

1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ
1.6.21. Геоэкология (географические науки)



Научная статья
УДК 551.3 (470.65)
<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.1.4>

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ УЧАСТКОВ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ЧИКОЛА – МАЦУТА,
ПЕРЕСЕКАЮЩИХ КРУПНЫЕ
ОПОЛЗНЕВЫЕ МАССИВЫ
(Ирафский район,
Республика Северная Осетия – Алания)**

**Виктор Владимирович Разумов^{1*},
Наталья Дмитриевна Богданова²,
Наталья Викторовна Разумова³,
Наталия Владимировна Кондратьева⁴**

- ^{1,4} Высочайший геофизический институт Росгидромета (д. 2, пр. Ленина, Нальчик, 360030, Российская Федерация)
² Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве (д. 3, стр. 1, пер. Крапивинский, Москва, 127051, Российская Федерация)
³ Российские космические системы Роскосмоса (д. 53, ул. Авиамоторная, Москва, 111250, Российская Федерация)
¹ razumov_vv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>
² bogdanova-nv@igiis.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3983-0373>
³ razumova-nv@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3266-7494>
⁴ kondratyeva_nat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7313-4489>
* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

Объектом исследования является оползневая деятельность на автомобильной дороге Чикола – Мацута, проходящей по территории Ирафского района Республики Северная Осетия – Алания. В работе представлены результаты систематизации и анализа различных источников, содержащих информацию о местоположении и активности (за 2005–2023 гг.) крупных оползневых массивов, пересекаемых автодорогой Чикола – Мацута. В картографическом виде показано местоположение этих крупных оползней. Приведены некоторые качественные и количественные (площадь, объем, мощность) характеристики оползневых массивов, пересекаемых автодорогой, и дано краткое описание формирующих их грунтов. Проведен анализ произошедших наиболее значимых активизаций на этих оползнях за изученный период времени и выявлены участки автодороги, находящиеся в зоне их действия. Охарактеризованы основные природные и техногенные факторы, обуславливающие постоянную и периодическую активизацию изучаемых крупных оползней. Неодинаковая степень проявления этих факторов в разные годы обуславливает различную активность деформационных напряжений на изученных оползневых массивах и, соответственно, разную

степень поражения полотна дороги и дорожной инфраструктуры в зоне их влияния. За рассматриваемый период времени (2005-2023 гг.), для участков автодороги, находящихся в зоне действия изученных оползней, оценена степень их деформации (повреждения, разрушения) оползневыми массами и приведены количественные характеристики произошедшего ущерба. Анализ социально-экономических последствий выявленных, наиболее значимых активизаций оползневых массивов, пересекаемых автодорогой Чикола – Мацута, позволяет сделать вывод о довольно высокой степени их опасности для автомобильного движения по этой дороге.

Ключевые слова: оползневые массивы, оползни, активизация, автомобильная дорога, дорожное полотно, дорожная инфраструктура

Для цитирования: Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Кондратьева Н. В. Оценка степени деформации участков автомобильной дороги «Чикола – Мацута», пересекающих крупные оползневые массивы (Ирафский район Республики Северная Осетия – Алания) // Наука. Инновации. Технологии. 2025. № 1. С. 89–116. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.1.4>

Конфликт интересов: доктор географических наук, профессор Виктор Владимирович Разумов является членом редакционной коллегии журнала «Наука. Инновации. Технологии». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

Статья поступила в редакцию 09.01.2025;
одобрена после рецензирования 10.03.2025;
принята к публикации 20.03.2025.

1.6.21. Geocology Research article

Assessment of the degree of deformation of sections of the Chikola – Matsuta highway crossing large landslide arrays (Irafsky district, Republic of North Ossetia – Alania)

**Viktor V. Razumov^{1*},
Natalia D. Bogdanova²,
Natalia V. Razumova³,
Nataliya V. Kondratyeva⁴**

^{1,4} High-Mountain Geophysical Institute of Roshydromet (Lenin Ave., 2, Na-
lichik, 360030, Russian Federation)

² Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction (3,
Bldg 1, Krapivenskiy lane, 127051, Russian Federation)

³ Russian Space Systems of Roscosmos (Aviamotornaya St., 53, Moscow, 111250, Russian Federation)

¹ razumov_vv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>

² bogdanova@igiiis.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3983-0373>

³ razumova-nv@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3266-7494>

⁴ kondratyeva_nat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7313-4489>

* Corresponding author

Abstract.

The object of the study is landslide activity on the Chikola-Matsuta highway passing through the territory of the Irafsky district of the Republic of North Ossetia-Alania. The paper presents the results of systematization and analysis of various sources containing information on the location and activity (for 2005-2023) of large landslide massifs crossed by the Chikola-Matsuta highway. The location of these large landslides is shown in a cartographic form. Some qualitative and quantitative (area, volume and capacity) characteristics of these landslide massifs intersected by the highway are given, and a brief description of the soils forming them is given. The analysis of the most significant activations on these landslides over the studied period of time has been carried out and the sections of the highway located in their area of action have been identified. The main natural and man-made factors that cause the constant and periodic activation of the studied landslides are characterized. The varying degree of manifestation of these factors in different years determines the diverse activity of deformation stresses on the studied landslide massifs and, accordingly, the different degree of damage to the roadbed and road infrastructure in the zone of their influence. During the time period under review (2005–2023), the degree of their deformation (damage, destruction) by landslide masses was estimated for the sections of the highway located in the area of the studied landslides and quantitative characteristics of the damage were given. An analysis of the socio-economic consequences of the identified, most significant landslide activations crossed by the Chikola-Matsuta highway allows us to conclude that they are quite dangerous for automobile traffic along this road.

Keywords:

landslide arrays, landslides, activation, highway, roadway, road infrastructure

For citation:

Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova NV, Kondratyeva NV. Assessment of the degree of deformation of sections of the Chikola-Matsuta highway crossing large landslide arrays (Irafsky district, Republic of North Ossetia-Alania). *Science. Innovations. Technologies*. 2025;(1):89-116. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.1.4>

Conflict of interest:

Viktor V. Razumov, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, is a member of Editorial Board of journal "Science. Innovations. Technologies". The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

The article was submitted 09.01.2025;
approved after reviewing 10.03.2025;
accepted for publication 20.03.2025.

Введение

На территории Республики Северная Осетия – Алания (РСО–Алания) находится восемь административных районов (Алагирский, Ардонский, Дигорский, Ирафский, Кировский, Моздокский, Правобережный, Пригородный) и город республиканского подчинения – Владикавказ. Ирафский район расположен в юго-западной части РСО–Алания и граничит на юге – с Грузией, на западе и севере – с Кабардино-Балкарской Республикой, на востоке – с Дигорским и Алагирским районами республики. В состав района входит 36 населенных пунктов. Административным центром района является село Чикола, расположенное в междуречье рек Урух и Чикола, на высоте 670 м н.у.м. Единственной (действующей) автотранспортной магистралью в Ирафском районе, соединяющей населенные пункты и базы отдыха, расположенные в высоко- и среднегорной зонах с остальной частью республики, является автодорога Чикола – Мацута, проходящая в долине реки (р.) Урух (левый приток р. Терек).

Река Урух является основной водной артерией района, она берет начало у ледника Харвес на склоне Главного Кавказского хребта. Современное оледенение в бассейне р. Урух развито на Главном и Боковом хребтах. Наличие ледников и высоких междуречных хребтов с крутыми склонами, обеспечивает высокий коэффициент стока. В геологическом строении долины р. Урух принимают участие осадочные, вулканогенные, магматогенные и метаморфогенные образования нижней и средней юры [1]. Сложное геолого-тектоническое строение бассейна реки обуславливает высокую активность оползневых процессов, которые представляют значительную угрозу населенным пунктам, хозяйственным и природным объектам Ирафского района республики.

Под оползнями, согласно СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003», понимается смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и поверхностных сил. Условия, причины образования и опасность проявления оползневых процессов общеизвестны и подробно описаны в научной литературе.

Всего в Ирафском районе республики зафиксировано 52 оползния [2], которые распространены как в высокогорных, так и в средне- и низкогорных частях бассейна р. Урух. Основная часть этих оползней в основном находится в стабильном состоянии, а 8–10 % – в стадии периодической активизации [3]. По объему оползни подразделяются на малые (до 1 тыс. м³), средние (от 1 до 10 тыс. м³), крупные (от 100 тыс. м³ до 1 млн м³) и очень крупные (более 1 млн м³) [2]. В небольшую группу крупных и очень крупных оползневых массивов Ирафского района можно отнести Арсакидонский, Донифарский, Мацутинский, Лесной, Калнахтинский, Нарские (Северный и Нижне-Нарский), Низовой, Верховой и др. [2, 4–6] (рис. 1). Местоположение и активность (в многолетнем разрезе) этих и других крупных оползневых массивов на территории республики РСО – Алания были нами ранее изучены и охарактеризованы в работах [7–11].

Многие участки автомобильных дорог РСО – Алания, в том числе и в Ирафском районе, вследствие геологических (мощный чехол рыхлых отложений на склонах, интенсивная тектоническая раздробленность скальных грунтов, неоднородность литологического состава и др.) и геоморфологических (высокий энергетический потенциал рельефа с крутыми и протяженными склонами, большие уклоны рек, морфология речных долин и др.) особенностей территории республики, подвержены оползневому процессам. Сейсмичность территории республики в совокупности с современными тектоническими движениями, очевидно, также способствует оползневой активизации на дорогах [2]. Многочисленные публикации [2, 6–12] свидетельствуют о том, что в республике наиболее активно оползневые процессы проявляются на тех участках автомобильных дорог, которые проходят по телу крупных оползневых массивов.

Цель исследования – оценить степень деформации (повреждения, разрушения) участков автомобильной дороги Чикола – Мацута (Ирафский район Республики Северная Осетия – Алания), проходящих по телу крупных оползневых массивов.

Основные задачи исследования:

- провести инвентаризацию и описание крупных оползней, в зоне действия которых проходит автодорога Чикола – Мацута;



Рис. 1.

Карта местоположения основных оползневых массивов в бассейне р. Урух [11].

Fig. 1. The map of the location of the main landslide massifs in the Uruk River basin [11].

Источник: [11]. Source: [11].

- оценить степень деформации участков автодороги в результате активизации этих оползневых массивов (за период 2005–2023 г.).

Материалы и методы исследований

Главным методом, используемым в данной работе, стал анализ различных источников, содержащих информацию об активности крупных оползневых массивов на территории Ирафского района РСО–Алания. В качестве основных были использованы литературные источники и опубликованные данные Минприроды РСО–Алания [3, 13] и Центра государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) ФГБУ «Гидроспецгеология» [14–19]. Обобщение и систематизация собранного материала с единых методических позиций позволили достаточно достоверно оценить степень деформации отдельных участков автодороги Чиколы – Мацула (за период 2005–2023 г.), находящихся в зоне активизации крупных оползневых массивов.

В исследовании дополнительно были использованы следующие фондовые материалы (далее – отчеты):

- отчет по «Ведению государственного мониторинга состояния недр территории Республики Северная Осетия – Алания» в 2005-2007 гг.». Книга 1 (ГУП РСО–А РЦ «Севосгеомониторинг», Владикавказ, 2007);
- отчет о результатах работ по объекту 6-06/07 «Ведение государственного мониторинга состояния недр территории Южного федерального округа в 2008–2010 гг.». Книга 1, 2 (ЮРЦ ГМСН ФГУГП «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2011);
- геологический отчет по объекту «Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2011–2013 гг.». Книга 1, 2 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидроспецгеология», Ессентуки, 2013);
- геологический отчет о результатах выполненных работ по объекту «Государственный мониторинг со-

стояния недр территории Северо-Кавказского ФО в 2014-2015 гг.». Книга 1, 2 (ЮРЦ ГМСН ФГБУ «Гидро-роеспецгеология», Ессентуки, 2015).

Для указания местоположения, произошедших на автодороге активизаций оползневых массивов, использовались значения километрового знака (пикета), обозначающего (согласно ГОСТ 32869-2014) нумерованную точку разметки расстояния на дороге (отрезок дороги между смежными пикетными знаками равен 100 м).

Результаты исследований и их обсуждение

Одним из основных изменяющихся факторов активизации оползневых процессов в долине р. Урух является гидрометеорологический. Избыточное увлажнение склонов чаще всего достигается совокупным действием обильных дождей и интенсивным таянием ледников и снежников в высокогорных частях бассейна. В годы аномально сильных осадков число оползневых активизаций увеличивается в 2,5–3,0 раза [11, 20]. Значительное влияние на активность оползней оказывает резкое увеличение стока р. Урух, в результате чего происходит размыв и разрушение фронтальных частей оползней. Боковая эрозия реки вызывает постепенное смещение центра тяжести оползневых масс и нарушение их равновесия, что является одним из наиболее существенных факторов их сохраняющейся активности [3, 13].

Эксплуатация и периодическая реконструкция автодороги Чикола – Мацута (с нарушением подземного и поверхностного стока, подрезкой и отсыпкой горных склонов, динамическими вибрациями от движущегося автотранспорта и др.) также значительно провоцирует активизацию оползневых массивов, расположенных вблизи дороги и пересекаемых ею. Оползневые активизации на этой дороге неоднократно приводили к деформации ее полотна и инфраструктурных объектов, в основном, на участках ее перехода через крупные оползневые массивы: Арсакидонский, Тоннельный, Верховой, Низовой, Лесной, Мацутинский, Нарские (Северный и Нижне-Нарский) и др. (рис. 1). Приведем результаты проведенного анализа по

оценке степени деформации участков автодороги «Чикола – Мацута» в зоне активизации этих оползней.

Автодорога Чикола – Мацута на 13,2–14,0 км пересекает *Арсакидонский оползень*, расположенный на правом берегу р. Урух (в 2 км к югу от села (с.) Ахсарисар). Базисом оползания является пойма р. Арсакидон (правый приток р. Урух) (высота – 820 м н.у.м). Оползень развивается в делювиальных и аллювиальных отложениях, представленных валунно-галечниками с суглинком. Практически ежегодно в теплый период года оползневой массив находится в стадии активного развития (вследствие сильного обводнения грунтов после снеготаяния и весенних ливней), зимой он обычно переходит в стадию временной стабилизации. Значимые активизации на оползне происходили в 2016, 2017, 2019 и 2020 гг. [8, 11]. Наиболее значительные подвижки на оползне, приведшие к деформации до 200 м дорожного полотна и временной остановки движения произошли в 2016 г. Активизация оползня (площадь – 3,5 тыс. м², мощность – 5–10 м) в весенне-летний период 2017 г. привела к повреждению около 100 м дороги. В марте-апреле 2019 г. создалась угроза перекрытия дороги в результате подвижек на оползне (площадь – 2,8 тыс. м², мощность – до 10 м, объем – 20 тыс. м³). При последней активизации (площадь активной части – 7,2 тыс. м², мощность – до 8 м) оползневого массива (в 2020 г.) было деформировано 50 м дорожного полотна.

В 100 м к югу от автодорожного тоннеля, в низовом откосе автодороги (пикет 21,1 км), расположен *Тоннельный оползень*. Значительные подвижки на оползне, с деформацией до 50 м дорожного полотна, наблюдались только в последние годы (2019, 2021–2023 гг.) [11, 14–19]. В 2019 г., результатом ранней весенней активизации (площадь – 2,5 тыс. м², мощность – до 5 м, объем – 10 тыс. м³) оползня, явилось отседание 50 м дорожной полки и низового откоса дороги. В апреле 2021 г., активизация (площадь активной части – 3,5 тыс. м², мощность – до 10 м) оползня, обусловленная пригрузкой больших объемов техногенных грунтов на внешний край дорожной полки, привела к деформированию 50 м дорожного полотна. По 50 м дороги было повреждено в 2022 и 2023 гг., при этом площадь активизации составила, соответственно, 3,5 тыс. м² и 4,0 тыс. м².

В 0,5 км к западу от с. Нижний Задалеск (на правом берегу р. Урух) в верховом откосе автодороги (пикет 27,5-27,6 км) расположен **Верховой оползень**, развивающийся в глинистых древнеоползневых отложениях. В последние годы, после активного снеготаяния и выпадения атмосферных осадков, на нем наблюдались активные подвижки и трещины, которые приводили в 2017-2020 гг. к деформации до 50 м полотна и 20 м силового ограждения дороги [8, 11]. Так, в начале весны 2017 г. смещение части (площадь – 3,5 тыс. м², мощность – 3-5 м, объем – 10,0 тыс. м³) оползня привело к повреждению 40 м дорожного полотна и 20 м силового ограждения дороги. Значительные подвижки на оползне (площадь активной части – около 3,5 тыс. м², объем – 15–20 тыс. м³, мощность – до 5 м) наблюдались в апреле 2018 г., в результате чего было перекрыто грунтовыми массами 50 м дороги (рис. 2). Медленное оползание разжиженных грунтов на дорогу продолжалось около 3 суток, что потребовало постоянного присутствия дежурной дорожной техники.

В конце марта – начале апреля 2019 г. на оползне наблюдалась деформация поверхности склона, просадка центральной части, оползание разжиженных глинистых масс по склону вплоть до дороги, но дорожное полотно не было затронуто. Площадь активной части оползня составила 1,5 тыс. м², мощность – до 5 м, объем – около 7 тыс. м³. В апреле 2020 г. полужидкими оползшими грунтами (площадь активизации – 3,2 тыс. м²) было перекрыто 40 м автодороги.

Значительную угрозу автодороге (пикет 28,1 км) представляет **Лесной оползень** (объем – около 4,5 млн м³), расположенный на правом берегу р. Урух. Его активизация в значительной степени обусловлена практически ежегодной активностью (последние 15-20 лет) Донифарского оползня (площадь – 560 тыс. м², объем – до 15 млн м³, мощность – 70 м) расположенного (рис. 3) на склоне (крутизна 10–12°) левого берега р. Урух, к северу от с. Донифарс, напротив Лесного оползня. Смещение значительных масс грунтов Донифарского оползневого массива при его активизации в русло р. Урух приводит к оттеснению реки к правому берегу, что приводит к усилению эрозии фронтальной части Лесного оползня. На теле Лесного оползня при этом наблюдается отсадка крупных блоков, рас-



Рис. 2.

Фронтальная часть Верхового оползня после расчистки а/д Чикола – Мацута (пикет 27,6 км), 2018 г. Фото АО «Севосетингеоэкомониторинг».

Fig. 2. The frontal part of the Riding landslide after the clearing of the Chikola – Matsuta highway (picket 27.6 km), 2018. Photo by JSC Sevosetingeoeekomonitoring.

Источник:
Source:

Фото АО «Севосетингеоэкомониторинг».
Photo by JSC Sevosetingeoeekomonitoring.

трескивание поверхности, обводнение и разжижение грунтов, что вызывает отсадку и оползание низового откоса автодороги Чиколла – Мацута на протяжении более 100 м. Наиболее крупная активизация Лесного оползня была отмечена в 1991 г., после чего он 15 лет находился в стадии временной стабилизации. В XXI веке наиболее значимые активизации на этом оползневом массиве (с деформированием до 100 м дорожной полки) происходили в 2005, 2006, 2009, 2011, 2012, 2020, 2021 гг. [8, 11, 14–19]. Весной 2005–2006 гг. в пределах фронтальной части оползня, размываемой р. Урух, происходило интенсивное растрескивание склона, отсадка и оползание крупных блоков в низовом откосе автодороги. В 2009 г. смещение значительных масс грунтов Донифарского оползня привело к оттеснению реки к правому берегу, где усилилась эрозия фронтальной части Лесного оползня, что стало причиной оползания низового откоса автодороги, деформации захватили 100 м дорожной полки (рис. 4).

В 2011 г. такая же активизация Лесного оползня привела к повреждению 200 м дороги, а в 2012 г. – 20 м. В середине мая 2020 г., в низовом откосе автодороги произошло оползание крупного обводненного блока (площадь – 3,5 тыс. м², мощность – до 6 м) южного фланга Лесного оползня, который деформировал 50 м внешнего края дорожной полки. В апреле 2021 г. при активизации (площадь – 4,0 тыс. м², мощность – до 6 м) фронтальной части оползня наблюдалась отсадка крупных блоков, растрескивание поверхности, обводнение и разжижение грунтов. При активизации было деформировано 40 м дорожной полки.

На 28,3–29,0 км автодорога пересекает *Низовой оползень*, расположенный на правом берегу р. Урух, в 0,8 км к юго-западу от с. Нижний Задалеск. Базисом его оползания является пойма р. Урух (высота – около 1000 м н.у.м.), а промежуточным базисом – ступень древнего оползня (высота – 1065 м н.у.м.). Низовой оползень развился в старых оползневых отложениях с захватом современных делювиально-пролювиальных грунтов. Кроме весеннего обводнения грунтов осадками, на снижение устойчивости склона здесь повлияла сильная подрезка дорожной выемкой, в результате чего был нарушен естественный устоявшийся сток грунтовых вод и заметно увеличилось обводнение грунтов. Значимая активность на оползне, с



Рис. 3.

**Донифарский оползень.
Общий вид, 2019 г.**

Fig. 3. Donifars landslide. General view, 2019.

Источник:
Source:

Фото АО «Севосетингеоэкомониторинг».
Photo by JSC Sevosetingeoeкомониторинг.



Рис. 4.

Развитие деформационных процессов на пересечении а/д «Чиколы – Мацута» с Лесным оползнем, 2009 г.

Fig. 4. Development of deformation processes at the intersection of the Chikola-Matsuta highway with the Lesnoy landslide, 2009.

Источник:

Фото ГУП РСО–А «Севосгеоэкомониторинг».

Source:

Photo by the State Unitary Enterprise of the Republic of North Ossetia – Alania Sevosgeoeocomonitoring.



Рис. 5.

Смещенные блоки в головной и центральной частях Низового оползня в месте его пересечения а/д Чикола – Мацута (пикет 29,0 км), 2017 г.

Fig. 5. Displaced blocks in the head and central parts of the Lower Landslide at the place where it intersects the Chikola-Matsuta highway (piquet 29.0 km), 2017.

Источник:
Source:

Фото АО «Севосетингеоэкомониторинг».
Photo by JSC Sevosetingeoeocomonitoring.

деформацией до 150 м дорожного полотна и до 100 м дорожной инфраструктуры, наблюдалась в 2016–2023 гг. [8, 11, 14–19]. В 2016 г., в результате активизации оползня было повреждено 60 м дорожного полотна. В конце апреля 2017 г., при активизации части оползня (площадь – 2,7 тыс. м², объем – 19–20 тыс. м³, мощность – до 10 м) наблюдалось смещение блоков грунта на дорожное полотно и оползание низового откоса дороги с растрескиванием и разрушением асфальтового покрытия, в результате чего было деформировано 50 м дорожного полотна и 20 м силового ограждения (рис. 5).

При подвижках (площадь – 22,5 тыс. м², мощность – 5–7 м) оползня в марте 2018 г. наблюдалось оползание крупных блоков грунта на полотно дороги и отседание низового откоса дороги, было деформировано 100 м дорожного полотна. В первых числах апреля 2019 г., при активизации оползня (площадь – 22 тыс. м², мощность – до 10 м, объем – 200 тыс. м³), грунтовыми массами было перекрыто 100 м дороги. В апреле 2020 г., в этом же месте возобновились активные подвижки на оползне (площадь активной части – 95 тыс. м², мощность – до 10 м), что привело к повреждению 150 м дорожного полотна. В апреле 2021 г. наблюдалось растрескивание дорожного полотна, отсадка низового откоса дороги (до 2,5 м) и обрушение металлического ограждения на интервале 100 м. В апреле 2022 г., активизация (площадь активной части – 19,5 тыс. м², мощность до 10 м) оползня привела к деформации 150 м дорожной полки и металлического ограждения. В мае 2023 г. очередная активизация оползня привела к деформированию 100 м дорожной полки.

Наиболее разрушительные деформации автодороги Чикола – Мацута происходили на участке, где она пересекает фронтальную часть *Мацутинского оползня* (пикет 29,5–30,0 км), расположенного на правом берегу р. Урух (в 1,5 км к северу от с. Мацута). Грунты этого оползневого массива (протяженность – 1,2 км, объем – около 15,5 млн м³, площадь – 0,4 км², мощность – 30–50 м, крутизна склона – до 30°) представлены щебнисто-глинистым материалом с глыбами и блоками осадочных пород [5, 7]. Оползень сохраняет постоянную активность с 1990 г. Обводнение грунтов здесь вызывает периодическое смещение оползневых масс на площади до 200 тыс. м² с разрушением автодороги на интервале до 400 м и более. Со време-

ни своего образования Мацутинский оползень сохраняет постоянную активность за счет подмыва рекой Урух фронтального уступа, техногенной подрезки склона и ливневых осадков. Наиболее значимая активность этого оползневого массива наблюдалась в 2007-2009, 2011, 2014, 2017, 2018 гг. [8, 11]. Так, в 2007 г. формирование крупного оползневого блока (площадь – около 15 тыс. м²) на южном фланге Мацутинского оползня, создало реальную угрозу разрушения дорожного полотна протяженностью около 100 м. В 2008 г., на этом же месте, наблюдалась интенсивная деформация полотна автодороги, в виде отсадки и обрушения наружного края 100 м дорожной полки. Отдельные блоки осели по вертикали на 1,5–2 м. В 2009 г. интенсивные деформации на южном фланге оползня вызвали оползание низового откоса и дорожной полки на протяжении более 200 м. В 2011 г. трещина отрыва оползневого блока наблюдалась выше дороги, охватывая участок дорожной полки общей протяженностью до 200 м. Активизация на оползне с марта по август 2014 г. привела к повреждению 100 м дороги. В марте–апреле 2017 г. подвижки (площадь – около 90 тыс. м², объем – 200 тыс. м³, мощность – 25 м) на фронтальной части оползня привели к деформированию 100 м дороги. В марте 2018 г., в результате очередной активизации оползня (площадь активной части – 100 тыс. м²) было деформированию 300 м автодороги. Катастрофическая активизация Мацутинского оползня (площадь активной части – 157,5 тыс. м², объем – более 6 млн м³, мощность – 40–50 м), произошедшая 3–7 августа 2018 г. привела к сильным деформациям и смещению крупных блоков грунта как на самом оползне, так и на пересекающей его автодороге «Чикола – Мацута». Средняя скорость смещения оползня составляла в среднем 3,5 м/сут. Всего было разрушено около 500 м дороги, дорожное полотно в некоторых местах сместилось вниз на 20 м (рис. 6).

На 30,1–30,2 км автодорога пересекает *Северный Нарский оползень*, расположенный на правом берегу р. Урух (между Мацутинским и Нижне-Нарским оползнями). Оползневой массив находится на крутом (до 45°) склоне, значительно превышающем угол естественного откоса для щебнисто-глинистых пород. Последние 15-20 лет, пребывая в стадии относительной стабилизации (на по-



Рис. 6.

Смещение полотна автодороги Чикола – Мацута в результате активизации Мацутинского оползня, 07.08.2018.

Fig. 6. Displacement of the Chikola-Matsuta roadbed as a result of the activation of the Matsuta landslide, 07.08.2018.

Источник:
Source:

Фото АО «Севосетингеозомониторинг».
Photo by JSC Sevosetingeoeomonitoring.



Рис. 7.

Северный Нарский оползень, подрезанный а/д Чикола – Мацута, 2008 г.

Fig. 7. Severniy Narskiy landslide undercut by Chikola – Matsuta highway, 2008. Photo by Sevosgeoekomonitoring.

Источник:
Source:

Фото ГУП РСО – А «Севосгеоэкомониторинг».
Photo by Sevosgeoekomonitoring.

верхности оползня находятся неустойчивые глыбы весом в десятки тонн, создающие дополнительную угрозу дорожному движению), он несколько раз выводил из строя до 100 м автодороги. Наиболее значимые активизации на оползне наблюдались в 2008, 2015 и 2019 гг. [8, 11]. В 2008 г. активные подвижки (площадь – 39 тыс. м²) на оползне привели к деформированию 100 м автодороги (рис. 7), а в 2015 г. оползневыми массами было перекрыто 30 м дорожного полотна. При активизации (площадь активной части – 2,75 тыс. м², мощность – до 10 м, объем – до 270 тыс. м³) оползня в апреле 2019 г., полотно дороги частично перекрывалось оползшими грунтами.

Автодорога Чикола – Мацута (пикет 30,4-31,0 км) также проходит и по телу *Нижне-Нарского оползня* (площадь 0,74 км², объем 25,0 млн м³), расположенного на правом берегу р. Урух (в 0,5 км севернее с. Мацута). Состав грунтов этого оползневого массива характеризуется преобладанием щебнистого материала, но в головной и средней его части фрагментарно встречаются глинистые участки. В средней и нижней части тело оползневого массива обводнено, отмечен ряд постоянных и сезонных родников и заболоченных участков. Основная причина активизации этого оползня состоит в том, что при реконструкции дороги оползневый склон был подрезан дорожной выемкой, а верховой откос приобрел высоту 20–40 м и крутизну до 60–70°, что резко снизило его устойчивость и сильно нарушило устоявшийся сток грунтовых вод. Это вызвало обводнение отдельных участков нагорного склона и также способствовало активизации оползня. Последняя крупная активизация оползня была в 1993 году. В XXI веке значимая активность на оползне, с деформацией и перекрытием до 200 м автодороги, наблюдалась в 2009–2011, 2014, 2015, 2018–2022 гг. [8, 11, 14–19]. Она происходила преимущественно в пределах фронтальной части оползня, через которую проходит автодорога, этот участок приходилось ежегодно расчищать от грунтовых масс и ремонтировать.

В 2009 г. при активизации (площадь – 10 тыс. м²) северного фланга Нижне-Нарского оползня, оползневыми массами было перекрыто 70 м автодороги (в 500 м севернее с. Мацута). В марте-апреле 2010 г. в результате активизации оползня произошла деформа-

ция 200 м дороги (пикет 30,4 км). В 2011 г. активизировался южный фланг оползневого массива (пикеты 30,6–31,0 км), создавая периодическое перекрытие и деформацию дорожной полки на протяжении 200 м, причем интенсивное развитие деформаций шло как в низовом откосе, так и в нагорном склоне дороги. Происходящие активизации на оползне в марте-августе 2014 и 2015 гг. привели к ежегодному повреждению 50 м дорожного полотна. В апреле 2018 г. произошло отседание и оползание на дорожную полку грунтовых масс с верхового откоса дороги на северном фланге Нижне-Нарского оползня, что привело к перекрытию оползневыми отложениями 40 м автодороги. В марте 2019 г. произошла активизация (площадь – 5,0 тыс. м², мощность – до 10 м, объем – 50,0 тыс. м³) фронтальной части южного фланга оползня, в результате чего 10 м верхнего края дорожной полки было разрушено вместе с асфальтом. Оползневые массы перекрыли водопропускной лоток по нагорному краю дороги. В начале апреля этого же года активизировался (площадь – 3,5 тыс. м², мощность – до 2 м, объем – 5 тыс. м³) северный блок оползня, следствием чего явилось перекрытие оползневыми массами 40 м автодороги. В мае 2020 г. произошла активизация (площадь – 5 тыс. м², мощность – до 10 м, объем – 50 тыс. м³) южного блока оползня, в результате чего было деформировано 10 м внешнего края дороги (пикет 30,6 км). В апреле 2021 г. выявлена активизация на южном и северном флангах Нижне-Нарского оползня. В результате активизации (площадь – 5 тыс. м², объем – около 50 тыс. м³, мощность – до 10 м) на южном блоке оползня, было деформировано 10 м дороги. При активизации на северном блоке отмечалось обрушение и сползание рыхлого материала на дорожное полотно при сильном обводнении и разжижении, в результате чего было перекрыто 40 м дороги. В 2022 г., также, как и в предыдущем, активизация произошла на южном и северном блоках оползня. На южном блоке активизация (площадь – 5 тыс. м², объем – около 50 тыс. м³, мощность – до 10 м) проявилась в виде растрескивания склона, смещения отдельных блоков при обводнении, осыпании и оползании рыхлого материала на дорогу. При активизации (площадь – 3,5 тыс. м², мощность 2–3 м) северного блока произошло перекрытие 40 м дороги оползневыми массами.

Заключение

Проведенные систематизация и анализ различных источников, содержащих информацию о распространении и активности (за 2005–2023 гг.) наиболее крупных оползневых массивов на территории Ирафского района Республики Северная Осетия – Алания, позволили выявить те из них, в зоне действия которых находится автомобильная дорога Чикола – Мацута. В картографическом виде показано местоположение крупных оползней на территории района. Приведены некоторые качественные и количественные (площадь, объем, мощность) характеристики крупных оползневых массивов, пересекаемых автодорогой. Проведен анализ произошедших активизаций на этих оползнях за изученный период времени и выявлены участки автодороги, находящиеся в зоне их действия. Охарактеризованы основные природные и техногенные факторы, обуславливающие постоянную и периодическую активизацию изучаемых оползней. Неодинаковая степень проявления этих факторов в разные годы обуславливает различную активность деформационных напряжений на изученных оползневых массивах и, соответственно, разную степень поражения дорожной инфраструктуры в зоне их влияния. За рассматриваемый период времени (2005–2023 гг.), для участков автодороги, находящихся в зоне действия изученных оползней, оценена угроза их деформации (повреждения, разрушения) оползневыми массами и приведены количественные характеристики произошедшего ущерба. Анализ социально-экономических последствий выявленных, наиболее значимых активизаций оползневых массивов, пересекаемых автодорогой Чикола – Мацута, позволяет сделать вывод о довольно высокой степени их опасности для автомобильного движения по этой дороге.

Список источников

1. Кюль Е. В. Тектонические оползневые массивы Центрального Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2017. № 2. С. 67–81.
2. Томаев В. А., Хацаева Ф. М. Развитие оползней в зонах палеосейсмодислокаций горных территорий РСО–Алания // Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений. Материалы VII Международной конференции, Владикавказ, 2010. С. 14–18.

3. Государственные доклады о состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия – Алания в 2002–2017 гг. Владикавказ: Министерство природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия – Алания, 2003–2018.
4. Схема территориального планирования Ирафского муниципального района. Материалы по обоснованию. Т. 1. Анализ современного положения. Природно-ресурсный потенциал. Владикавказ: Инфотерра, 2011. 150 с.
5. Хацаева Ф. М., Томаев В. А. Оползневая опасность бассейнов горных рек Республики Северная Осетия – Алания // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. С. 1821.
6. Цгоев Т. Ф., Гриднев Е. А. Мониторинг экзогенных геологических процессов на территории РСО–Алания: состояние, проблемы и меры по их предотвращению // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2015. № 3 (13). С. 56–61.
7. Богданова Н. Д., Разумов В. В., Висхаджиева К. С., Разумова Н. В. Активность основных оползневых массивов в бассейне р. Урух (Республика Северная Осетия – Алания) // Инженерные изыскания. 2019. № 5–6. С. 76–87.
8. Разумов В. В., Аджиев А. Х., Разумова Н. В., Кондратьева Н. В., Богданова Н. Д. База данных оползневых активизаций, произошедших на территории Республики Северная Осетия – Алания за 2005–2020 гг. / Заявка № 2022621563 от 29.06.2022 г. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622742 от 03.11.2022 г.
9. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Висхаджиева К. С., Князев А. П. Активность основных оползневых массивов в бассейнах рр. Урсдон и Ардон (Республики Северная Осетия – Алания) // Инженерные изыскания. 2020. Том XIV. № 2. С. 10–26.
10. Разумов В. В., Богданова Н. Д., Разумова Н. В., Шальнев В. А. Опасность оползневой деятельности в Моздокском районе Республики Северная Осетия – Алания // Наука. Инновации. Технологии. 2024. № 2. С. 141–164.
11. Разумов В. В., Лиховид А. А., Шаповалов Д. А., Шагин С. И., Разумова Н. В., Богданова Н. Д. Оползневая деятельность на Северном Кавказе в XXI веке / под ред. д.г.н., проф. В.В. Разумова. М.: Феория; Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. 368 с.

12. Хацаева Ф. М., Томаев В. А. Оползневые процессы в тектонически-активных зонах территории РСО–Алания // Природные ресурсы республики Северная Осетия – Алания. Том «Природные и техногенные катастрофы». Владикавказ, 2005. С. 74–81.
13. Доклады об экологической ситуации в Республике Северная Осетия – Алания в 2016–2019 гг. Владикавказ: Министерство природных ресурсов и экологии Республики Северная Осетия – Алания. 2017–2020.
14. Информационные бюллетени о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2004–2022 гг. М.: Изд-во «Геоинформмарк», 2005–2023. Вып. 28–46.
15. Информационные бюллетени о состоянии недр территории Северо-Кавказского федерального округа Российской Федерации за 2015–2023 гг. Ессентуки: Изд-во «Гидроспецгеология», 2016–2024. Вып. 12–20.
16. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации (по кварталам) за 2007–2023 гг. М.: Изд-во «Гидроспецгеология», 2007–2023.
17. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Южного федерального округа (по кварталам) за 2005–2010 гг. Ессентуки: Изд-во «Гидроспецгеология», 2005–2010.
18. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (по кварталам) за 2011–2012 гг. Ессентуки: Изд-во «Гидроспецгеология», 2011–2012.
19. Информационные сводки о проявлениях экзогенных геологических процессов на территории Северо-Кавказского федерального округа (по кварталам) за 2013–2023 гг. Ессентуки: Изд-во «Гидроспецгеология», 2013–2023.
20. Цогоев В. Б. Геология и полезные ископаемые. Владикавказ: Проект-Пресс. 2005. 390 с.

References

1. Kühl EV. Tectonic landslide massifs of the Central Caucasus. Geology and Geophysics of the South of Russia. 2017;(2):67-81. (In Russ.).
2. Tomaev VA, Khatsaeva FM. Development of landslides in zones of paleoseismic dislocations of mountainous territories

- of the Republic of North Ossetia-Alania. Sustainable development of mountainous territories in the context of global changes. Proceedings of the VII International Conference; Vladikavkaz; 2010;14-18. (In Russ.).
3. State reports on the state and protection of the environment and natural resources of the Republic of North Ossetia-Alania in 2002-2017. Vladikavkaz: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Republic of North Ossetia – Alania; 2003-2018. (In Russ.).
 4. Territorial planning scheme of the Irafsky municipal district. Materials for justification. Volume 1. Analysis of the current situation. Natural resource potential. Vladikavkaz: LLC NPP Infoterra; 2011. 150 p. (In Russ.)
 5. Khatsayeva FM, Tomaev VA. Landslide hazard of mountain river basins of the Republic of North Ossetia-Alania. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2015;(1-2):1821. (In Russ.).
 6. Tsgoev TF, Gridnev EA. Monitoring of exogenous geological processes in the territory of the Republic of North Ossetia – Alania: status, problems and measures to prevent them. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Engineering and construction bulletin of the Caspian region. 2015;3(13):56-61. (In Russ.).
 7. Bogdanova ND, Razumov VV, Viskhadzhieva KS, Razumova NV. Activity of the Main Landslide Massifs in the Uruk River Basin (Republic of North Ossetia-Alania). *Inzhenernye izyskaniya* = Engineering Surveys. 2019;(5-6):76-87. (In Russ.).
 8. Razumov VV, Adzhiev AKh, Razumova NV, Kondratieva NV, et. al. Database of Landslide Activations That Occurred on the Territory of the Republic of North Ossetia-Alania in 2005-2020. Application No. 2022621563 dated June 29, 2022. Certificate of state registration of the database No. 2022622742 dated November 3, 2022. (In Russ.).
 9. Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova NV, Viskhadzhieva KS, Knyazev AP. Activity of the main landslide massifs in the Uruksan and Ardon river basins (Republic of North Ossetia-Alania). *Inzhenernye izyskaniya* = Engineering surveys. 2020; XIV(2):10-26. (In Russ.).
 10. Razumov VV, Bogdanova ND, Razumova NV, Shalnev VA. Landslide hazard in the Mozdok district of the Republic of North Ossetia-Alania. *Science. Innovations. Technologies*. 2024;(2):141-164. (In Russ.).

1. Razumov VV (main author), Likhovid AA, Shapovalov DA, Shagin SI, Razumova NV, Bogdanova ND. Landslide activity in the North Caucasus in the 21st century (edited by Doctor of Geography, Prof. Razumov VV). Moscow: Feoria – Stavropol: North-Caucasus Federal University; 2022. 368 p. (In Russ.).
11. Khatsaeva FM, Tomaev VA. Landslide processes in tectonically active zones of the territory of North Ossetia – Alania. Natural resources of the Republic of North Ossetia-Alania. Volume “Natural and man-made disasters”. Vladikavkaz, 2005. p. 74-81. (In Russ.).
12. Reports on the environmental situation in the Republic of North Ossetia-Alania in 2016–2019. Vladikavkaz: Ministry of Natural Resources and Environment of the Republic of North Ossetia-Alania; 2017–2020. (In Russ.).
13. Information bulletins on the state of subsoil resources in the Russian Federation in 2004–2022. Moscow: Geoinformmark LLC Publishing House; 2005–2023. Issues 28–46. (In Russ.).
14. Information bulletins on the state of subsoil resources in the North Caucasian Federal District of the Russian Federation for 2015–2023. Essentuki: Publishing House of the Southern Regional Center for Marine and Marine Science of the Federal State Budgetary Institution Gidrospetsgeologiya; 2016–2024. Issues 12–20. (In Russ.).
15. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the Russian Federation (by quarters) for 2007–2023. Moscow: Publishing house of the Center for State Marine and Marine Science of the Federal State Budgetary Institution Gidrospetsgeologiya; 2007–2023. (In Russ.).
16. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the Southern Federal District (by quarters) for 2005–2010. Essentuki: Publishing house of the Southern Regional Center for State Marine and Marine Science of the Federal State Budgetary Institution Gidrospetsgeologiya; 2005–2010. (In Russ.).
17. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the Southern and North Caucasian Federal Districts (by quarters) for 2011–2012. Essentuki: Publishing house of the Southern Regional Center for State Marine and Marine Science of the Federal State Budgetary Institution Gidrospetsgeologiya; 2011–2012. (In Russ.).

18. Information reports on the manifestations of exogenous geological processes in the territory of the North Caucasian Federal District (by quarters) for 2013–2023. Essentuki: Publishing house of the Southern Regional Center of the State Scientific-Mechanical Society of the Federal State Budgetary Institution "Gidrospetsgeologiya"; 2013–2023. (In Russ.).
19. Tsogoev V.B. Geology and useful minerals. Vladikavkaz: Proekt-Press; 2005. 390 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Виктор Владимирович Разумов – доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела стихийных явлений Высокогорного геофизического института.

Наталья Дмитриевна Богданова – инженер ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве».

Наталья Викторовна Разумова – кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник АО «Российские космические системы».

Наталья Владимировна Кондратьева – доктор географических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела стихийных явлений Высокогорного геофизического института.

Вклад авторов

Виктор Владимирович Разумов. Определение идеи статьи и логики исследования. Сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Наталья Дмитриевна Богданова. Сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Подготовка текста и оформление статьи.

Наталья Викторовна Разумова. Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта.

Наталья Владимировна Кондратьева. Сбор, интерпретация и анализ полученных данных. Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи.

Information about the authors

Viktor V. Razumov – Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Leading Researcher at the Department of Natural Phenomena of the High-Altitude Geophysical Institute.

Natalia D. Bogdanova – Engineer of the Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction, LLC.

Natalia V. Razumova – Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Leading Researcher of JSC “Russian Space Systems”.

Nataliya V. Kondratyeva – Dr. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Senior Research Associate of the Department Natural Phenomena of the High-Mountain Geophysical Institute.

Contribution of the authors

Viktor V. Razumov. Definition of the idea of the article and the logic of the study. Collection, interpretation and analysis of the received data. The approval of the final version is the acceptance of responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Natalia D. Bogdanova. Collection, interpretation and analysis of the received data. Preparation of the text and design of the article.

Natalia V. Razumova. Preparation and editing of the text – drafting of the manuscript and the formation of its final version.

Nataliya V. Kondratyeva. Collection, interpretation and analysis of the received data. Preparation and editing of the text – drafting of the manuscript.