

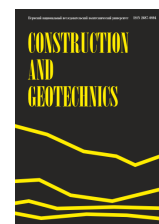


**пермский
политех**

CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 16, № 2, 2025

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2025.2.06

УДК 625.74

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ СООРУЖЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-4 «ДОН», ПОДВЕРЖЕННОЙ ОПОЛЗНЕВЫМ ПРОЦЕССАМ И ОСЫПЯМ (КМ 1393 – КМ 1538)

М.А. Пшидаток, С.И. Маций

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

О СТАТЬЕ

Получена: 07 июля 2024
Одобрена: 22 декабря 2024
Принята к публикации:
2 июня 2025

Ключевые слова:

подпорная стена, деформации,
автомобильная дорога, технические
решения, ремонт, обследование,
эксплуатационная надежность.

АННОТАЦИЯ

Приведена информация о состоянии существующих и прогнозных оползневых участков автомобильной дороги, фактическом техническом состоянии находящихся на них противооползневых конструкций. Инженерная защита автомобильных дорог является важнейшей частью инфраструктуры. Такие объекты могут выйти из строя в течение срока службы эксплуатации из-за различных проблем, включая отсутствие надлежащего проектирования или технического обслуживания, а также износ материалов, использование плохих дренажных систем и т.д. Разрушение противооползневых сооружений может привести к проведению ремонтных работ, которые могут вызвать задержки и огромные финансовые потери из-за перекрытия полос движения на автодороге, а также обрушение стен, находящихся в аварийном состоянии, может привести к гибели участников дорожного движения. Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 1393 – км 1538 расположен в предгорной и горной местности и подвержен опасным геологическим процессам – оползням, обвалам, эрозии и т.п. Периодически возникают активные оползневые очаги, деформация земляного полотна и искусственных сооружений. Автомобильные дороги подвергаются, кроме природных, также и техногенным факторам, что негативно сказывается на дренировании поверхностных вод с оползневых участков и может привести к разрушению. Применение методики оценки эксплуатационной надежности противооползневых сооружений позволяет составить программу мероприятий и рекомендаций по обеспечению безопасного и беспрепятственного дорожного движения на участках автомобильных дорог, в том числе определения степени оползневой опасности и риска, необходимости устройства противооползневых сооружений, восстановлению существующих противооползневых сооружений и приоритетности выполнения работ, а также уровню потенциальных затрат.

© Пшидаток Маргарита Адамовна – аспирант, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru.
Маций Сергей Иосифович – доктор технических наук, профессор, e-mail: matsiy@mail.ru.

Margarita A. Pshidatok – Postgraduate Student, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru.
Sergey I. Matsiy – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: matsiy@mail.ru.



Эта статья доступна в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

ASSESSMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY OF ANTI-LANDSLIDE STRUCTURES SUBJECT TO LANDSLIDE PROCESSES AND SCREE OF THE M-4 DON HIGHWAY (KM 1393 – KM 1538)

M.A. Pshidatok, S.I. Matsiy

Kuban state agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 07 July 2024
Approved: 22 December 2024
Accepted for publication:
02 June 2025

Keywords:

retaining wall, deformations, road,
technical solutions, repair, inspection,
operational reliability.

ABSTRACT

Article provides information on the condition of existing and projected landslide sections of the highway, the actual technical condition of the landslide structures located on them. Engineering protection of highways is an essential part of the infrastructure. Such facilities can fail during their operational life due to various problems, including lack of proper design or maintenance, as well as wear and tear of materials, the use of poor drainage systems, etc. The destruction of landslide structures can lead to repairs, which can cause delays and huge financial losses due to the closure of traffic lanes on the highway, as well as the collapse of walls in disrepair can lead to the death of road users. The section of the M-4 "Don" highway km 1393 – km 1538 is located in foothill and mountainous areas and is subject to dangerous geological processes – landslides, landslides, erosion, etc. Active landslide foci, deformation of the roadbed and artificial structures periodically occur. In addition to natural, highways are also exposed to man-made factors, which negatively affects the drainage of surface waters from landslide sites and can lead to destruction. The application of the methodology for assessing the operational reliability of anti-landslide structures makes it possible to draw up a program of measures and recommendations to ensure safe and unhindered traffic on highway sections, including determining the degree of landslide danger and risk, the need for anti-landslide structures, restoration of existing anti-landslide structures and the priority of work, as well as the level of potential costs.

Введение

Участок автомобильной дороги М-4 «Дон» км 1393 – км 1538 расположен в предгорной и горной местности и подвержен опасным геологическим процессам – оползням, обвалам, эрозии и т.п. Инженерно-геологические условия оцениваются как сложные. На некоторых участках автомобильных дорог расположены искусственные сооружения – подпорные стены [1]. В рамках выполнения работ по объекту обследованы 35 участков развития опасных геологических процессов на автомобильной дороге и 13 участков с противооползневыми сооружениями.

В состав работ по обследованию оползневых участков включены следующие:

- визуальный осмотр и фотодокументация оползневых участков, включая элементы дорожного полотна, склонов, противооползневых сооружений, а также выявление прогнозных оползневых участков автомобильной дороги [2]. Фиксация дефектов и повреждений (классификация, локализация и размеры);
- обмерные работы: определение основных размеров оползней;
- инженерно-геологическое обследование прилегающего склона. Выявление основных признаков и параметров оползня (бровки срыва, тип оползня, борозды течения, степень увлажненности грунтов и т.д.). Описание мест выхода подземных вод, поверхностного стока. Определение мест возможного образования оползней по основным факторам [3];
- обработка данных обследований. Определение приоритетности объектов планирования работ, классификация оползневых участков по степени оползневой опасности и риска;
- разработка рекомендаций по инженерной защите, типизация видов противооползневых мероприятий, оценка предварительных мероприятий по устройству дополнительных противооползневых сооружений [4].

По результатам обследования выявлены оползневые участки, подлежащие инженерной защите в приоритетном порядке. Полученные данные сведены в таблицу.

Оползневые участки, подлежащие инженерной защите в приоритетном порядке

Landslide sites that are subject to engineering protection as a matter of priority

№ п/п	Километровая привязка	Расположение относительно дороги	Длина развития опасных геологических процессов, м
1	км 1396+300 – км 1396+335, км 1396+450 – км 1396+470	Справа низовой	160
2	км 1402+160 – км 1402+315	Справа низовой	155
3	км 1413+250 – км 1413+320	Справа верховой	60
4	км 1442+520 – км 1442+560	Справа и слева низовой	90
5	км 1471+525 – км 1471+580	Справа низовой	55
6	км 1489+570 – км 1489+620	Справа низовой	50
7	км 1489+890 – км 1489+930	Справа низовой	45
8	км 1490+910 – км 1490+940	Справа низовой	50
9	км 1493+700 – км 1493+740	Справа верховой	30

Методика оценки эксплуатационной надежности

Общая протяженность обследованных 35 оползневых участков и осыпей составляет 3275 м, в том числе со стороны верхового склона выявлено 19 участков протяженностью 2260 м, со стороны низового склона – 16 участков протяженностью 1015 м. На большей части обследованных участков развиваются оползневые процессы – 31 участок, на четырех участках выявлены осыпные процессы [5–8]. По результатам проведенного обследования выявлены основные причины развития опасных геологических процессов на автомобильной дороге:

- высота и крутизна склона;
- переувлажнение глинистых грунтов;
- отсутствие системы водоотведения;
- выход ручьев и грунтовых вод на склонах;
- размыв основания склона водами рек и ручьев;
- деформации водопропускных труб;
- процессы выветривания горных пород;
- возросшая транспортная нагрузка.

В рамках примера автомобильной дороги М-4 «Дон» от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска, км 1413+250 – км 1413+285 расположена подпорная стена из бутовой кладки (фактическая привязка подпорной стены к километровому знаку «км 1413» составляет км 1413+372 – км 1413+408). Стена расположена слева по ходу километража относительно автомобильной дороги. Протяженность стены составляет 36 м (рис. 1–4).

Низовая подпорная стена из бутовой кладки имеет длину в плане 36 м, высота стены в начале – 0,5 м, в конце – 0,5 м, максимальная высота – 6,5 м. На подпорной стене наблюдаются следующие дефекты: локальное разрушение заполнения швов кладки (рис. 5), напользание грунта на стену (рис. 6), произрастание растительности в швах кладки. Дренажная система в подпорной стене отсутствует. Состояние стены оценивается как ограниченно работоспособное [9]. На км 1413+390 расположена водопропускная труба из монолитных ж/б звеньев диаметром 1,5 м. Наблюдается смещение звеньев относительно друг друга,

оголение и коррозия арматуры звеньев, обрушение крайнего звена водопропускной трубы, размыв низового склона, застой воды [10–13]. Состояние водопропускной трубы оценивается как ограниченно работоспособное. Низовой склон имеет высоту до 15 м, средний уклон составляет 40° , покрыт кустарниками и единичными деревьями.



Рис. 1. Плановое положение подпорной стены
на км 1413+372 – км 1413+408 автомобильной дороги

Fig. 1. The planned position of the retaining wall
at km 1413+372 – km 1413+408 of the highway



Рис. 2. Общий вид на участок по ходу километража автомобильной дороги

Fig. 2. General view of the section along the mileage of the highway

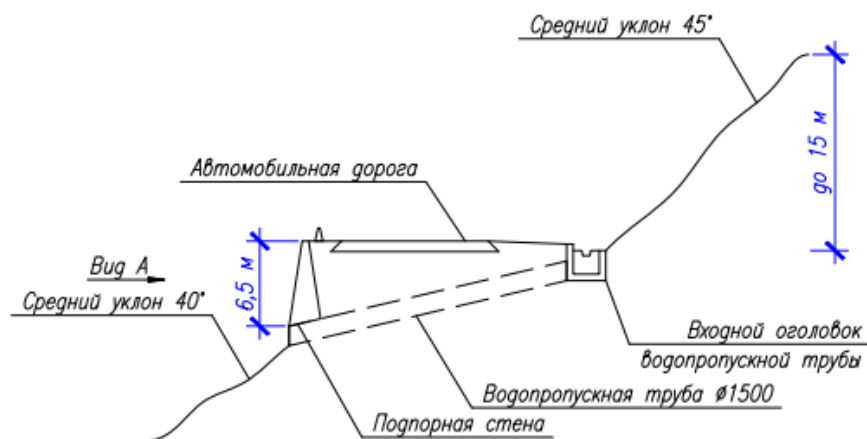


Рис. 3. Эскиз участка автомобильной дороги

Fig. 3. Sketch of a section of a highway

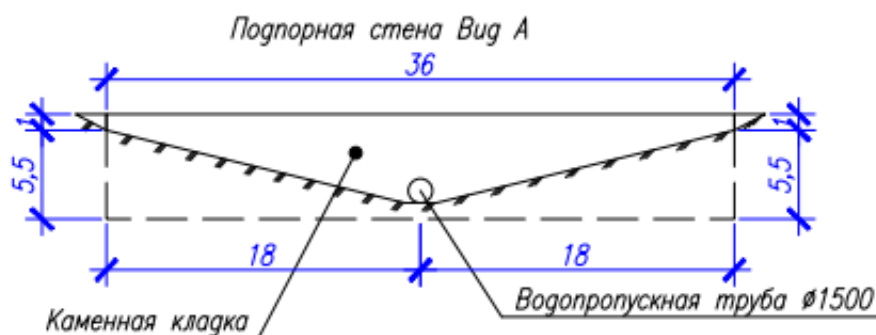


Рис. 4. Эскиз подпорной стены

Fig. 4. Sketch of the retaining wall



Рис. 5. Локальное разрушение
заполнения швов кладки

Fig. 5. Local destruction of filling
of masonry joints



Рис. 6. Наползание грунта
на подпорную стену

Fig. 6. The creeping of the soil
on the retaining wall

Автомобильная дорога на данном участке имеет три полосы движения и выполнена в полунасыпи-полувыемке [14–16]. Наблюдаются разноориентированные трещины в дорожном покрытии шириной раскрытия до 5 мм (рис. 7). Выявлены поперечные трещины в укрепленной бетоном обочине [17]. Водоотводные мероприятия отсутствуют слева относи-

тельно дороги, справа выполнен трапециевидный бетонный лоток размерами $1,8 \times 0,5$ м, который заканчивается на водоприемном колодце (далее лоток отсутствует). Состояние лотка оценивается как работоспособное. Колодец выполнен из монолитного железобетона размерами в плане $2,0 \times 2,0$ м, глубиной 1,8 м. Дефектов водоприемного колодца не выявлено, состояние оценивается как работоспособное [18–20].

Противоположный склон автомобильной дороги является верховым, высота склона до 15 м, средний уклон 45° . Склон покрыт многолетними травами, имеются единичные кустарники, сверху произрастают деревья. На склоне ярко выражены эрозионные промоины от поверхностного стока.



Рис. 7. Трещины в покрытии автомобильной дороги

Fig. 7. Cracks in the road surface

Основными факторами, влияющими на состояние подпорной стены, являются:

- опирание стены на естественное основание без защемления в скальные породы;
- размыв основания стены и низового склона поверхностным стоком из водопропускной трубы;
- транспортные нагрузки.

В дальнейшем возможно развитие деформаций подпорной стены и прилегающего участка автомобильной дороги.

Результаты

Подпорные стены являются одним из наиболее значимых сооружений для стабилизации склонов вблизи различных объектов инфраструктуры. Контроль за состоянием конструкции впоследствии играет существенную роль в том, чтобы обеспечить надежность и снизить риск возникновения аварийной ситуации. Выход из строя противоползневых стен может привести к необходимости выполнения комплекса ремонтных работ, что повлечет за собой длительные временные задержки и огромные финансовые потери из-за ограничения движения на автомагистрали, а обрушение стен, находящихся в аварийном состоянии, может привести к человеческим жертвам среди участников дорожного движения. Потенциальные риски, которые могут поставить под угрозу целостность подпорной стены, могут быть выявлены на ранней

стадии при своевременной оценке эксплуатационной надежности противооползневых сооружений, подверженных оползневым процессам и осыпям (рис. 8).



Рис. 8. План расположения мероприятий по усилению подпорной стены

Fig. 8. Layout of the measures to strengthen the retaining wall

Заключение

В качестве рекомендации по предотвращению развития деформаций можно выделить первоочередные и основные мероприятия. К первоочередным мероприятиям относятся:

- очистка фасада стены от растительности;
- проливка трещин автомобильной дороги битумом;
- укрепление низового склона на выходе водопропускной трубы габионно-сетчатыми изделиями.

К основным мероприятиям относятся:

- выполнить инженерно-геологические изыскания;
- выполнить усиление подпорной стены облицовочной панелью с анкерными сваями

(рис. 9);

- замена водопропускной трубы с устройством выходного оголовка и укреплением русла из габионно-сетчатых изделий;
- устройство водоотводных мероприятий;
- восстановить автомобильную дорогу.

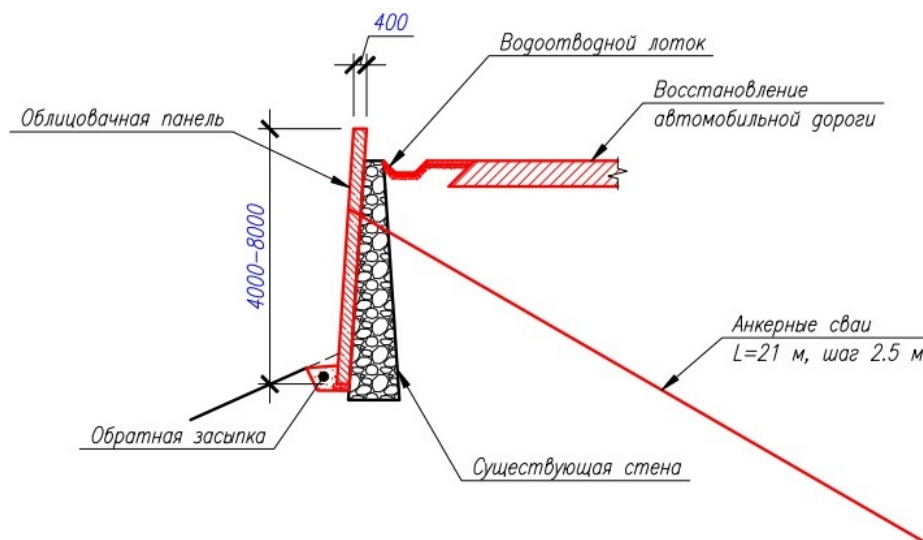


Рис. 9. Мероприятия по усилению подпорной стены

Fig. 9. Measures to strengthen the retaining wall

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Библиографический список

1. Пшидаток, М.А. Разработка методики оценки надежности, качества инженерной защиты для обеспечения устойчивости земляного полотна автомобильных дорог / М.А. Пшидаток, С.И. Маций // Транспортные сооружения. – 2023. – Т. 10, № 4. DOI: 10.15862/13SATS423
2. Рябухин, А.К. Современные технические решения оснований автомобильных дорог / А.К. Рябухин, А.Ю. Маршалка, М.В. Чумак // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: материалы ежегодной науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2022 г. – Краснодар, 2023. – С. 178–180.
3. Osadchy, V.S. Landslide protection structure in the form of counterforts made of bored piles / V.S. Osadchy, K.I. Anisimov, V.G. Baadzhi // Modern construction and architecture. – 2022. – No. 2. – P. 104–112. DOI: 10.31650/2786-6696-2022-2-104-112
4. Надененко, Д.А. Типовые проектные решения удерживающих противооползневых сооружений на автомобильных дорогах / Д.А. Надененко, А.С. Резник, Е.Г. Швецова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых. – Краснодар, 2016. – С. 836–837.
5. Пшидаток, М.А. Особенности проведения кадастровых работ при строительстве и реконструкции линейных объектов / М.А. Пшидаток, В.В. Подтелков // Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в раз-

личных сферах деятельности: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. – Краснодар: Новация, 2023. – С. 311–315.

6. Осятушкин, М.С. Проектирование противооползневых сооружений в сложных инженерно-геологических условиях / М.С. Осятушкин, Д.И. Зотов // VII Всерос. фестиваль науки: сб. докл. в 2 т. – Нижний Новгород, 2017. – С. 67–70.

7. Kovrov, O. Development of the landslide hazard control system of natural and man-made slopes / O. Kovrov, V. Kolesnyk // Technology audit and production reserves. – 2018. – Vol. 6, no. 3(44). – P. 21–25. DOI: 10.15587/2312-8372.2018.149799

8. Богомолов, А.Н. Расчет устойчивости откосов и проектирование противооползневых сооружений / А.Н. Богомолов, С.В. Кузнецова, В.Н. Синяков // Интернет-вестник ВолгГАСУ. – 2012. – № 8(24). – С. 13.

9. Пшидаток, М.А. Геодезические работы при определении границ земельных участков под автомобильной дорогой, подлежащей реконструкции / М.А. Пшидаток, В.В. Подтелков // Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов. – Краснодар, 2023. – С. 316–319.

10. Buslov, A. The influence of the second row of piles in double-row pile retaining walls with the stabilization of landslide / A. Buslov, V. Margolin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 21, Construction – The Formation of Living Environment. – Moscow, 2018. – P. 052006. DOI: 10.1088/1757-899X/365/5/052006

11. Петров, Н.Ф. О некоторых компонентах геологической среды склонов, их типизации и качестве расчетных моделей для оценки их устойчивости / Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова // Науки о Земле: от теории к практике (Арчиковские чтения – 2020): материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 175-летию Русского географического общества и 95-летию со дня рождения доктора географических наук, профессора Е.И. Арчикова. – Чебоксары, 2020. – С. 82–91.

12. Сольский, С.В. Оптимизация стабилизации оползнеопасных склонов / С.В. Сольский, С.А. Быковская // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 10. – С. 1258–1271. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.10.1258-1271

13. Сергеев, И.И. Обзор существующих видов подпорных стен для берегоукрепления: область применения, материалы, технология изготовления, особенности работы / И.И. Сергеев, А.И. Сергеев, Е.И. Вяткина // Наука и молодежь: материалы XVI Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул, 2019. – С. 542–545.

14. Петров, Н.Ф. Геологический и геотехнический аспекты проблемы надежного строительства на оползнеопасных склонах / Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова, Т.Ф. Сытина // Пути к конкурентоспособным и инновационным решениям по строительству зданий и сооружений транспортной инфраструктуры: сб. докл. участников 2-й науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М., 2021. – С. 28–37.

15. Пшидаток, М.А. Анализ основополагающих факторов, влияющих на надежность удерживающих сооружений / М.А. Пшидаток // Проблемы развития современного общества: сб. науч. ст. 9-й Всерос. нац. науч.-практ. конф. – Курск, 2024. – С. 265–267.

16. Оценка устойчивости нагруженного склона в сложных инженерно-геологических условиях / А.Н. Богомолов, В.Г. Оффрихтер, А.В. Редин, О.А. Богомолова, С.А. Богомолов // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 70–85. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.4.06

17. Фролова, Н.А. Дистанционное зондирование оползней как инструмент мониторинга безопасности в цикле управления экологическими рисками / Н.А. Фролова, Н.В. Шкрабтак, Н.Н. Степакова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12, № 4(64). – С. 298–302.

18. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring / M.A. Bandurin, V.A. Volosukhin, I.A. Prikhodko, A. A. Rudenko // *Construction and Geotechnics*. – 2023. – Vol. 14, iss. 4. – P. 62–74. DOI: 10.15593/2224-9826/2023.4.05

19. Лобкина, В.А. Активизация оползней при освоении горных территорий / В.А. Лобкина, Ю.В. Генсировский // Тихоокеанская геология. – 2024. – Т. 43, № 3. – С. 109–119. DOI: 10.30911/0207-4028-2024-43-3-109-119

20. Landslide susceptibility mapping based on the reliability of landslide and non-landslide sample / H. Hong, D. Wang, A.X. Zhu Yi., Wang // *Expert Systems with Applications*. – 2024. – Vol. 243. – P. 122933. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.122933

References

1. Pshidatok M.A., Matsiy S.I. Development of a methodology for assessing the reliability and quality of engineering protection to ensure the stability of the subgrade of highways. *Transport structures*, 2023, vol. 10, no. 4. DOI 10.15862/13SATS423.

2. Ryabukhin A.K., Marshalka A.Yu., Chumak M.V. Modern technical solutions for the foundations of highways. *Points of scientific growth: at the start of the decade of science and technology: materials of the annual scientific-practical conference. conf. teachers based on the results of research for 2022* - Krasnodar, 2023, pp. 178-180.

3. Osadchy V.S., Anisimov K.I., Baadzhi V.G. Landslide protection structure in the form of counterforts made of bored piles. *Modern construction and architecture*, 2022, vo. 2, pp. 104-112. DOI 10.31650/2786-6696-2022-2-104-112.

4. Nadenenko D.A., Reznik A.S., Shvetsova E.G. Standard design solutions for retaining anti-landslide structures on highways. *Scientific support of the agro-industrial complex: collection. articles based on materials from the IX All-Russian. conf. young scientists* - Krasnodar, 2016, pp. 836-837.

5. Pshidatok M.A., Podtelkov V.V. Features of cadastral work during the construction and reconstruction of linear objects. *Mathematical modeling and information technologies in the study of phenomena and processes in various fields of activity: collection. materials III Int. scientific-practical conf. students, undergraduates and graduate students*. Krasnodar: Novation, 2023, pp. 311-315.

6. Osyatushkin M.S., Zotov D.I. Design of landslide protection structures in complex engineering and geological conditions. *VII All-Russian. science festival: Sat. reports in 2 volumes*. Nizhny Novgorod, 2017, pp. 67-70.

7. Kovrov O., Kolesnyk V. Development of the landslide hazard control system of natural and man-made slopes. *Technology audit and production reserves*, 2018, vol. 6, no. 3(44), pp. 21-25. DOI 10.15587/2312-8372.2018.149799.

8. Bogomolov A. N., Kuznetsova S.V., Sinyakov V.N. Calculation of slope stability and design of landslide protection structures. *Internet Bulletin of VolgGASU*, 2012, no. 8(24), pp. 13.

9. Pshidatok M.A., Podtelkov V.V. Geodetic work in determining the boundaries of land plots under a highway subject to reconstruction. *Mathematical modeling and information technologies in the study of phenomena and processes in various fields of activity: collection. materials III Int. scientific-practical conf. students, undergraduates and graduate students*, Krasnodar, 2023, pp. 316-319.

10. Buslov A., Margolin V. The influence of the second row of piles in double-row pile retaining walls with the stabilization of landslide. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* : 21, *Construction - The Formation of Living Environment*. Moscow, 2018, p. 052006. DOI 10.1088/1757-899X/365/5/052006.
11. Petrov N.F., Nikonorova I.V. On some components of the geological environment of slopes, their typification and the quality of calculation models for assessing their stability. *Earth Sciences: from theory to practice (Archikov Readings - 2020): materials of the All-Russian. scientific-practical conf. with international participation dedicated to the 175th anniversary of the Russian Geographical Society and the 95th anniversary of the birth of Doctor of Geographical Sciences, Professor E.I. Archikova*. Cheboksary, 2020, pp. 82-91.
12. Solsky S.V., Bykovskaya S.A. Optimization of stabilization of landslide-prone slopes. *Bulletin of MGSU*, 2019, vol. 14, iss. 10, pp. 1258-1271. DOI 10.22227/1997-0935.2019.10.1258-1271.
13. Sergeev I.I., Sergeev A.I., Vyatkina E.I. Review of existing types of retaining walls for bank protection: scope of application, materials, manufacturing technology, work features. *Science and Youth: Materials of the XVI All-Russian. scientific-technical conf. students, graduate students and young scientists - Barnaul*, 2019, pp. 542-545.
14. Petrov N.F., Nikonorova I.V., Sytina T.F. Geological and geotechnical aspects of the problem of reliable construction on landslide-prone slopes. *Paths to competitive and innovative solutions for the construction of buildings and transport infrastructure structures: collection. reports of participants of the 2nd scientific-practical conference. with international participation*. Moscow, 2021, pp. 28-37.
15. Pshidatok M.A. Analysis of fundamental factors influencing the reliability of retaining structures. *Problems of development of modern society: collection. scientific articles of the 9th All-Russian. national scientific-practical conf.* Kursk, 2024, pp. 265-267.
16. Bogomolov A.N., Ofrikhter V.G., Redin A.V., Bogomolova O.A., Bogomolov S.A. Assessment of the stability of a loaded slope in complex engineering-geological conditions. *Construction and Geotechnics*, 2022, vol. 13, iss. 4, pp. 70-85. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.4.06.
17. Frolova N.A., Shkrabak N.V., Stepakova N.N. Remote sensing of landslides as a tool for safety monitoring in the environmental risk management cycle. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*, 2023, vol. 12, no. 4 (64), pp. 298-302.
18. Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Prikhodko I.A., Rudenko A.A. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring. *Construction and Geotechnics*, 2023, vol. 14, iss. 4, pp. 62-74. DOI 10.15593/2224-9826/2023.4.05.
19. Lobkina V.A., Gensiorovskiy Yu. V. Activation of landslides during development of mountainous territories. *Pacific Geology*, 2024, vol. 43, no. 3, pp. 109-119. DOI 10.30911/0207-4028-2024-43-3-109-119.
20. Hong H., Wang D., Zhu A. X., Wang Yi. Landslide susceptibility mapping based on the reliability of landslide and non-landslide sample. *Expert Systems with Applications*, 2024, vol. 243, p. 122933. DOI 10.1016/j.eswa.2023.122933.