

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2023, Том 10, № 4 / 2023, Vol. 10, Iss. 4 <https://t-s.today/issue-4-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/13SATS423.pdf>

DOI: 10.15862/13SATS423 (<https://doi.org/10.15862/13SATS423>)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей
(технические науки)

Разработка методики оценки надёжности, качества инженерной защиты для обеспечения устойчивости земляного полотна автомобильных дорог

Пшидаток М.А., Маций С.И.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

Автор, ответственный за переписку: Пшидаток Маргарита Адамовна, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru

Аннотация. Проведен анализ соответствия нормативной документации в отрасли оценки надёжности систем инженерной защиты современному научно-техническому уровню. Анализ принятых технических регламентов по проектированию подпорных стен позволил выявить существенный недостаток — отсутствие последовательного алгоритма действий для диагностики объектов транспортного сооружения. В рамках текущего исследования разработана методика оценки эксплуатационной надёжности подпорных стен и противооползневых сооружений на оползневых участках автомобильных дорог. В статье приведены основные деформации сооружений инженерной защиты, позволяющие определить техническое состояние удерживающих конструкций, расположенных на территориях, подверженных оползневым

процессам, а также представлен концепт альбома типовых технических решений по ремонту и восстановлению стен. Анализ основных проблем, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений подпорных стен и их освещения с точки зрения обеспечения требуемой надёжности и долговечности возводимых строений, позволит оптимизировать рабочий процесс и снизить число аварийных отказов и убытков из-за их возникновения, а также посредством классификации и приведения документации в целостный, согласованный комплекс, повысит эффективность и надёжность принимаемых проектных и экономических решений.

Ключевые слова: автомобильная дорога; подпорная стена; деформации; технические решения; ремонт

Methodology development for assessing the reliability and quality of engineering protection to ensure the stability of the motorways earth bed

Margarita A. Pshidatok, Sergey I. Matsiy

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Corresponding author: Margarita A. Pshidatok, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru

Abstract. The analysis of regulatory documentation compliance in the reliability assessment field of engineering protection systems with the current scientific and technical level has been carried out. The analysis of the adopted technical regulations for the retaining walls design has revealed a significant drawback — the lack of a consistent algorithm of actions for transport works facilities diagnostics. In the framework of the current research a methodology for assessing the retaining walls operational reliability and landslide protection works on landslide highway areas has been developed. The article summarizes the main deformations of engineering protection structures, allowing to determine the retaining structures technical condition located in the territories prone to landslide processes, and also presents the concept

of the standard technical solutions album for repair and walls restoration. The analysis of the main problems arising in the design, construction and operation of retaining wall structures and highlighting it from the view point of ensuring the erected structures required reliability and durability will optimize the work process and reduce the number of emergency failures and losses due to their occurrence, as well as through the classification and bringing the documentation into a coherent, coordinated complex, will increase the efficiency and reliability of design and economic decisions.

Keywords: highway; retaining wall; deformations; technical solutions; repair

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



1. Обоснование актуальности исследования

1. Justification of the study relevance

В связи с широким применением подпорных стен, используемых в противооползневых мероприятиях для механического удержания деформированных земляных масс в устойчивом состоянии, необходим системный подход при оценке работоспособности и безопасной эксплуатации автомобильных дорог, расположенных в горной местности [1].

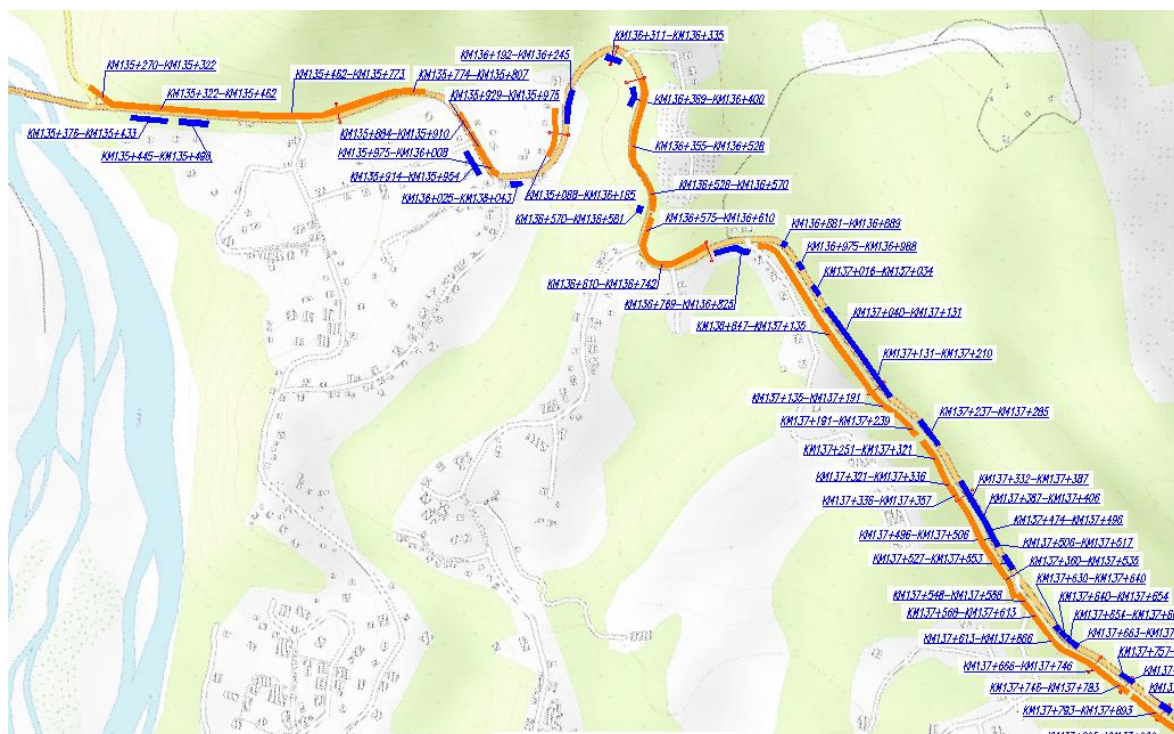


Рисунок 1. Карта с расположением подпорных стен и оползневых участков на топографической основе (рисунок автора)

Figure 1. Map with retaining walls and landslide areas location on topographic base (drawing by the author)

Территориально трасса автомобильной дороги А-147 Джубга — Сочи располагается в Краснодарском крае и проходит в пределах Туапсинского, Лазаревского, Центрального, Хостинского и Адлерского районов города-курорта Сочи. Автомобильная дорога проходит через населенные пункты Черноморского побережья Кавказа, обеспечивает нормальные условия для административной и экономической деятельности районов и городов, обслуживает всю курортную и туристическую деятельность вдоль побережья. Практически на всем протяжении автомобильная дорога подвержена опасным геологическим процессам — оползням, обвалам, эрозии и абразии.

В Краснодарском крае насчитывается на сегодняшний день довольно большое количество подпорных стен, состояние которых требует проведения ремонтных работ [2; 3].

Оползневые явления по трассам обследованных автодорог могут классифицироваться:

- по механизму смещения на оползни скольжения, вязко-пластического течения и сложные;
- по степени активности в настоящее время на оползни стабильные, относительно стабильные и активные; среди последних особо выделены явления, создающие аварийно опасную ситуацию для сооружений автодорог;
- по строению тел — на оплывины, неглубокие оползни и глубокие оползни. Оценочная глубина расположения зоны смещения — менее 1 м, 1–5 м и более 5 м, соответственно.

Основными естественными причинами широкого развития склоновых процессов вдоль трассы являются, прежде всего, особенности геологического строения территории и свойства пород, слагающих склоны, их выветриваемость, сильно расчлененный и крутой рельеф, активные эрозионные и абразионные процессы, режим увлажнения пород на склонах [4].

Кроме того, на участках развития существенно глинистых толщ важнейшую роль играет изменение свойств плотных аргиллитоподобных глин в зоне выветривания при их взаимодействии с водой.

Именно это обстоятельство обуславливает широкое развитие на таких участках глубоких оползней сложного строения с пластическим течением в языковой части.

2. Методика оценки эксплуатационной надежности подпорных стен на автомобильных дорогах

2. Methodology for assessing the operational reliability of retaining walls on highways

Для устройства автомобильных дорог в сложных горных условиях зачастую возникает необходимость в укреплении вертикальных откосов, которые врезаются в грунт или, наоборот, формируются на насыпях.

Для решения этой проблемы в мировой практике довольно часто применяются различные виды подпорных стен.

Необходимость и целесообразность выполнения работ по стабилизации оползневых процессов подтверждается результатами визуального обследования, инженерных изысканий, расчетов устойчивости склона.

Причинами образования и развития оползневого процесса являются значительная крутизна низового склона, а также значительная транспортная нагрузка.

Рекомендуются следующие мероприятия по стабилизации оползневых процессов и приведению автомобильной дороги в нормативное техническое состояние: предусмотреть устройство противооползневых сооружений в очагах развития опасных геологических процессов с учетом прогнозного развития оползней.

Подпорная стена — это сооружение, удерживающее от обрушения и сползания находящийся за ней массив грунта на уклонах местности (откосах, склонах, выпуклостях и впадинах поверхности участка). Основное назначение стен заключается в укреплении грунта на склонах и откосах с целью предотвращения обрушения и сползания грунта (возникновение оползней).

Особенно опасным это явление становится в соседстве с оврагами, так как их неукрепленные склоны практически постоянно сползают даже от небольшого дождя или воздействия талых вод. Также подпорные стены используют при устройстве террас на склонах, имеющих даже малую крутизну (3–8 %), если грунты слабые и подвижные.

Устройство подпорных стен при террасировании дает возможность существенно увеличить полезную площадь участка путем применения горизонтальных поверхностей террас для размещения на них ландшафтных элементов, малых архитектурных форм и построек хозяйственного назначения.

Основными задачами обследования являлось:

- определение общего состояния сооружения;
- выявление дефектов;
- оценка состояния поверхности склона (выявление визуальных проявлений оползневых процессов);
- определение необходимости ремонтных и эксплуатационных работ (расчистка засорившихся водоотводных и дренажных конструкций, выборка осыпавшегося грунта из застенного пространства и т. п.).

Работы по визуальному обследованию включали в себя осмотр сооружения, склона и защищаемого участка автомобильной дороги, фиксации дефектов (схемы, чертежи, фотографии), составление ведомостей дефектов, заключение по общему состоянию и рекомендации по устранению обнаруженных дефектов.

Обследованием выявлено, что вдоль автомобильной дороги А-147 Джубга — Сочи — граница с Республикой Абхазия преобладают верховые стены высотой от 1 до 5 м. Наибольшее количество подпорных стен и удерживающих сооружений расположено в Лазаревском районе: их количество составляет 51 % от общего числа; минимальное количество отмечено в Адлерском районе — 5 %.

Анализ материалов показал, что все рассматриваемые стены в зависимости от категории технического состояния распределяются в следующем соотношении: 79 % находятся в работоспособном состоянии, 15 % стен — в ограниченно работоспособном состоянии и 6 % — в недопустимом и аварийном состояниях [5; 6]. Больше всего стен в наихудшем состоянии находятся в Лазаревском районе. В нем расположено 64 % сооружений, находящихся в недопустимом и аварийном состоянии. На втором месте идет Туапсинский район, в нем число таких стен составляет 17 %. Далее идут Хостинский (14 %) и Адлерский (5 %) районы. Кроме того, было обследовано состояние водопропускных сооружений: были осмотрены дренажные системы, верховые и низовые лотки вдоль стен [7].

Анализ результатов показал, что у большинства стен водопропускные мероприятия отсутствуют. Имеющиеся дренажные системы в основном засорены и находятся в ограниченно работоспособном состоянии.

Также стены были классифицированы по категориям в зависимости от материала, из которого они выполнены.

Преобладающее количество сооружений представлены стенами из каменной кладки — 37 %. Стены из монолитного бетона и из бетонных и железобетонных блоков занимают практически равные части от общего числа сооружений — 24 и 28 % соответственно [8].

В минимальном количестве выявлены стены, состоящие из различных частей, выполненных из разных материалов и совмещенных друг с другом — 11 % от общего числа.

В рассматриваемых стенах визуально были установлены дефекты в виде трещин, крена конструкций, отслоения штукатурного слоя, пустот в кладке [9].

Для определения степени их развития (уточнения мест образования пустот в кладке, величины крена конструкций), выявления скрытых дефектов и их влияния на несущую способность сооружений возникла необходимость проведения инструментальных работ методами геофизики и геодезии [10]. Для этого из всего сооружения выделялись участки стены с наиболее выраженными дефектами, определенными при визуальном обследовании (рис. 2).

Несущую способность подпорных стен и удерживающих сооружений, согласно ОДМ 218.3.008-2011, оценивали с учетом следующих показателей:

- наличия повреждений и степень их влияния;
- соответствия геометрических параметров сооружения проектным решениям;
- соответствия физико-механических характеристик материалов конструкций проектным решениям;
- наличия дополнительных действующих нагрузок, не предусмотренных проектом;
- и т. п.



Рисунок 2. Подпорная стена до выполнения работ по устройству облицовочной панели (фото автора)

Figure 2. Retaining wall before the works on the facing panel arrangement (author's photo)

Каждое обследуемое сооружение классифицировано в соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» в зависимости от их состояния:

- нормативное техническое состояние;
- работоспособное состояние;
- ограниченно работоспособное состояние;
- аварийное состояние.

Основной целью выполняемых работ является актуализация сведений о состоянии оползневых участков, подпорных стен и противооползневых сооружений для составления программы мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна автомобильной дороги.

Основными задачами выполняемых работ являются:

- обследование склонов, прилегающих к дороге, для выявления оползневых участков с целью установления необходимости устройства подпорных стен и противооползневых сооружений для обеспечения безопасного движения автотранспорта по участкам автомобильных дорог;
- получение информации о фактическом техническом состоянии подпорных стен и противооползневых сооружений с формированием автоматизированного банка данных по их состоянию;
- обследование подпорных стен и противооползневых сооружений, состояние которых требует проведения работ по восстановлению их эксплуатационного состояния, отвечающего требованиям и исключающего возможность чрезвычайных ситуаций;
- классификация оползневых участков по степени их опасности;
- разработка программы работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию подпорных стен и противооползневых сооружений.

На автомобильной дороге А-147 «Джубга — Сочи — граница с Республикой Абхазия» были выполнены замеры длины, фотофиксация, изучение характерных признаков развития оползневых процессов, анализ причин их возникновения, выполнена оценка оползневой опасности и рекомендованы мероприятия по ее локализации. На ряде участков проведены геофизические работы, выполнена топографическая съемка.

По результатам выполненных работ выявлено 107 участков, на которых наблюдается развитие склоновых деформаций. Склоновые деформации характеризуются поверхностным и глубинным смещением грунтов и возникновению оползней, что в итоге приводит к деформации обочины и проезжей части автомобильной дороги.

Анализ собранных данных позволил установить, что количество оползней, их размеры и преобладающие типы, а, следовательно, и оползневая опасность для автодороги совершенно отчетливо связаны с особенностями геологического строения территории и ее рельефом на разных сегментах трассы [11]. Результаты этого анализа представлены на рисунке 3.

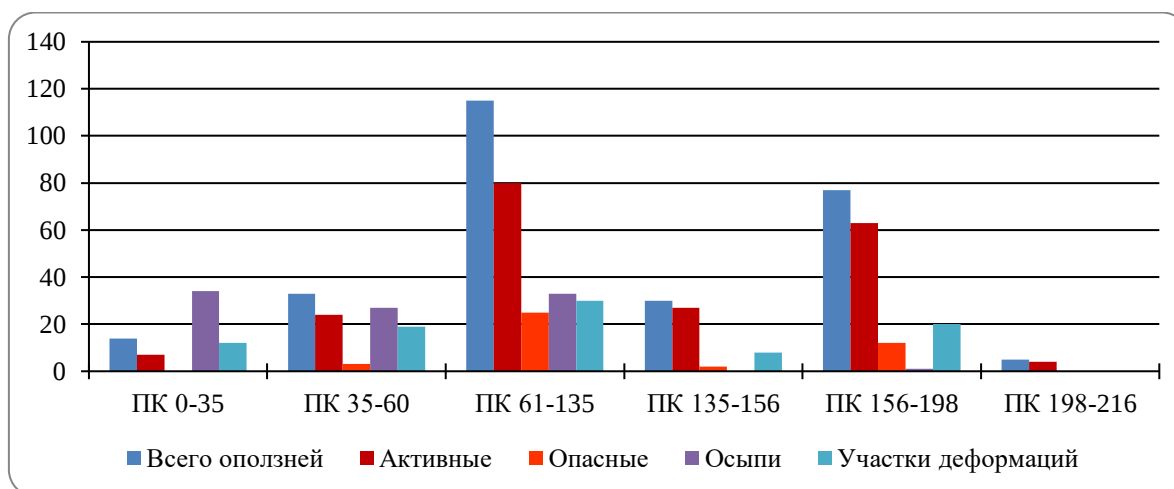


Рисунок 3. Распределение склоновых явлений по трассе автодороги А-147 (рисунок автора)

Figure 3. Distribution of slope phenomena along the route of the A-147 highway (author's picture)

К техническим или антропогенным причинам развития склоновых процессов по трассе А-147 относятся:

1. Устройство дороги в полунасыпи-полувыемке или на полке с ее расположением частично на значительно менее устойчивых склоновых отложениях [12]. Таким образом, правый (в большинстве случаев внешний) край дороги чаще всего оказывается размещенным на менее прочных горных породах.

2. Подрезка склонов при строительстве автодороги до крутизны, превышающий долговременный профиль равновесия, и изменение в связи с этим режима их увлажнения.

3. На теле крупных оползней были размещены элементы дорожных конструкций, использовавшиеся при строительстве отдельных участков дорог, в частности, это касается крупных оползней сложного строения на участке Мацеста-Кудепста.

4. Наиболее тяжелая нагрузка приходится на правый край дороги, когда грузовые машины двигаются со стороны Джубги в направлении Туапсе, Сочи и Адлера.

5. Неэффективность крепления склонов при помощи подпорных стен на фундаментах неглубокого заложения приводит к тому, что сооружение находится на оползневых отложениях и обеспечивает лишь ограниченную защиту дороги от небольших осыпей и стока грязи с склона [13; 14].

6. При отсутствии надлежащего крепления склонов на протяженных участках дорог возникают не только оползни, но и деформация грунта вблизи этих склонов, что влечет за собой повреждение дорожных конструкций.

7. Автомобильная дорога эксплуатировалась длительное время с интенсивным транспортным потоком в условиях, которые благоприятствуют накоплению деформаций пород на склонах.

Из основных причин развития склоновых процессов должны вытекать и меры инженерной защиты сооружений автомобильной дороги на разных участках [15].

3. Формирование концепта альбома типовых технических решений по восстановлению и ремонту подпорных стен на автомобильных дорогах Краснодарского края

3. Concept formation of the typical technical solutions album on the retaining walls restoration and repair on the Krasnodar Region highways

В основу формирования концепции альбома типовых проектных решений взяты результаты многочисленных обследований удерживающих сооружений и приведены на их основе соответствующие рекомендации по устранению выявленных дефектов.

На автомобильной дороге А-147 «Джубга — Сочи — граница с Республикой Абхазия» выполнено обследование подпорных стен. В рамках обследования выполнены следующие полевые работы:

- контроль целостности конструктивных элементов обследуемых сооружений: визуальный осмотр и фотодокументация сооружения с выявлением дефектов (обследование дорожного полотна, прилегающего непосредственно к сооружению, видимой части сооружения, визуальная оценка его дефектов);

- обмерные работы (определение основных размеров сооружения, его конструктивных элементов, наличие и размеры трещин и дефектов);
- визуальные осмотры дренажных систем (обследование видимой части дренажа с его оценкой);
- инструментальные обмеры (определение размеров).

В рамках обследования выполнены следующие камеральные работы:

- изучение и анализ имеющейся документации (проектной, результатов предыдущих обследований и др.) — при наличии;
- обработка данных и результатов обследования (составление плана сооружения, дефектной ведомости, обработка результатов геодезических и геологических работ, составление банка данных состояния сооружений и их паспортизация);
- классификация сооружений по характеру дефектов, составление перечня объектов для планирования проведения работ по приоритетности.

Тип	Наименование дефекта
1	Отслоение краски
2	Сколы бетона
3	Многочисленные сколы бетона
4	Разрушение холодного шва
5	Трещины волосяные
6	Разрушение верха
7	Разрушение деформационного шва
8	Засорение дренажных отверстий
9	Силовые трещины
10	Крен

Рисунок 4. Тип и наименование дефекта (разработано автором)

Figure 4. Defect type and name (developed by the author)

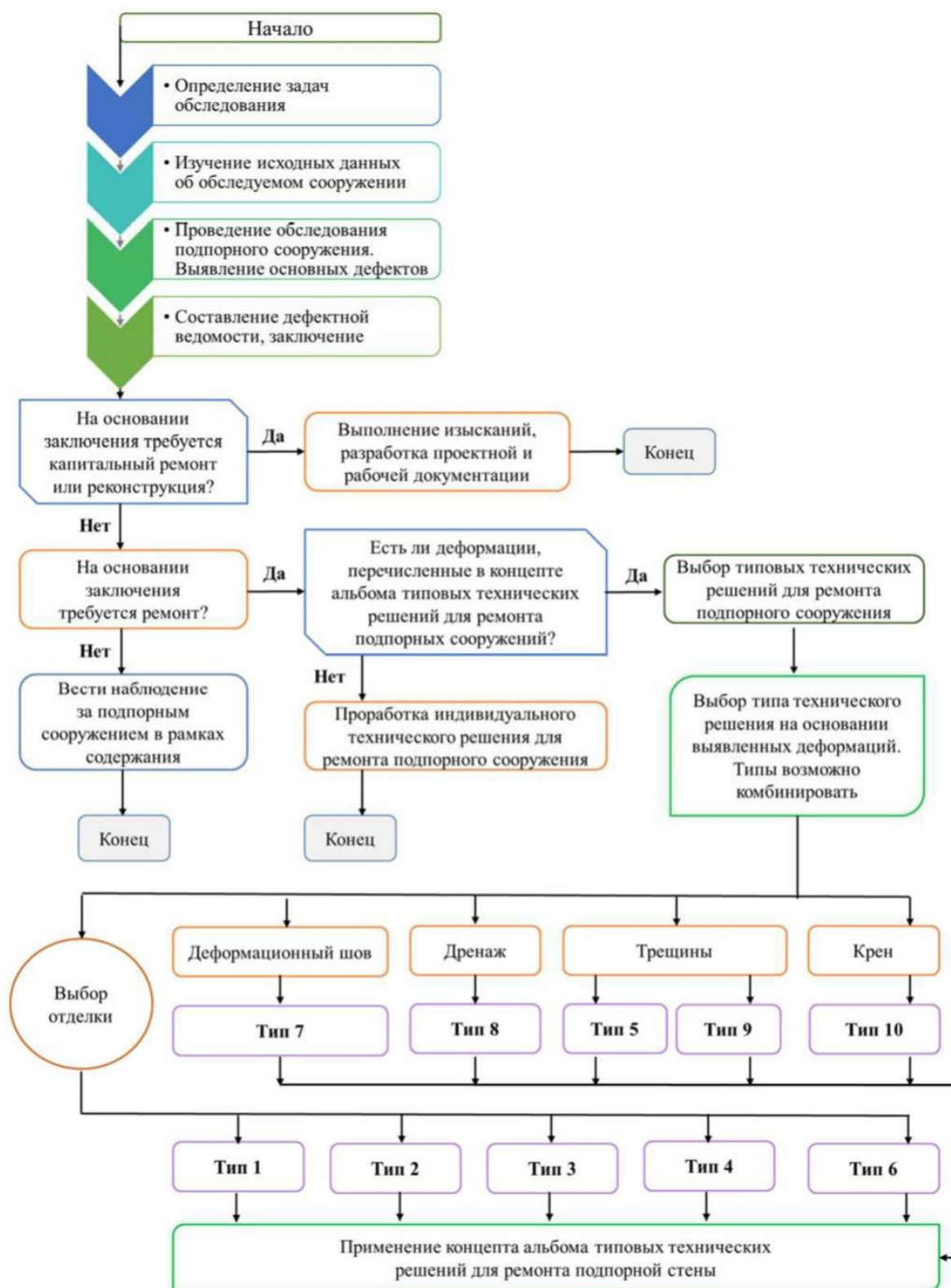


Рисунок 5. Алгоритм для выбора предложенных типов технических решений по ремонту подпорных сооружений (разработано автором)

Figure 5. Algorithm for selecting proposed technical solutions types for retaining structures repair (developed by the author)

При составлении алгоритма действий в целях подбора типов возможных технических решений по устранению повреждений в подпорных сооружениях объединим в группы ряд дефектов (рис. 4). В целях обеспечения удобства в подборе различных вариантов проведения ремонтных работ был предложен алгоритм по определению оптимального вида восстановительных мероприятий (рис. 5).

В основе алгоритма лежит задача по оптимизации выбора типовых технических решений, которые будут использоваться в проектно-изыскательских и строительных организациях. При принятии решения о восстановлении подпорной стены необходимо полагаться на результаты проведенного обследования, включая заключение и дефектную ведомость. (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Описание типов технических решений
Description of technical solutions types

Тип Type	Рекомендация Recommendation	Схема (разработано автором) Diagram (developed by the author)
1	Для отделки поверхности стен необходим тщательный подбор материала. Полиуретановые лакокрасочные материалы следует использовать для видимых подпорных сооружений, а гидроизоляционные полимерцементные составы применять для невидимых. Перед началом работ необходимо устранить с фасада стены существующее покрытие, пескоструйной обработкой провести очистку, выровнять стену с применением шпаклевки, а затем нанести финишные материалы. Careful material selection is required for wall surface finishes. Polyurethane coating materials should be used for visible retaining structures, and waterproofing polymer-cement compositions should be used for invisible ones. Before starting work, it is necessary to remove the existing coating from the facade of the wall, sandblast it, clean it, level the wall with putty and then apply the finishing materials.	
2	Первым этапом необходимо очистить изношенные места на поверхности, отпескоструить, после чего при помощи дюбелей установить армирующую сетку. Исходя из характеристик (температурный режим, толщина нанесения и т. д.) подобрать и нанести ремонтный конструкционный состав. The first step is to clean the worn places on the surface, sandblast, and then use rawl plugs to install a reinforcing mesh. Based on the characteristics (temperature regime, thickness of application, etc.) to select and apply the repair structural composition.	

Тип Type	Рекомендация Recommendation	Схема (разработано автором) Diagram (developed by the author)
3	Восстановление стены с помощью нанесения торкретбетона применяется при практически полном разрушении поверхности подпорной стены. Необходимо выполнить запрос технических условий при устройстве данного материала, а также выполнить все рекомендации поставщика. <i>Wall restoration with the application of shotcrete is used when the retaining wall surface is almost completely destroyed. It is necessary to fulfill the technical specifications request for the arrangement of this material, as well as to fulfill all the recommendations of the supplier.</i>	
4	В месте стыковки производится штраба и с помощью конструкционного ремонтного состава заполняется на всю длину данного шва. <i>At the joint, an indent is made and the entire length of the joint is filled with structural repair compound.</i>	
5	Выявленные в ходе осмотра трещины на поверхности подпорной стены можно отремонтировать с помощью инъекционных составов. Выявленные дефекты штрабятся на длину трещины, затем выполняется бурение отверстий под пакеры расчетным шагом в шахматном порядке, а после чего заполняются полиуретановой смолой. <i>Any cracks in the surface of the retaining wall identified during the inspection can be repaired using injection compounds. The identified defects are grooved to the length of the crack, then the holes for packers are drilled at a calculation step spacing and then filled with polyurethane resin.</i>	
6	При разрушении верха подпорного сооружения рекомендуется выполнить: — демонтаж верхней части стены; — бурение отверстий под устройство армирования в подпорной стене; — химическое закрепление арматуры в существующей подпорной стене эпокси-акрилатной смолой; — армирование верхней части подпорной стены; — бетонирование верхней части подпорной стены. <i>In case of destruction of the retaining structure top part it is recommended to perform:</i> — dismantling of the top part of the wall; — drilling of holes for reinforcement in the retaining wall; — chemical fixing of reinforcement in the existing retaining wall with epoxy-acrylate resin; — reinforcement of the top part of the retaining wall; — concreting of the top part of the retaining wall.	

Тип Type	Рекомендация Recommendation	Схема (разработано автором) Diagram (developed by the author)
7	Рекомендуемый комплекс ремонтных работ предусматривает отвод излишек воды. Необходимые этапы работ по устранению данного дефекта: — очистить деформационный шов на переменную глубину до существующей доски; — для устройства полиэтиленовой трубки выполнить расшивку данного шва; — вставить уплотнительный шнур по контуру шва и обработать праймером площадь под полиуретановый герметик. <i>The recommended set of repairs includes drainage of excess water. The necessary stages of work to eliminate this defect are as follows:</i> — to clean the expansion joint to a variable depth to the existing board; — to install a polyethylene pipe, expand this joint; — insert a sealing cord along the contour of the joint and treat the area for polyurethane sealant with a primer.	
8	Наращивание дренажных трубок, а также устройство нового лучевого дренажа являются основными методами при восстановлении водоотвода в сооружениях инженерной защиты. При выполнении наращивания дренажных трубок рекомендуется установка специальных безнапорных труб в предварительно очищенное отверстие. Для обеспечения герметичности соединения необходимо использовать полиуретановый герметик, который заполнит пространство между новой и уже существующей трубой. <i>Extension of drainage pipes, as well as the assembling of a new radial drainage are the main methods for drainage restoration in engineering protection structures. When performing the extension of drainage pipes it is recommended to install special non-pressure pipes in the pre-cleaned hole. To ensure tightness of the connection it is necessary to use polyurethane sealant, which will fill the space between the new and existing pipe.</i>	
9	Рекомендуется установить облицовочную панель на подпорное сооружение для исправления обнаруженного дефекта. Первым шагом необходимо выполнить бурение отверстия, соответствующего расчетному диаметру, для химического анкера. Затем следует создать арматурный каркас для облицовочной панели. Устройство гидроизоляции производится после установки каркаса, чтобы предотвратить случайное заполнение отверстий, предназначенных для химических анкеров, при строительно-монтажных работах. После проведения вышеуказанных работ производится заливка облицовочной панели бетоном.	

Тип Type	Рекомендация Recommendation	Схема (разработано автором) Diagram (developed by the author)
	It is recommended to install a facing panel on the retaining structure to correct the defect found. The first step is to drill a hole corresponding to the calculated diameter for the chemical anchor. Then a reinforcement cage for the facing panel must be created. The waterproofing is installed after the reinforcement cage is in place to prevent accidental filling of the holes for the chemical anchors during construction and installation work. After the above works, the facing panel is poured with concrete.	
10	Рекомендуется установить облицовочную панель с анкерными сваями на подпорное сооружение для исправления обнаруженного дефекта. Первым шагом необходимо выполнить бурение отверстия, соответствующего расчетному диаметру, для химического анкера. Затем следует создать арматурный каркас для облицовочной панели. Устройство гидроизоляции производится после установки каркаса, чтобы предотвратить случайное заполнение отверстий, предназначенных для химических анкеров, при строительно-монтажных работах. После проведения вышеуказанных работ производится заливка облицовочной панели бетоном. После набора прочности бетона, производится алмазное бурение для устройства анкерных свай. It is recommended that the facing panel with anchor piles be installed on the retaining structure to correct the defect found. The first step is to drill a hole corresponding to the design diameter for the chemical anchor. Then, a reinforcing cage for the facing panel should be created. The waterproofing is installed after the reinforcing cage is in place to prevent accidental filling of the holes for the chemical anchors during construction and installation work. After the above works, the facing panel is poured with concrete. After the concrete has gained strength, diamond drilling for the anchor piles is carried out.	Облицовочная панель Отверстие от Ø8 мм до Ø40 мм глубина принимается согласно рекомендациям производителя Существующая стена Анкерная свая Обмазочная эластичная гидроизоляция

Выводы

Conclusions

Надежность подпорных стен, в процессе эксплуатации, достигается за счет применения рациональной организации системы технического обслуживания, что позволяет, в свою очередь, уменьшить число аварийных отказов и убытков из-за их возникновения. Несмотря на имеющийся большой опыт применения подпорных стен для защиты от оползневых процессов в отечественной и зарубежной практике, в положениях действующего свода правил не предусмотрена методика оценки эксплуатационной надежности защитных и подпорных

противооползневых сооружений. Анализ принятых технических регламентов по проектированию подпорных стен позволил выявить существенный недостаток — отсутствие последовательного алгоритма действий для диагностики объектов транспортного сооружения.

В связи с тем, что отсутствуют нормативные документы по типовым техническим решениям для осуществления ремонтных работ на подпорных стенах, каждая проектная организация самостоятельно разрабатывает рекомендации и в дальнейшем унифицирует их в рамках собственного производства. Подобный опыт и применяемые решения у всех разные, но в ходе большого количества проведенных диагностик были выявлены основные типы возникающих в процессе эксплуатации деформаций подпорных стен. На основе этого исследования была предложена концепция типизации технических решений и алгоритма их последующего применения в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дворцов, Н.Н.** Обеспечение инженерной защиты от оползней / Н.Н. Дворцов // Студенческая наука — первый шаг к цифровизации сельского хозяйства: материалы II Всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 3 ч., Чебоксары, 30 сентября 2022 года / Чебоксары: Б.и., 2022. — С. 93–96. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49614594>. — EDN SDJPPG. (дата обращения: 14.10.2023).
2. **Ванеев, С.Д.** Защита автомобильных дорог в горных условиях / С.Д. Ванеев, М.Э. Дзапаров, С.Т. Дзугаев // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции, Владикавказ, 12–14 мая 2020 года. Том Часть II. / Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2021. — С. 57–61. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45834744>. — EDN CGQMOE. (дата обращения: 14.10.2023).
3. **Ha, N.M.** Selection of parameters for MSE retaining walls / N.M. Ha, P.T. Thanh, N. Van, H.V. Popov // VII International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE 2020) 11th–14th November 2020 / Ташкент: IOP Publishing, 2021. — С. 12075. — URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1030/1/012075>. — EDN FUTXUY. (дата обращения: 14.10.2023). — <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012075>.
4. **Илюхин, Е.А.** Методы инженерной защиты автомобильных дорог, расположенных на насыпях и откосах / Е.А. Илюхин, С.С. Дешук, А.О. Муратов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. — С. 273–274. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37220139>. — EDN VYDRQQ. (дата обращения: 14.10.2023).
5. **Поздеев, А.П.** Геологическая характеристика процесса оползней / А.П. Поздеев // Инновационная наука. — 2021. — № 8-2. — С. 7–9. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46436164>. — EDN SNJPVR. (дата обращения: 14.10.2023).
6. Modular precast concrete facing for soil-nailed retaining walls: laboratory study and in situ validation / T.T. Bui, M. Bost, A. Limam [и др.]. — DOI <https://doi.org/10.1007/s41062-019-0250-z> // Innovative Infrastructure Solutions. — 2019. — Т 5. — № 1. — С. 1–14. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53386386>. — EDN CLIAWH. (дата обращения: 14.10.2023).

7. **Клименко, Н.Е.** Геотехнический мониторинг в строительстве автомобильных дорог / Н.Е. Клименко, В.Ю. Деревков, Г.Г. Солонов // Роль и место информационных технологий в современной науке: сборник статей Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 16 января 2018 года. Том Часть 2 / Магнитогорск: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2018. — С. 250–252. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32272417>. — EDN YLPMJG. (дата обращения: 14.10.2023).
8. **Конюшков, В.В.** Численное моделирование вариантного проектирования инженерной защиты территории от склоновых процессов / В.В. Конюшков, А.В. Пятница. — DOI <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-2-100-105> // Вестник гражданских инженеров. — 2018. — № 2. — С. 100–105. — URL: <https://vestnik.spbgasu.ru/sites/files/ru/articles/67/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F14.pdf>. — EDN XRRKXZ. (дата обращения: 14.10.2023).
9. **Прокопов, А.Ю.** Сравнение конструктивно-технологических решений подпорной стенки усиленной грунтовыми анкерами / А.Ю. Прокопов, Г.В. Еганиян, В.О. Кузнецов // Инженерный вестник Дона. — 2023. — № 2. — С. 265–283. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50433182>. — EDN AXYVPC. (дата обращения: 14.10.2023).
10. **Lisichkin, S.E.** Results of Studies on Strengthening Retaining Walls with Composite Materials / S.E. Lisichkin, O.D. Rubin, F.A. Pashchenko. — DOI <https://doi.org/10.1007/s10749-021-01367-3> // Power Technology and Engineering. — 2021. — Т 55. — № 3. — С. 373–379. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10749-021-01367-3>. — EDN EWEWPP. (дата обращения: 14.10.2023).
11. **Преснов, О.М.** Оползни при строительстве и эксплуатации автомобильных и железных дорог / О.М. Преснов, Д.Н. Рассказов // Трибуна ученого. — 2022. — № 1. — С. 37–41. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48089880>. — EDN QEGMCK. (дата обращения: 14.10.2023).
12. **Khomyakov, V.** Methods of restoration of deformed retaining walls in seismic conditions / V. Khomyakov, Y. Yemenov, N. Zhamek // 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2019: 16, Geotechnique for Sustainable Development and Emerging Market Regions, Taipei, 14–18 октября 2019 года / Тайбэй: Б.и., 2019. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43281652>. — EDN NSOGQB. (дата обращения: 14.10.2023).
13. **GuhaRay, A.** Reliability Analysis of Retaining Walls Subjected to Blast Loading by Finite Element Approach / A. GuhaRay, S. Mondal, H.H. Mohiuddin. — DOI <https://doi.org/10.1007/s40030-018-0273-z> // Journal of The Institution of Engineers (India): Series A. — 2018. — № 99. — С. 95–102. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40030-018-0273-z>. — EDN RQPBIX. (дата обращения: 14.10.2023).
14. **Черданцев, А.С.** Инженерная защита участка горной дороги от камнепада / А.С. Черданцев, Л.А. Бородий // Человек, общество, технологии: вопросы взаимодействия в современном мире: сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 05 декабря 2022 года / Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. — С. 115–121. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49876361>. — EDN IQQISP. (дата обращения: 14.10.2023).
15. **Белов, О.Д.** Основные решения по инженерной защите территории в горной местности / О.Д. Белов // Advances in Science and Technology: Сборник статей XV международной научно-практической конференции, Москва, 31 июля 2018 года / Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2018. — С. 145–146. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35386720>. — EDN LXTKWT. (дата обращения: 14.10.2023).

Сведения об авторах:

Пшидаток Маргарита Адамовна — аспирант кафедры «Строительных материалов и конструкций», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия, e-mail: margaritaaa7@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1839-551X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023557

Маций Сергей Иосифович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительных материалов и конструкций», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия, e-mail: matsiy@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2410-2725>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=144442

Статья получена: 15.12.2023. Принята к публикации: 10.03.2024. Опубликовано онлайн: 24.03.2024.

REFERENCES

1. Dvortsov N.N. Provision of Engineering Protection Against Landslides. In: [*Student science is the first step towards the digitalization of agriculture: materials of the II All-Russian Student Scientific and Practical Conference: at 3 o'clock, Cheboksary, September 30, 2022*]. Cheboksary: Without publisher; 2022. p. 93–96. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49614594> (accessed 14th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
2. Vaneev S.D., Dzaparov M.E., Dzugayev S.T. Protection of Roads in Mountain Conditions. In: [*Modern scientific, technical, social and humanitarian research: current issues, achievements and innovations: Collection of reports of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, Vladikavkaz, May 12–14, 2020. Volume Part II.*]. Vladikavkaz: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University); 2021. p. 57–61. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45834744> (accessed 14th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
3. Ha N.M., Thanh P.T., Van N., Popov H.V. Selection of parameters for MSE retaining walls. In: VII International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE 2020) 11th–14th November 2020. Tashkent, Uzbekistan: IOP Publishing; 2021. p. 12075. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1030/1/012075> (accessed 14th October 2023). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1030/1/012075>.
4. Ilyukhin E.A., Deshchik S.S., Muratov A.O. [Methods of engineering protection of highways located on embankments and slopes]. In: [*Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the XII All-Russian Conference of Young Scientists, Krasnodar, February 05–08, 2019*]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University; 2019. p. 273–274. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37220139> (accessed 14th October 2023). (In Russ.).
5. Pozdeyev A.P. [Geological characteristics of the landslide process]. *Innovation Science*. 2021; (8-2): 7–9. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46436164> (accessed 14th October 2023). (In Russ.).
6. Bui T.T., Bost M., Limam A. et al. Modular precast concrete facing for soil-nailed retaining walls: laboratory study and in situ validation. *Innovative Infrastructure Solutions*. 2019; 5(1): 1–14. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s41062-019-0250-z>.
7. Klimenko N.E., Derevko V.Yu., Solonov G.G. [Geotechnical monitoring in highway construction]. In: [*Role and place of information technology in modern science: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Magnitogorsk, January 16, 2018. Volume Part 2*]. Magnitogorsk: OMEGA SAYNS; 2018. p. 250–252. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32272417> (accessed 14th October 2023). (In Russ.).
8. Konyushkov V.V., Pyatnitsa A.V. Numerical Simulation of The Alternative Design of Territory Engineering Protection Measures Against Landslide Processes. *Bulletin of Civil Engineers*. 2018; (2): 100–105. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-2-100-105>.
9. Prokopov A.J., Eganyan G.V., Kuznecov V.O. Comparison of Structural and Technological Solutions for A Retaining Wall Reinforced with Ground Anchors. *Engineering journal of Don*. 2023; (2): 265–283. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50433182> (accessed 14th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
10. Lisichkin S.E., Rubin O.D., Pashchenko F.A. Results of Studies on Strengthening Retaining Walls with Composite Materials. *Power Technology and Engineering*. 2021; 55(3): 373–379. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-021-01367-3>.

11. Presnov O.M., Rasskazov D.N. Landslides During the Construction and Operation of Roads and Railways. *Tribune Scientists*. 2022; (1): 37–41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48089880> (accessed 14th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Khomyakov V., Yemenov Y., Zhamek N. Methods of restoration of deformed retaining walls in seismic conditions. In: *16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2019: 16, Geotechnique for Sustainable Development and Emerging Market Regions, Taipei, October 14–18, 2019*. Taipei: Without publisher; 2019. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43281652> (accessed 14th October 2023). (In Eng.).
13. GuhaRay A., Mondal S., Mohiuddin H.H. Reliability Analysis of Retaining Walls Subjected to Blast Loading by Finite Element Approach. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*. 2018; (99): 95–102. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s40030-018-0273-z>.
14. Cherdantsev A.S., Borodiy L.A. Engineering Protection of a Section of a Mountain Road from Rockfall. In: *[Man, society, technology: issues of interaction in the modern world: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, December 05, 2022]*. Petrozavodsk: Mezhdunarodnyy tsentr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya I.I.); 2022. p. 115–121. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49876361> (accessed 14th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
15. Belov O.D. [Basic solutions for engineering protection of territory in mountainous areas]. In: *[Advances in Science and Technology: Collection of articles of the XV International Scientific and Practical Conference, Moscow, July 31, 2018]*. Moscow: Aktual'nost'.RF; 2018. p. 145–146. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35386720> (accessed 14th October 2023). (In Russ.).

Information about the authors:

Margarita A. Pshidatok — Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia,
e-mail: margaritaaa7@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1839-551X>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023557

Sergey I. Matsiy — Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia,
e-mail: matsiy@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2410-2725>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=144442

Submitted: 15th December 2023. Revised: 10th March 2024. Published online: 24th March 2024.