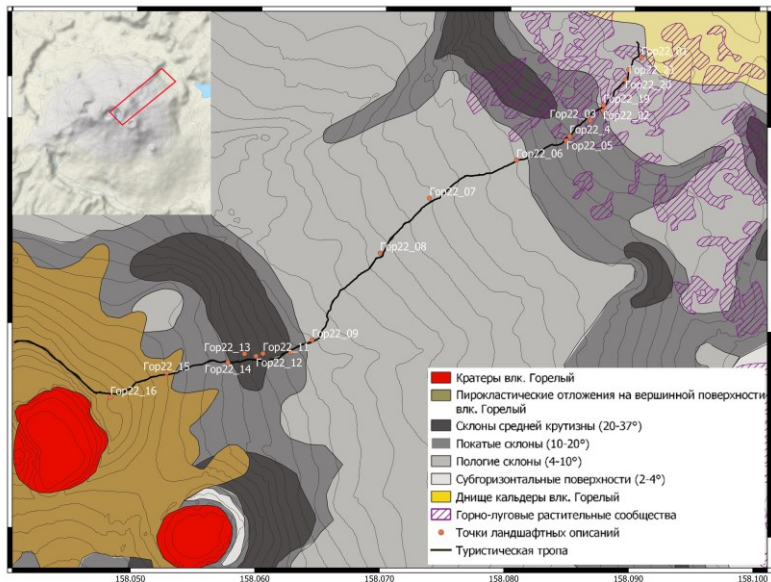


Рис. 1. Фрагмент ландшафтной карты северо-восточного склона влк. Горелый (составлено авторами).

### Анализ полученных результатов

По результатам проведенной оценки к **наиболее уязвимым природным комплексам** отнесены: незадернованные участки днища кальдеры, сложенного водно-ледниковыми и шлаково-пепловыми отложениями, а также вершинная поверхность вулкана Горелый, сложенная резургентными пирокластическими отложениями. Промежуточное положение по уязвимости заняли (**средняя степень уязвимости**):

незадернованные покатые (10-20°) и средней крутизны (20-35°) склоны вулканов, а также покрытые тундрово-луговой растительностью части днища кальдеры. При этом, задернованные и незадернованные субгоризонтальные поверхности и пологие склоны, а также участки, покрытые растительностью, на покатых и средней крутизны склонах и бортах кальдеры, были отнесены к **наименее уязвимым природным комплексам**.

Для уточнения полученных результатов при использовании ЦМР с двухметровым разрешением был заложен ландшафтный профиль. Профиль «прошел» по восточным и северо-восточным склонам вулканической постройки, вдоль туристической тропы, протянувшейся от парковки у подножья вулкана до вершинной поверхности. По заложенному профилю собирались данные о мощности органогенных горизонтов почвы, имеющих протекторное значение и реализующих буферную (средозащитную) функцию, оценивались оголенность минеральных горизонтов почвы по профилю и состав поверхностных отложений. Таким образом, природные комплексы высокой уязвимости приурочены к склонам средней крутизны с мощностью мелкозема около 30 см, покрытые тундрово-луговой растительностью (с проективным покрытием около 50 %), крутые склоны с мощностью мелкозема около 15 см, лишенные растительного покрова, и вершинная поверхность вулкана, сложенная пирокластическими отложениями последних извержений, с мощностью мелкозема около 50 см (рис. 2). Ландшафты средней уязвимости приурочены к склонам средней крутизны, характеризующимся мощностью мелкозема в пределах 10-20 см, лишенным растительности (рис. 2). Комплексы, наименее уязвимые к рекреационной нагрузке, приурочены к пологим склонам, с мощностью мелкозема в пределах 8-10 см. Это участки как покрытые разреженной горно-тундровой растительностью, так и лишенные напочвенной покрова (рис. 2).

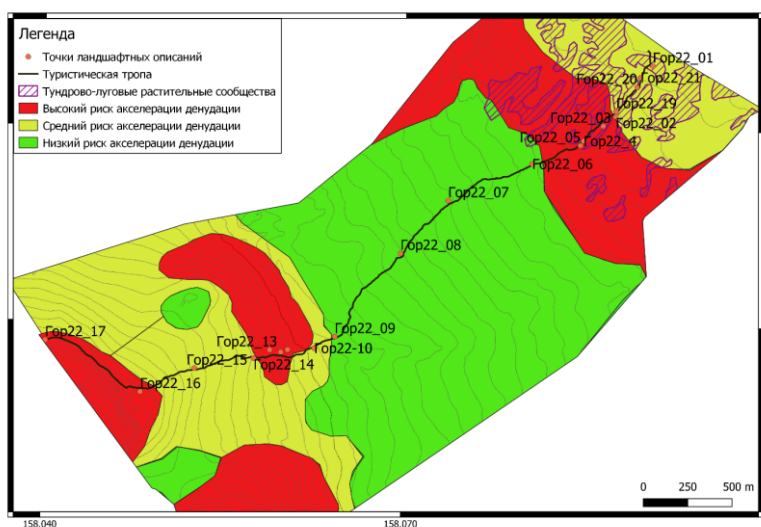


Рис. 2. Уязвимость ландшафтов северо-восточного склона влк. Горелый (составлено авторами).

### Мероприятия по охране природы и безопасности рекреации

Природоохранные мероприятия по маршруту должны быть ориентированы на концентрацию туристического потока в пределах тропы, а также разведение поднимающихся и спускающихся туристов путем ее маркировки направляющими указателями и установкой информационных табличек. На наиболее уязвимых участках необходима корректировка маршрута прохождения тропы, а также строительство каменной отмостки из местного материала и ограждений на бровке кратеров на вершинной поверхности вулкана. Необходимо проведение мониторинговых исследований по маршруту для оценки эффективности реализованных природоохранных мероприятий применительно к условиям с разной рекреационной нагрузкой.

### Заключение

Стихийное развитие туризма на территориях с вулканическими ландшафтами снижает их привлекательность и способствует активизации экзогенных процессов (поверхностного смыва, линейной эрозии и т.д.), разрушающих вулканогенно-осадочные отложения. Возникает потребность в проведении сравнительной оценки уязвимости ландшафтов к рекреационной нагрузке для разработки комплекса природоохранных мероприятий. Таким образом, к наиболее уязвимым природным комплексам отнесены: незадернованная поверхность днища кальдеры, вершинная поверхность вулкана, а дополнительно по маршруту – крутые незадернованные склоны и склоны средней крутизны под тундрово-луговой растительностью.

Предложены природоохранные мероприятия, включающие маркировку троп, строительство каменной отмостки и ограждения, а также организацию экологического мониторинга (с использованием ряда признаков, свидетельствующих об отклике ландшафтов на рекреационные нагрузки).

### Список литературы

1. *Быкасов В.Е.* Вулканогенные ландшафты Тихоокеанского «огненного» кольца и проблемы ландшафтоведения. Тезисы докладов Тихоокеанского научного конгресса. М.: Наука, 1979. С. 106.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Южно-Камчатская. Листы N-57-XXI (Северные Коряки), N-57-XXVII (Петропавловск-Камчатский), N-57-XXXIII (сопка Мутновская). Объяснительная записка. М., 2000. 302 с.
3. *Исаченко А.Г.* Введение в экологическую географию. Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ, 2003. 191 с.
4. *Казанская Н.С.* Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Известия АН СССР. Серия географическая. 1972. № 1. С. 52-59.
5. Камчатка, Курильские и Командорские острова / История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Под ред. И.В. Лучицкого. М.: Наука, 1974. 439 с.
6. *Кузьмичев И.С., Медведков А.А.* Проблемы охраны вулканических ландшафтов на юге криолитозоны в условиях развития стихийного туризма. Материалы XXVII научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский, 27-29 марта 2024 года. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2024. С. 292-295.
7. *Кузьмичев И.С., Медведков А.А., Скроб П.В.* Развитие процессов овражной эрозии в вулканических ландшафтах природного парка «Ключевской» // Географическая среда и живые системы. 2022. № 3. С. 44-59.
8. *Нешатаева В.Ю.* Растительность полуострова Камчатка. М.: КМК, 2009. 537 с.
9. Прогнозирование риска освоения природной среды / Современные изменения в литосфере под влиянием природных и антропогенных факторов. М.: Недра, 1996. С. 141-144.
10. *Селянгин О.Б.* К вулканам Мутновский и Горелый. Вулканогеологический и туристический путеводитель. Петропавловск-Камчатский: Новая книга, 2009. 108 с.
11. *Селянгин О.Б.* Строение, вещество и близповерхностные магматические очаги вулканов Мутновский и Горелый (Мутновский геотермальный район, Камчатка). III. Гореловский вулканический центр Мутновского геотермального района // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 31. С. 401-436.
12. ArcticDEM [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения: 15 сентября 2022).
13. SRTM 90m DEM Digital Elevation Database [Электронный ресурс]. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (дата обращения: 15 сентября 2022).
14. USGS Earth Explorer. [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 27 сентября 2022).