



Сценарии аварий сооружений инженерной защиты объектов транспорта от гидродинамических воздействий морских волн

Г.В. Тлявлиная^{1✉}, Р.М. Тлявлин², Г.А. Емельянова³

^{1,2}Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИТС), Обособленное подразделение «НИЦ «Морские берега», Сочи, Россия

³Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

Аннотация. Объектами исследования являются сооружения инженерной защиты автомобильных и железных дорог, включая мостовые переходы, расположенные на берегах морей, от размыва при воздействии морских штормовых волн. На примере одного из наиболее уязвимых с точки зрения размыва морскими волнами участка Туапсе–Адлер Северо-Кавказской железной дороги были рассмотрены традиционные конструкции инженерной защиты – искусственная волногасящая полоса с пляжеудерживающими сооружениями (морскими бунами) и волноотбойная стена. Приведено описание условий эксплуатации гидротехнических сооружений, влияющих на их надежность. Представлена характеристика вариантов берегозащиты по безопасности эксплуатации железной дороги. При выполнении исследований использованы материалы натурных обследований и полевых работ, проведенных авторами за многолетний период, с использованием методов математического и физического (гидравлического) моделирования. По результатам исследования разработаны сценарии наиболее вероятной и наиболее тяжелой аварий на морских берегозащитных сооружениях, защищающих объекты транспорта. Следовательно, по сценарию наиболее тяжелой аварии на гидротехническом сооружении чрезвычайные ситуации могут достигать регионального характера, а по сценарию наиболее вероятной аварии – локального характера. Предложенные сценарии аварий могут быть использованы для определения значения риска аварии при оценке вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварии рассмотренных сооружений инженерной защиты.

Ключевые слова: авария, буна, волноотбойная стена, гидродинамическое воздействие волн, дороги, защитная волногасящая полоса, размыв, транспортные сооружения

Для цитирования: Тлявлиная Г.В., Тлявлин Р.М., Емельянова Г.А. Сценарии аварий сооружений инженерной защиты объектов транспорта от гидродинамических воздействий морских волн // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 2. С. 292–300. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-292-300>. EDN: LIKCR.

Original article

Scenarios of accidents of engineering structures protecting transport facilities from the hydrodynamic effects of sea waves

Galina V. Tlyavlina^{1✉}, Roman M. Tlyavlin², Galina A. Emelianova³

^{1,2}Central research institute of Transport Construction, R&D Centre “Morskie berega”, Sochi, Russia

³Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

Abstract. The objects of the study are engineering structures for the protection of roads and railways, including bridge crossings located on the shores of the seas, from erosion caused by sea storm waves. Using the example of one of the most vulnerable sections of the Tuapse-Adler section of the North Caucasus Railway from the point of view of sea waves, traditional engineering protection structures were examined – an artificial wave-extinguishing strip with beach-retaining structures (sea booms) and a

breakwater wall. The description of the operating conditions of hydraulic structures affecting their reliability is given. The characteristics of coastal protection options for the safety of railway operation are presented. When carrying out the research, materials from field surveys and field work carried out by the authors over a long period of time were used using mathematical and physical (hydraulic) modeling methods. Based on the results of the study, scenarios for the most likely and most severe accidents at offshore coastal protection structures protecting transport facilities have been developed. Consequently, in the scenario of the most severe accident at a hydraulic engineering facility, emergencies can reach a regional nature, and in the scenario of the most likely accident - a local nature. The proposed accident scenarios can be used to determine the value of the accident risk when assessing the likely damage that may be caused as a result of an accident of the considered engineering protection structures.

Keywords: accident, erosion, groin, hydrodynamic effects of waves, protective beach, roads, sea wall, transport facilities

For citation: Tlyavlina G.V., Tlyavlin R.M., Emelianova G.A. Scenarios of accidents of engineering structures protecting transport facilities from the hydrodynamic effects of sea waves. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2025;15(2):292-300. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-292-300>. EDN: LIKCR.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании и эксплуатации транспортных сооружений (мостовых переходов, автомобильных и железных дорог) в береговой зоне морей одной из целей является защита от гидродинамического воздействия морских штормовых волн.

Наиболее часто для обеспечения надежной защиты от размыва используют следующие типы конструкций:

- волноотбойные стены;
- свободные волногасящие полосы (песчаные или галечные пляжи);
- волногасящие полосы с удерживающими сооружениями (бунами или волноломами);
- волногасящие бермы из камня либо фансонных массивов (гексабитов, тетраподов и др.).

Если для защиты мостовых переходов (в том числе мостовых опор) от волнового воздействия в основном используют откосные набросные конструкции, то для защиты линейных транспортных объектов (автомобильных и железных дорог) зачастую требуется возведение целого комплекса берегозащитных сооружений, например, подпорно-волноотбойных стен с защитной волногасящей полосой с бунами.

В практике транспортного строительства известно значительное количество аварий, анализу и предотвращению которых посвящено множество исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Однако до сих пор далеко не все вопросы по обеспечению надежной эксплуатации мостовых переходов, автомобильных и железных дорог на берегах морей изучены в достаточной степени [1–5]. Сооружения инженерной защиты от волнового воздействия (берегозащитные, берегоукрепительные) относятся к

гидротехническим (ГТС).

Наряду с исследованием аспектов устойчивости защитных конструкций, их защитных и волногасящих свойств [2, 6], важным становится прогноз [7, 8] и оценка рисков аварий [15–18].

Для корректной и адекватной оценки рисков, а также определения размера вреда, который может причинить разрушение конструкций, необходимо разработать сценарии возможных аварий ГТС [13].

Цель настоящей работы – подготовка данных для оценки вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварий сооружений инженерной защиты объектов транспорта (железнодорожного полотна, включая мосты) от гидродинамических воздействий морских волн на участке Туапсе–Адлер (Черноморское побережье Краснодарского края).

На примере одного из наиболее уязвимых, с точки зрения размыва морскими волнами, участка железной дороги были рассмотрены традиционные конструкции инженерной защиты, описаны условия эксплуатации гидротехнических сооружений, влияющих на их надежность, охарактеризованы варианты берегозащиты по безопасности эксплуатации железной дороги, разработаны сценарии наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий сооружений инженерной защиты.

МЕТОДЫ

При выполнении исследования были использованы материалы полевых работ, проведенных авторами с 2004 по 2024 г.: батиметрические и топографические съемки, обследование береговой зоны и берегозащитных сооружений (подпорно-волноотбойных стен, бун, волногасящей полосы, набросных берм и т.п.)

[2, 14–16], а также данные, полученные на основе анализа протекающих береговых процессов с учетом поступления из рек пляжеобразующего материала и конфигурации береговой линии [2, 17]. Также учтены результаты, полученные авторами с использованием методов математического и физического (гидравлического) моделирования [2, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Железная дорога на участке Туапсе–Адлер на 70 % своего протяжения (порядка 70 км) пролегает по береговому уступу Черного моря. Он подвержен воздействию целого ряда неблагоприятных геологических процессов [14, 18]:

- с нагорной стороны – обвалам, осыпям, оползням, эрозии, связанной с особенностями геологического строения грунтов;

- с морской стороны – абразии берега, вызванной агрессивным волновым воздействием моря.

До начала 60-х гг. основное внимание было направлено на возведение подпорно-волноотбойных стен (так как железнодорожное полотно пролегает по полке, врезанной в береговую уступ). Позднее стало ясно, что только строительством волноотбойных стен задачи защиты железнодорожного пути с целью обеспечения бесперебойного движения поездов и предохранения земляного полотна от размыва решены быть не могут. Необходимо было восстановить размываемые естественные пляжи, так как пляж должных размеров является самой надежной защитой берега и возведенных сооружений. В настоящее время для создания волногасящей полосы, способной защитить подпорно-волноотбойные стены, требуются периодические отсыпки пляжеобразующего материала.

Волновой режим прилегающей акватории моря характеризуется преобладанием волнений от юга до запада. Суммарная повторяемость волнений в этом секторе составляет 98 %. Оценка волновых условий в районе г. Сочи производится по материалам наблюдений на Сочинской морской гидрометеостанции. Измерения параметров волн выполняются в прибрежной полосе на глубине 5 м. В связи с мелководностью в месте измерений высота волн не может быть больше 4 м. Поэтому, большинство зафиксированных за многолетний период наблюдений штормов соответствуют 5 баллам (до 3,5 м) по шкале балльности волнения, и только отдельные – к 6 баллам (от 3,5 до 6,0 м). Косвенным показателем силы шторма является период волны, который для условий открытого моря тесно связан с высотой волны. В прибрежной полосе преобладают

течения, направленные на северо-запад. Скорости этих течений в поверхностном слое составляют 0,1–0,4 м/с, а максимальные достигают 0,9 м/с.

Черное море относится к морям с незначительными колебаниями уровня воды. Колебания уровня моря, обусловленные приливными явлениями, не превышают нескольких сантиметров. Ход уровня Черного моря определяется изменениями составляющих водного баланса – поверхностным речным стоком, осадками и испарением. Уровень моря претерпевает сезонные колебания. Сезонные изменения уровня моря являются следствием колебания речного стока, осадков и штормовой активности. Обычно более высокое стояние уровня наблюдается в мае–июле, а его понижение – в октябре–ноябре, а в некоторых местах в январе–феврале. Разность между летним и зимним положениями уровня равна 30–40 см. Эти колебания создаются за счет неодинакового, от сезона к сезону, поступления речных вод в море, поэтому они наиболее отчетливо выражены в районах влияния материкового стока.

Береговой склон сформирован отложениями верхнего палеогена, представляющих собой переслаивание среднезернистых песчаников и синевато-серых аргиллитов. До строительства железной дороги участок был представлен абразионным клифом. Рельеф местности гористый, горы подступают вплотную к береговой линии Черного моря. Динамика пляжной зоны определяется вдольбереговым потоком наносов, идущем в направлении от г. Туапсе в сторону г. Адлера.

Рельеф дна характеризуется узким шельфом и сильно расчлененным материковым склоном. Ширина шельфа составляет в среднем 8 км. Граница редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15–20°. Склон сильно расчленен каньонами, часть которых приурочена к устьям рек, осложнен грядами и возвышенностями, основания которых распространяются до глубин 1400–1800 м. На северо-восточном шельфе выделены три эколого-батиметрические зоны: мелководная (до глубины 30 м), переходная (глубины 30–100 м), свал глубин (глубины от 100–1500 м).

На берегах, используемых в рекреационных целях, наиболее экономичным и надежным для нормальной эксплуатации железнодорожного полотна, отвечающим современным нормам проектирования морских берегозащитных сооружений, является вариант, сочетающий три основных типа сооружений:

- подпорно-волноотбойная стена;
- защитная волногасящая полоса (пляж);

– пляжеудерживающие сооружения (каменнонабросные либо бетонные бунны).

На участках, которые в рекреационных целях не используются, вместо защитной волногасящей полосы с бунами наиболее экономичным вариантом будет строительство перед

подпорно-волноотбойной стеной бермы из камня или фасонных массивов (гексабитов либо тетраподов).

В таблице представлена характеристика вариантов берегозащиты по безопасности эксплуатации железной дороги.

Характеристика сценариев разрушения берегоукрепления по уровню опасности для эксплуатации железной дороги

Characteristics of scenarios for the destruction of coastal protections by the level of danger to railway

№ п.п.	Вариант берегоукрепления	Сценарий	Меры по ликвидации последствий	Уровень опасности для эксплуатации железной дороги
1	Волноотбойная стена	Частичное разрушение волноотбойной стены приведет к немедленному размыву земляного полотна железной дороги и к прекращению железнодорожного сообщения до восстановления стены	Реконструкция или новое строительство волноотбойной стены, восстановление железнодорожного полотна	Критический
2	Волноотбойная стена, свободный волногасящий пляж	Полный размыв пляжа, угроза подмыва и разрушения волноотбойной стены	Восстановление пляжа	Не критический
3	Волноотбойная стена, волногасящий пляж под защитой каменнонабросных бун	Полное разрушение каменнонабросных бун приведет к размыву пляжа. Частичное разрушение – частичный размыв пляжа	Восстановление бун и пляжа	Не критический
4	Волноотбойная стена, волногасящий пляж под защитой бетонных бун	Полное разрушение бетонной бунны невозможно. Частичное разрушение приведет к частичному размыву пляжа	Восстановление бун и пляжа	Не критический
5	Волноотбойная стена, защитная волногасящая берма из камня	Полное разрушение каменнонабросной бермы приведет к угрозе подмыва волноотбойной стены	Восстановление бермы	Не критический
6	Волноотбойная стена, защитная волногасящая берма из тетраподов	Полное разрушение бермы из тетраподов приведет к угрозе подмыва волноотбойной стены	Восстановление бермы	Не критический

Следует отметить, что при наличии пляжа либо бермы перед волноотбойной стеной в случае своевременного принятия мер по восстановлению последних, угрозы для нормальной эксплуатации железной дороги нет. Именно поэтому авторами в нормативные документы СП 277.1325800.2016 и СП 416.1324800.2018 внесены требования о недопустимости строительства волноотбойных стен без волногасящих сооружений перед ними. Класс гидротехнических сооружений: волноотбойных стен – II,

бун и защитной волногасящей полосы – III (СП 58.13330.2019 п. 5, табл. Б1, приложение Б). Расчетный срок службы ГТС согласно СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» для сооружений II класса составляет 100 лет, для сооружений III класса – 50 лет.

На рис. 1 представлено сопоставление общей стоимости (строительства и эксплуатационных подсыпок) для различных вариантов берегоукрепления по состоянию на 2024 г.



Рис. 1. Сопоставление общей стоимости (строительства и эксплуатационных подсыпок) для различных вариантов берегоукрепления
Fig. 1. Comparison of the total cost (construction and operational backfills) for various shore protection structures

Для рассматриваемого комплекса ГТС возможны следующие варианты аварий (повреждений):

1. Сценарий наиболее вероятной аварии – прохождения штормов редкой повторяемости. Как следствие, возможны локальные размывы защитной волногасящей полосы или нарушение проектного профиля волногасящей полосы на всем протяжении объекта вдоль берега. При данном сценарии ГТС не сможет в полной мере выполнять функции по защите земляного полотна железной дороги от размыва штормовыми волнами, однако остается

работоспособным до устранения дефектов (рис. 2).

2. Сценарий наиболее тяжелой аварии – значительные размывы защитной волногасящей полосы, последующий подмыв волноотбойных стен и вымывание грунта обратной засыпки, разрушение земляного полотна железной дороги.

Данный сценарий возможен при воздействии природных, техногенных факторов в комплексе с эксплуатационными (несвоевременное обнаружение и устранение дефектов) (рис. 3).



Рис. 2. Вид объекта в случае реализации сценария наиболее вероятной аварии на берегозащитном гидротехническом сооружении (размыв волногасящей полосы)
Fig. 2. Type of object in case of realization of the scenario of the most probable accident on the coastal protection structure (beach erosion)



Рис. 3. Вид объекта в случае реализации сценария наиболее тяжелой аварии на берегозащитном гидротехническом сооружении (обрушение подпорно-волноотбойной стены)
Fig. 3. Type of object in case of realization of the scenario of the most severe accident on a coastal protection structure (collapse of a sea wall)

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» при аварии на гидротехническом сооружении чрезвычайные ситуации могут достигать:

- по сценарию наиболее тяжелой аварии ГТС – регионального характера;
- по сценарию наиболее вероятной аварии ГТС – локального характера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследований были решены следующие задачи: на примере участка Туапсе–Адлер Северо-Кавказской железной дороги рассмотрены традиционные конструкции инженерной защиты, описаны условия эксплуатации берегозащитных сооружений, влияющие на их надежность, дана характеристика вариантов берегозащиты по безопасности эксплуатации железной дороги.

Также были разработаны сценарии наиболее тяжелой и наиболее вероятной аварий со-

оружений инженерной защиты. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- из-за размывов в береговой зоне деформациям подвергается и само земляное полотно;
- в результате недостаточной ширины волногасящей полосы волны напрямую воздействуют на железнодорожную насыпь;
- сценарий наиболее вероятной аварии на берегозащитном ГТС – размыв волногасящей полосы;
- сценарий наиболее тяжелой аварии на берегозащитном ГТС – обрушение подпорно-волноотбойной стены;
- по сценарию наиболее тяжелой аварии на ГТС чрезвычайные ситуации могут достигать регионального характера, а по сценарию наиболее вероятной аварии – локального характера.

Разработанные сценарии аварий сооружений инженерной защиты объектов транспорта от гидродинамических воздействий морских

волн могут быть использованы при расчете вероятного вреда при разрушении конструкций ГТС, а также при разработке деклараций ГТС в составе проектной документации на строи-

тельство и реконструкцию объектов, проектируемых и эксплуатируемых в береговой зоне морей, например, на приморских участках автомобильных и железных дорог.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Qin Chen, Lixia Wang, Haihong Zhao, Douglass S.L. Prediction of Storm Surges and Wind Waves on Coastal Highways in Hurricane-Prone Areas // *Journal of Coastal Research*. 2007. Vol. 23. Iss. 5. P. 1304–1317. <https://doi.org/10.2112/05-0465.1>.
2. Тлявлиня Г.В. Лабораторные и натурные исследования в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия // *Транспортные сооружения*. 2022. Т. 9. № 4. С. 1–19. <https://doi.org/10.15862/10SATS422>. EDN: JVREME.
3. De Finis S., Romano A., Bellotti G. Numerical and Laboratory Analysis of Post-Overtopping Wave Impacts On a Storm Wall for a Dike-Promenade Structure // *Coastal Engineering*. 2020. Vol. 155. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.103598>.
4. Weiqiu Chen, Marconi A., van Gent M.R.A., Warmink J.J., Hulscher S.J.M.H. Experimental Study on the Influence of Berms and Roughness on Wave Overtopping at Rock-Armoured Dikes // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. Vol. 8. Iss. 6. P. 1–21. <https://doi.org/10.3390/jmse8060446>.
5. Курбанов С.О., Ханов Н.В., Черных О.Н. Проблемы и пути решения вопросов инженерной защиты и восстановления прибрежных нарушенных земель городских территорий // *Природообустройство*. 2023. № 1. С. 38–46. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-38-46>. EDN: RSHSEQ.
6. Saengsupavanich C. Flaws in Coastal Erosion Vulnerability Assessment: Physical and Geomorphological Parameters // *Arabian Journal of Geosciences*. 2022. Vol. 15. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-09368-2>.
7. Lira-Loarca A., Cáceres-Euse A., De-Leo F., Besio G. Wave Modeling with Unstructured Mesh for Hindcast, Forecast and Wave Hazard Applications in The Mediterranean Sea // *Applied Ocean Research*. 2022. Vol. 122. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2022.103118>.
8. Stokes K., Poate T., Masselink G., King E., Saulter A., Ely N. Forecasting Coastal Overtopping at Engineered and Naturally Defended Coastlines // *Coastal Engineering*. 2021. Vol. 164. P. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2020.103827>.
9. Deping Cao, Weikai Tan, Jing Yuan Assessment of Wave Overtopping Risk for Pedestrian Visiting the Crest Area of Coastal Structure // *Applied Ocean Research*. 2022. Vol. 120. P. 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102985>.
10. Chenlei Guan, Damin Dong, Feng Shen, Xin Gao, Linyan Chen Hierarchical Structure Model of Safety Risk Factors in New Coastal Towns: A Systematic Analysis Using the DEMATEL-ISM-SNA Method // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19. Iss. 17. P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710496>.
11. Khavansky A., Latun V., Khoroshev O., Merinova Yu., Nedoseka L. Risk Assessment of Hazardous Abrasion and Landslide Processes in The Coastal Zone of the Azov Sea // *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 175. P. 1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017506008>.
12. Финагенов О.М., Бешлиян А.Р. Риск в гидротехнике // *Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева*. 2007. Т. 246. С. 107–112. EDN: IBWITV.
13. Финагенов О.М., Штильман В.Б., Шульман С.Г., Юделевич А.М. Развитие методов оценки надежности гидротехнических сооружений // *Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева*. 2021. Т. 300. С. 7–20. EDN: IANMJK.
14. Ashpiz E., Savin A., Tlyavlin R., Tlyavlina G. Urgent Issues of Anti-Deformation Measures to Protect Coastal Railways // *14th Medcoast Congress On Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation (Marmaris, 22–26 October, 2019)*. Marmaris, 2019. P. 841–852. EDN: JWHEBE.
15. Тлявлин Р.М. Оценка технического состояния волногасящих сооружений инженерной защиты земляного полотна от волнового воздействия // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2020. Т. 17. № 2. С. 198–209. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209>. EDN: TWPLCB.
16. Тлявлин Р.М., Тлявлиня Г.В. Оценка состояния берегозащитных сооружений железнодорожного полотна на участке Туапсе–Адлер // *Транспортное строительство*. 2017. № 2. С. 23–25. EDN: ZHBIBR.
17. Петров В.А., Ярославцев Н.А. Оценка величины вдольберегового потока наносов в литодинамических системах (на примере участка берега между Туапсе и Адлером) // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология*. 2020. № 4. С. 60–67. <https://doi.org/10.31857/S0869780920040074>. EDN: XZJJYA.

18. Тлявлиная Г.В., Тлявлин Р.М., Мегрелишвили И.Ю. Сравнение показателей различных типов берегозащитных сооружений // Транспортное строительство. 2011. № 5. С. 10–12. EDN: NZAHFJ.

REFERENCES

1. Qin Chen, Lixia Wang, Haihong Zhao, Douglass S.L. Prediction of Storm Surges and Wind Waves on Coastal Highways in Hurricane-Prone Areas. *Journal of Coastal Research*. 2007;23(5):1304-1317. <https://doi.org/10.2112/05-0465.1>.
2. Tlyavlina G.V. Laboratory and Field Studies to Ensure the Regulatory Framework Development and The Transport Facilities' Safety in The Wave Effect Conditions. *Russian Journal of Transport Engineering*. 2022;9(4):1-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/10SATS422>. EDN: JVREME.
3. De Finis S., Romano A., Bellotti G. Numerical and Laboratory Analysis of Post-Overtopping Wave Impacts On a Storm Wall for a Dike-Promenade Structure. *Coastal Engineering*. 2020;155:1-13. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.103598>.
4. Weiqiu Chen, Marconi A., van Gent M.R.A., Warmink J.J., Hulscher S.J.M.H. Experimental Study on the Influence of Berms and Roughness on Wave Overtopping at Rock-Armoured Dikes. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020;8(6):1-21. <https://doi.org/10.3390/jmse8060446>.
5. Kurbanov S.O., Khanov N.V., Chernykh O.N. Problems and Ways for Solving Issues of Engineering Protection and Restoration of Coastal Disturbed Lands of Urban Territories. *Environmental Engineering*. 2023;1:38-46. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-38-46>. EDN: RSHSEQ.
6. Saengsupavanich C. Flaws in Coastal Erosion Vulnerability Assessment: Physical and Geomorphological Parameters. *Arabian Journal of Geosciences*. 2022;15:1-17. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-09368-2>.
7. Lira-Loarca A., Cáceres-Euse A., De-Leo F., Besio G. Wave Modeling with Unstructured Mesh for Hindcast, Forecast and Wave Hazard Applications in The Mediterranean Sea. *Applied Ocean Research*. 2022;122:1-13. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2022.103118>.
8. Stokes K., Poate T., Masselink G., King E., Saulter A., Ely N. Forecasting Coastal Overtopping at Engineered and Naturally Defended Coastlines. *Coastal Engineering*. 2021;164:1-17. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2020.103827>.
9. Deping Cao, Weikai Tan, Jing Yuan Assessment of Wave Overtopping Risk for Pedestrian Visiting the Crest Area of Coastal Structure. *Applied Ocean Research*. 2022;120:1-16. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102985>.
10. Chenlei Guan, Damin Dong, Feng Shen, Xin Gao, Linyan Chen Hierarchical Structure Model of Safety Risk Factors in New Coastal Towns: A Systematic Analysis Using the DEMATEL-ISM-SNA Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(17):1-17. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710496>.
11. Khavansky A., Latun V., Khoroshev O., Merinova Yu., Nedoseka L. Risk Assessment of Hazardous Abrasion and Landslide Processes in The Coastal Zone of the Azov Sea. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 175. P. 1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017506008>.
12. Finagenov O.M., Beshlian A.R. Risk in Hydroengineering. *Izvestiya Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva*. 2007;246:107-112. (In Russ.). EDN: IBWITV.
13. Finagenov O.M., Shtilman V.B., Shulman S.G., Yudelevich A.M. Development of Methods for Assessing the Reliability of Hydraulic Structures. *Izvestiya Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva*. 2021;300:7-20. (In Russ.). EDN: IANMJK.
14. Ashpiz E., Savin A., Tlyavlin R., Tlyavlina G. Urgent Issues of Anti-Deformation Measures to Protect Coastal Railways. In: *14th Medcoast Congress On Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation*. 22–26 October 2019, Marmaris. Marmaris; 2019. p. 841–852. EDN: JWHEBE.
15. Tlyavlin R.M. Assessment of The Technical Condition of Wave Canceling Structures for Engineering Protection of Roadbeds from Wave Exposure. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2020;17(2):198-209. (In Russ.). <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209>. EDN: TWPLCB.
16. Tlyavlin R.M., Tlyavlina G.V. Assessment of Coastal Protection Structures of the Tuapse–Adler Railway Track. *Transport Construction*. 2017;2:23-25. (In Russ.). EDN: ZHBIBR.
17. Petrov V.A., Yaroslavtsev N.A. Evaluation of Longshore Transport of Sediments in Lithodynamic Systems (By The Example of the Coast Section Between Tuapse and Adler). *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2020;4:60-67. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869780920040074>. EDN: XZJJYA.
18. Tlyavlina G.V., Tlyavlin R.M., Megrelishvili I.Yu. Comparison of The Indices of Various Coast-Protection Structures. *Transport Construction*. 2011;5:10-12. (In Russ.). EDN: NZAHFJ.

Информация об авторах

Тлявлиная Галина Вячеславовна,
к.т.н., заведующий лабораторией
моделирования, расчетов и нормирования
в гидротехническом строительстве,
ОП АО ЦНИИТС «НИЦ «Морские берега»»,
354002, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 1,
Россия,
докторант кафедры мосты и тоннели,
Российский университет транспорта (МИИТ).
127994, г. Москва, ГСП-4, ул. Образцова, д. 9,
стр. 9,
Россия,
✉e-mail: TlyavlinaGV@Tsniiis.com
<https://orcid.org/0000-0003-4083-9014>
Author ID: 604630

Тлявлин Роман Маратович,
к.т.н., заместитель генерального директора
АО ЦНИИТС, руководитель ОП АО ЦНИИТС
«НИЦ «Морские берега»»,
354002, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 1, Россия,
e-mail: TlyavlinRM@Tsniiis.com
<https://orcid.org/0000-0002-8648-0492>
Author ID: 123325

Емельянова Галина Александровна,
д.т.н., профессор кафедры мосты и тоннели,
Российский университет транспорта (МИИТ),
127994, г. Москва, ГСП-4,
ул. Образцова, д. 9, стр. 9,
Россия,
e-mail: ga_emel@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-0696-1592>
Author ID: 318381

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта ин-
тересов.

Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 09.01.2025.
Одобрена после рецензирования 30.01.2025.
Принята к публикации 31.01.2025.

Information about the authors

Galina V. Tlyavlina,
Cand. Sci. (Eng.), Head of the Laboratory
of Modeling, Calculations and Standardization
in Hydraulic Engineering, Joint Stock Company
Central Research Institute of Transport
Construction, R&D Centre "Morskie berega",
1, Yana Fabritciusa St., Sochi 354002, Russia,
Doctoral Student of Bridge and Tunnels
Department,
Russian University of Transport (MIIT),
9 House, 9 Bldg. Obraztsova St., Moscow 127994,
GSP-4, Russia,
✉e-mail: TlyavlinaGV@Tsniiis.com
<https://orcid.org/0000-0003-4083-9014>
Author ID: 604630

Roman M. Tlyavlin,
Cand. Sci. (Eng.), Head of the R&D Centre
«Morskie berega», Joint Stock Company Central
Research Institute of Transport Construction,
1, Yana Fabritciusa St., Sochi 354002, Russia,
e-mail: TlyavlinRM@Tsniiis.com
<https://orcid.org/0000-0002-8648-0492>
Author ID: 123325

Galina A. Emelianova,
Dr. Sci. (Eng.), Professor of Bridge
and Tunnels Department,
Russian University of Transport (MIIT),
9 House, 9 Bldg., Obraztsova St., Moscow 127994,
GSP-4, Russia,
e-mail: ga_emel@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-0696-1592>
Author ID: 318381

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regard-
ing the publication of this article.

The final manuscript has been read and ap-proved
by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 09.01.2025.
Approved after reviewing 30.01.2025.
Accepted for publication 31.01.2025.