

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

2022, Том 9, № 4 / 2022, Vol. 9, No 4 <https://t-s.today/issue-4-2022.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/10SATS422.pdf>

DOI: 10.15862/10SATS422 (<https://doi.org/10.15862/10SATS422>)

Лабораторные и натурные исследования в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия

Тлявлиная Г.В.

АО «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства»
Научно-исследовательский центр «Морские берега» — обособленное подразделение, Сочи, Россия

Автор, ответственный за переписку: Тлявлиная Галина Вячеславовна, e-mail: TlyavlinaGV@Tsnii.com

Аннотация. Настоящая статья является частью диссертационного исследования автора в области научного обоснования развития и совершенствования нормативной базы по обеспечению безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия.

В статье рассматриваются такие элементы транспортных сооружений как опоры мостов и земляное полотно железных дорог, которые расположены на берегах морей и подвергаются волновым воздействиям, и, как следствие, нуждаются в защите.

Актуальность вопроса обусловлена тем, что недостаточная степень обоснования проектных решений сооружений инженерной защиты может привести к экологическим катастрофам и большим финансовым потерям. Как правило, грамотная и жесткая регламентация процесса проектно-исследовательских работ позволяет избежать крупных финансовых потерь. Развитие нормативной базы позволит повысить надежность объектов транспорта, находящихся в зоне волнового воздействия. При этом требования технических регламентов должны быть обоснованы научными исследованиями.

В статье приводятся некоторые результаты научных исследований, выполненных автором в обеспечение развития нормативной базы и безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия. В работе использованы следующие методы

научных исследований: натурные наблюдения и обследования береговой зоны и конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия и физическое (гидравлическое) моделирование.

Использованы результаты многолетних натурных наблюдений и обследований береговой зоны и конструкций инженерной защиты земляного полотна железных дорог: волноотбойных стен, защитных волногасящих полос, бун, волноломов и др. на участках Туапсе-Адлер Северо-Кавказской железной дороги и Корсаков-Ноглики Дальневосточной железной дороги.

Автором представлены результаты лабораторных исследований работы конструкций защиты от волнового воздействия (защитных откосов, волногасящих полос с удерживающими сооружениями и т.п.), которые выполнялись методом физического (гидравлического) моделирования в волновых бассейнах и лотках.

Приводятся сведения о нормативных документах, разработанных при участии автора на основании проведенных исследований. Описана ожидаемая эффективности от практического применения разработанных нормативных документов.

Ключевые слова: буны; волновое воздействие; волногасящая полоса; железные дороги; земляное полотно; инженерная защита; нормативная база; опоры мостов; откос; проектно-исследовательские работы; транспортные сооружения

Laboratory and field studies to ensure the regulatory framework development and the transport facilities' safety in the wave effect conditions

Galina V. Tlyavlina

Central Research Institute of Transport Construction
R&D Centre «Morskie berega» — separate subdivision, Sochi, Russia

Corresponding author: Galina V. Tlyavlina, e-mail: TlyavlinaGV@Tsniiis.com

Abstract. This article is part of the author's dissertation research in the field of scientific substantiation of the development and improvement of the regulatory framework for ensuring the safety of transport facilities in conditions of wave effect.

The article deals with such transport structure elements as bridge piers and railway roadbeds, which are located on the shores of the seas and are exposed to wave effects, and, as a result, need to be protected.

The relevance of the issue is due to the fact that an insufficient justification degree of design solutions for engineering protection structures can lead to environmental disasters and large financial losses. Usually, competent and strict regulation of the design process and survey work allows for avoiding large financial losses. Regulatory framework development will improve the reliability of transport facilities located in the wave effect zone. At the same time, technical regulations requirements must be substantiated by scientific research.

The article presents some results of scientific research carried out by the author to ensure the regulatory framework development and the safety of transport facilities in wave effect conditions. The following methods of scientific research

were used in the work: field observations and surveys of the coastal zone and engineering protection structures of transport facilities from wave effect and physical (hydraulic) modeling. The results of long-term field observations and surveys of the coastal zone and engineering protection structures of the railway roadbed are used: sea wall, protective wave-damping strips, groins, breakwaters, etc. at the Tuapse-Adler sections of the North Caucasian Railway and Korsakov-Nogliki of the Far Eastern Railway.

The author presents laboratory studies results of the wave protection structures operation (protective slopes, wave-damping strips with retaining structures, etc.), which were carried out by the physical (hydraulic) modeling method in wave pools and flumes.

Provides information about the regulations developed with the author's participation based on the research. The expected efficiency from the practical application of the developed normative documents is described.

Keywords: bunas; wave action; wave damping strip; railways; subgrade; engineering protection; regulatory framework; bridge supports; slope; design and survey work; transport facilities

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



Введение

Introduction

Строительство транспортных сооружений, особенно в зоне волнового воздействия, требует больших экономических затрат и оказывает колоссальное влияние на природные процессы. Недостаточная степень обоснования проектных решений сооружений инженерной защиты может привести к экологическим катастрофам и большим финансовым потерям.

Как правило, грамотная и жесткая регламентация процесса проектно-изыскательских работ позволяет избежать крупных финансовых потерь. Однако, за последние годы известно немалое количество транспортных сооружений (включая их инженерную защиту) в морской береговой зоне, разрушенных или причинивших трудноустранимый вред смежным участкам берега.

Частично причиной аварий является недобросовестное проведение проектно-изыскательских или строительных работ. Но в некоторых случаях аварии произошли несмотря на соблюдение технических регламентов (строительных норм и правил). Развитие нормативной базы позволит повысить надежность объектов транспорта, находящихся в зоне волнового воздействия. При этом требования технических регламентов должны быть обоснованы научными исследованиями.

Цель работы — описание выполненных автором научных исследований, выполненных в обеспечение безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия. Результаты исследований использованы для развития и совершенствования нормативной базы по проектированию и строительству транспортных сооружений на берегах морей (а также озер и водохранилищ): мостовых переходов, железных и автомобильных дорог и др.

1. Методы исследований

1. Research methods

Использованы результаты многолетних натурных наблюдений и обследований береговой зоны и конструкций инженерной защиты земляного полотна железных дорог: волноотбойных стен, защитных волногасящих полос, бун, волноломов и др. на участках Туапсе-Адлер Северо-Кавказской железной дороги (далее — СКЖД) (рис. 1) и Корсаков-Ноглики Дальневосточной железной дороги (далее — ДВЖД) (рис. 2) [1–11].



Рисунок 1. Обследование основания волноотбойной стены и земляного полотна. Участок Туапсе-Адлер СКЖД (разработано автором)

Figure 1. Inspection of the seawall and roadbed base.
Tuapse-Adler section of the North Caucasus Railway (developed by the author)



Рисунок 2. Обследование земляного полотна и берегозащитных сооружений. Участок Корсаков-Ноглики ДВЖД (разработано автором)

Figure 2. Examination of the roadbed and bank protection structures.
Korsakov-Nogliki section of the Far Eastern Railway (developed by the author)

Выполнены лабораторные исследования методом физического (гидравлического) моделирования в волновых лотках и бассейнах (рис. 3) как по реальным объектам (опоры моста на остров Русский, земляное полотно на участках Туапсе-Адлер СКЖД и Корсаков-Ноглики ДВЖД и др.), так и по условным сооружениям инженерной защиты от волнового воздействия, исследуемым в научных целях (НИОКР по заказу Федерального центра нормирования и стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве) [12; 13].



Рисунок 3. Лабораторные исследования методом физического моделирования (фото автора)

Figure 3. Laboratory studies using the physical modeling method (photo by the author)

2. Результаты натурных наблюдений и обследований

2. Field observations and surveys results

2.1 Береговая зона вблизи земляного полотна железных дорог

2.1 The coastal area near the railway roadbed

Многолетние натурные наблюдения и обследования береговой зоны [1; 2] позволяют оценить влияние физико-географических и природных условий на состояние и эффективность работы конструкций инженерной защиты транспортных сооружений: земляного полотна железных дорог, опор мостов и др. Для проектирования эффективной защиты линейных объектов (например, земляного полотна железных дорог) от волнового воздействия (рис. 4) следует рассмотреть и изучить следующие аспекты:

- геоморфологические условия;
- литодинамические условия.



Рисунок 4. Натурные наблюдения и обследования береговой зоны вблизи земляного полотна железных дорог (разработано автором)

Figure 4. Field observations and surveys of the coastal zone near the railway roadbed (developed by the author)

По итогам натурных наблюдений и обследований береговой зоны на участках Туапсе-Адлер Северо-Кавказской железной дороги и Корсаков-Ноглики Дальневосточной железной дороги выполнено [3; 4]:

- общая оценка интенсивности литодинамических процессов;
- литодинамическое районирование;
- определение расчетных характеристики динамики наносов;
- оценка текущего состояния и прогноз возможных изменений рельефа дна и берегов.

На основании анализа протекающих в береговой зоне литодинамических процессов и распределения вдоль берега пляжеобразующего материала во вдольбереговом потоке наносов выделены литодинамические системы, в пределах которых расположены рассматриваемые участки берега. Анализ литодинамических процессов, протекающих в выделенных литодинамических системах, и современного состояния береговой зоны [5] позволил оценить направленность береговых процессов. Современное состояние надводной части существующих пляжей исследуемых участков берега выполнено по данным визуального их осмотра и материалам топо-батиметрических съемок. Состояние прилегающего подводного склона оценивалось по визуальному осмотру дна с лодки, а также при помощи водолазного снаряжения.

Вдольбереговое перемещение наносов определяется воздействием волн на поступающий в береговую зону пляжеобразующий материал, а точнее, вдольбереговой проекцией волновой энергетической равнодействующей, которая вдоль участка, имеющего выпуклую форму, распределяется неравномерно. Её величина зависит от экспозиции конкретного фрагмента берега. Под воздействием волн пляжный материал вдоль берега может смещаться в разных направлениях. Результирующее перемещение наносов за длительный период времени (обычно за год) под воздействием волн волноопасных направлений и является вдольбереговым потоком.

В структуре вдольберегового потока наносов выделено три составных части, каждая из которых характеризуется доминированием определённых процессов развития. Первая часть — участок зарождения потока наносов, в пределах которого преобладают процессы абразии и размыва. Вторая часть — участок транзита вдольберегового потока наносов, где процессы абразии и размыва чередуются с процессами отложения пляжного материала. Третья часть — участок разгрузки, на котором происходит аккумуляция материала, перемещаемого под воздействием волн. В естественных условиях в каждой литодинамической системе, как правило, выражен единый вдольбереговой поток наносов, величина которого по протяжению берега меняется в зависимости от конфигурации береговой линии. Построенные гидротехнические сооружения в береговой зоне моря (портовые молы, буны и т. п.) частично либо полностью прерывают вдольбереговое перемещение наносов, в связи с чем, участки берега, расположенные сразу за такими гидротехническими сооружениями, оказываются в зоне низового размыва и зарождения нового потока наносов.

Наиболее распространенные сооружения инженерной защиты от волнового воздействия — свободнодеформируемые. К ним относят волногасящие бермы из горной массы и пляжи всех видов (свободные и с пляжеудерживающими сооружениями, песчаные и галечные). По результатам выполненных исследований [6] получено, что определяющим показателем работоспособности таких сооружений является объем материала. Поэтому уменьшение их ширины при увеличении отметок (и наоборот) при сохранении общего объема ($\pm 15\%$) дефектом не является.

Установлено, что при обследовании естественного или искусственного пляжей необходимо определить мощность активного слоя пляжевого материала, его крупность и элементы залегания указанного слоя. При этом следует определить состав и физико-механические характеристики также подстилающих пляж донных отложений.

Исследованиями [6] также установлены контролируемые параметры при обследовании свободнодеформируемых сооружений инженерной защиты от волнового воздействия:

- ширина надводной части сооружения;
- профиль сооружения;
- состав материала;
- подводные границы сооружения;
- наличие зон размыва/аккумуляции материала и интенсивность его размыва/аккумуляции.

2.2 Конструкции инженерной защиты земляного полотна железных дорог от волнового воздействия

2.2 Structures of engineering railway roadbed protection from a wave effect

Результаты многолетних натурных наблюдений и обследований конструкций инженерной защиты земляного полотна железных дорог от волнового воздействия [6; 7] предназначены для разработки методики оценки технического состояния берегозащитных сооружений [8], которая положена в основу ГОСТ Р 59241-2020¹. Обследование сооружений по данному ГОСТ Р выполняется для подтверждения их соответствия функциональному назначению и требованиям безопасной эксплуатации.

¹ ГОСТ Р 59241-2020 Берегозащитные сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

Для конструкций инженерной защиты транспортных сооружений (в том числе земляного полотна железных дорог, опор мостов и др.) от волнового воздействия в целом определены:

- объемы контроля при обследовании;
- методы контроля технического состояния сооружений при обследовании.

Кроме того, на базе проведенных исследований разработаны и предлагаются качественные и количественные показатели дефектов элементов берегозащитных сооружений (рис. 5 и рис. 6), которые рекомендуется использовать при оценке эксплуатационной пригодности конструкций инженерной защиты земляного полотна железных дорог и других транспортных сооружений [9].



Рисунок 5. Примеры критических дефектов сооружений инженерной защиты земляного полотна железных дорог (фото автора)

Figure 5. Examples of critical defects in railway roadbed engineering protection structures (author's photo)



Рисунок 6. Примеры значительных дефектов волноотбойных стен, защищающих земляное полотно железных дорог (разработано автором)

Figure 6. Examples of significant defects in seawalls protecting the railway roadbed (developed by the author)

Проведенные натурные наблюдения и обследования конструкций инженерной защиты земляного полотна железных дорог позволили разработать и внедрить качественные и количественные критерии, по которым стало возможно оценить категорию технического состояния как конструкций в целом, так и их отдельных элементов.

Также, на основании проведенных исследований разработаны и внедрены требования по мониторингу сооружений инженерной защиты от волнового воздействия, который следует проводить для контроля их технического состояния и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние. Основные цели мониторинга:

- выявление сооружений и их элементов, для которых необходимо обследование их технического состояния;
- отслеживание степени и скорости изменения технического состояния сооружения и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения.

Разработанные при участии автора технические требования к обследованию и мониторингу сооружений инженерной защиты от волнового воздействия также отражены в новом разработанном ГОСТ Р 59241-2020¹. «Берегозащитные сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», который распространяется на гидротехнические берегозащитные (берегоукрепительные) сооружения и регламентирует процессы обследования и мониторинга берегозащитных сооружений (объемы, методы, состав и содержание работ, оформление результатов). Шифр темы ПНС 1.13.465-1.109.19.

3. Результаты лабораторных исследований

3. Laboratory studies results

Лабораторные исследования в обеспечение безопасности транспортных сооружений в условиях волнового воздействия выполнялись методом физического (гидравлического) моделирования в волновых бассейнах и лотках.

3.1 Исследования защиты мостовых опор

3.1 Bridge abutment protection studies

При проектировании мостовых переходов важнейшей задачей является обеспечение устойчивости опор. Требования и рекомендации по технологии проведения изысканий мостовых переходов через водотоки, включая гидрологические и гидравлические расчеты, подробно изложены в нормативной и специальной литературе. Однако, в случае проектирования мостовых переходов, расположенных в условиях волнового воздействия, становится необходимым учитывать специфику

взаимодействия волн с сооружениями. Зачастую требуется проведение дополнительных исследований с применением методов гидравлического и математического моделирования.

Так, при проектировании моста через пролив Босфор Восточный в г. Владивостоке столкнулись с проблемой создания технологических площадок (технологических островков) в жёстких гидрометеорологических и инженерно-геологических условиях. Большие глубины (37÷38 м) и слабые грунты основания в местах расположения технологических площадок исключили возможность строительства ограждений технологических площадок (щитовых, ряжевых, шпунтовых). Поэтому было принято решение строить технологические площадки с откосами.

Волновые условия ввиду физико-географического положения и геоморфологических особенностей дна сложные, волны открытого моря распространяются, претерпевая значительную трансформацию за счет уменьшающихся глубин и сложных рефракционно-дифракционных эффектов вблизи мысов и над мелководьем. Поэтому для определения оптимального варианта защитного крепления откоса технологических площадок было выполнено физическое моделирование на пространственной модели в волновом бассейне в масштабе 1:52 (рис. 7).



Рисунок 7. Строительство модели технологической площадки моста в волновом бассейне в масштабе 1:52 (фото автора)

Figure 7. Construction of a technological bridge site model in the wave basin on a scale of 1:52 (author's photo)

Бассейн в плане имеет форму равнобокой трапеции с основаниями 41 м и 25 м и расстоянием между ними 31,5 м. Высота стенок бассейна 1,7 м. Бассейн оснащен передвижными волнопродукторами, которые представляют собой группу однотипных установок, обеспечивающих возвратно-поступательное движение щитов. Для совместной работы, секции объединены посредством синхронизирующего вала и карданных соединений. Длина щита одной секции 5 м, при высоте 1,1 м. В

проводимых экспериментах было использовано две секции. Привод волнопродуктора включает электродвигатель постоянного тока мощностью 17 кВт и механическую трансмиссию, с помощью которой можно регулировать частоту и амплитуду колебаний щита (рис. 8).



Рисунок 8. Модель технологической площадки моста в волновом бассейне в масштабе 1:52 (фото автора)

Figure 8. Model of the technological bridge site in the wave basin on a scale of 1:52 (author's photo)

Исследования взаимодействия волн с волногасящими откосами проводились для лидерной отсыпки (проверялась устойчивость крепления откосов) и для законченного сооружения (проверка устойчивости крепления откосов и подбор наиболее эффективного крепления откосов).

Были промоделированы различные конструкции крепления откосов технологических площадок: цилиндрическими габионами, природным камнем различной крупности и фасонными массивами (гексабитами). А также исследовалась устойчивость откосов из горной массы без защитного крепления при различных режимах волнения.



Рисунок 9. Воздействие волнения на модель технологической площадки моста в волновом бассейне в масштабе 1:52 (фото автора)

Figure 9. Waves impact on the technological bridge site model in the wave basin on a scale of 1:52 (author's photo)

В результате исследований (рис. 9) рекомендованы конструкции крепления откосов, обеспечивающие устойчивость при воздействии волнения как на стадии строительства, так и при эксплуатации сооружения и не требующие больших эксплуатационных затрат.

Определены возможные деформации откосов, а также заплески на технологические площадки при воздействии волн штормов редкой повторяемости.

3.2 Исследования защиты земляного полотна железных дорог

3.2 Railway roadbed protection studies

Для защиты земляного полотна железных дорог, как правило, используют волногасящие пляжи (свободные или с пляжеудерживающими сооружениями) либо следующие типы волногасящие покрытий:

- волногасящие бермы из горной массы;
- волногасящие бермы из фасонных массивов (тетраподов и т. п.);
- волногасящие бермы из камня.

Исследования устойчивости и эффективности работы волногасящих пляжей с пляжеудерживающими сооружениями проводились на пространственных моделях в волновых бассейнах.



Рисунок 10. Строительство модели берегозащитных сооружений земляного полотна в районе ж.д. станции Адлер в волновом бассейне в масштабе 1:35 (фото автора)

Figure 10. Construction of a model of bank protection structures of the subgrade in the area of the railway. Adler station in the wave pool on a scale of 1:35 (author's photo)

Так, например, выполнена оценка эффективности проектных решений берегоукрепительных сооружений (галечного пляжа полного профиля под прикрытием пляжеудерживающих сооружений), предохраняющих от воздействия штормовых волн земляное полотно в

районе ж.д. станции Адлер г. Сочи. Для этого в волновом бассейне в масштабе 1:35 была построена модель фрагмента рассматриваемого участка берега и дна (до глубины 6,0 м) протяженностью вдоль берега 315 м. Волновой бассейн имеет следующие размеры: ширина 13 метров, длина 19 метров, высота стенок 1 метр. Волновой бассейн оснащен установкой, позволяющей щитовому волнопродуктору совершать колебания с заданной частотой и амплитудой; так же в бассейне расположен поворотный круг диаметром 12,0 м, предназначенный для оперативного изменения угла подхода волн к модели, расположенной на нём (рис. 10).

На основе выполненных исследований для характерного фрагмента участка протяженностью 315 м, рассмотрена динамика волногасящей полосы под защитой бетонных бун (рис. 11).



Рисунок 11. Воздействие волнения на модель берегозащитных сооружений земляного полотна в районе ж.д. станции Адлер в волновом бассейне в масштабе 1:35 (фото автора)

Figure 11. *The impact of waves on the bank protection structures model of the roadbed in the area of the railway. Adler station in the wave pool on a scale of 1:35 (author's photo)*

По результатам выполненных исследований даны рекомендации для проектирования берегоукрепительных мероприятий на Черноморском побережье в районе железнодорожной станции Адлер.

Исследования волногасящих покрытий для защиты земляного полотна железных дорог от волнового воздействия выполнены на примере участка Корсаков-Ноглики ДВЖД.

Так как основным при возведении волногасящих покрытий является определение таких параметров, как длина и отметка верха, зависящие от высоты наката волн на откос, исследования проводились в волновом лотке. Волновой лоток длиной 20 м; шириной 0,6 м; высотой стенок 1 м. Волны генерируются щитовым волнопродуктором.

По результатам выполненных исследований (рис. 12 и рис. 13) выполнена оценка эффективности вариантов сооружений инженерной защиты, обеспечивающих защиту земляного полотна от волнового воздействия.



Рисунок 12. Воздействие волнения на модель бермы из камня для защиты земляного полотна ДВЖД в волновом лотке (фото автора)

Figure 12. The effect of waves on a stone berm model to protect the roadbed of the Far Eastern Railway in a wave tray (photo by the author)



Рисунок 13. Воздействие волнения на модель бермы из камня и тетраподов для защиты земляного полотна ДВЖД в волновом лотке (фото автора)

Figure 13. The effect of waves on the stone berm model and tetrapods to protect the roadbed of the Far East Railway in a wave tray (photo by the author)

4. Обсуждение

4. Discussion

Выполненные научные исследования позволили не только найти верные технические решения по защите транспортных сооружений от волнового воздействия на конкретных объектах, но и были использованы автором для разработки следующих нормативных документов:

- ГОСТ Р 59241-2020 Берегозащитные сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния¹ (действует в РФ с 01.01.21 г.);
- СП 277.1325800.2016 Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования² (действует в РФ с 17.06.17 г.);
- СП 416.1324800.2018 Инженерная защита берегов приливных морей. Правила проектирования³ (действует в РФ с 31.05.19 г.).

Этапы строительства, реконструкции и капитального ремонта конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия, на которых используются разработанные документы:

- подготовка проектной и рабочей документации для строительства, реконструкции и капитального ремонта;
- экспертиза проектной документации;
- обследование;
- возведение (строительные работы);
- авторский надзор и строительный контроль.

Проведенные автором исследования направлены на повышение эксплуатационной надежности транспортных сооружений, а именно:

- на снижение уровня опасности при эксплуатации транспортных сооружений в условиях волнового воздействия;
- на уменьшение риска возникновения аварийных ситуаций;
- на повышение надежности конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия;
- на снижение затрат на ремонт и реконструкцию сооружений инженерной защиты от волнового воздействия.

Ряд вопросов по рассматриваемой тематике остается всё еще не освещенным в нормативной базе и научно-технической документации [14; 15]. По итогам проведенных исследований автором определены вопросы, требующие дальнейшего нормирования и стандартизации в области проектно-изыскательских работ для строительства и реконструкции конструкций инженерной защиты транспортных сооружений от волнового воздействия:

² СП 277.1325800.2016 Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования.

³ СП 416.1324800.2018 Инженерная защита берегов приливных морей. Правила проектирования.

- Литодинамические исследования. Общие правила производства работ.

Цель: установить требования к составу и содержанию литодинамических исследований в прибрежной, шельфовой зоне и на акватории морей, выполняемых в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий.

- Порядок определения риска возникновения аварий на берегозащитных гидротехнических сооружениях (далее — ГТС).

Цель: установить порядок определения допустимого риска аварий при декларировании их безопасности, экспертизе декларации безопасности ГТС для берегозащитных сооружений, расчете вероятного вреда в результате аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тлявлин, Р.М.** Обследование и мониторинг свободнодеформируемых сооружений инженерной защиты от волнового воздействия / Р.М. Тлявлин, Г.В. Тлявлиная // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: Тезисы докладов всероссийской научной конференции (XXVIII береговая конференция), Севастополь, 21–25 сентября 2020 года / Севастополь: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Морской гидрофизический институт РАН", 2020. — С. 336–338. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44148999>. — EDN VBPIDB. (дата обращения: 19.12.2022).
2. **Шелушинин, Ю.А.** Мониторинг береговых процессов на Черноморском побережье Краснодарского края между Туапсе и Адлером / Ю.А. Шелушинин, В.А. Петров. — DOI <https://doi.org/10.23885/2500-123X-2019-2-4-181-185> // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. — 2019. — № 4. — С. 181–185. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41143356>. — EDN NRDFML. (дата обращения: 14.12.2022).
3. **Шелушинин, Ю.А.** Динамика пляжей участка Черноморского побережья России 1956–2018 гг. / Ю.А. Шелушинин, В.А. Петров // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов ("Опасные явления"): материалы Международной научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–23 июня 2019 года / Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН, 2019. — С. 217–221. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38584359>. — EDN WTBAEQ. (дата обращения: 19.12.2022).
4. **Петров, В.А.** Оценка величины вдольберегового потока наносов в литодинамических системах (на примере участка берега между Туапсе и Адлером) / В.А. Петров, Н.А. Ярославцев. — DOI <https://doi.org/10.31857/S0869780920040074> // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. — 2020. — № 4. — С. 60–67. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43160621>. — EDN XZJJYA. (дата обращения: 14.12.2022).
5. **Афанасьев, В.В.** Геоморфологические аспекты проблемы защиты берегов острова Сахалин / В.В. Афанасьев // Геоморфология. — 2015. — № 2. — С. 28–37. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24131793>. — EDN UIBZEV. (дата обращения: 21.12.2022).
6. **Тлявлин, Р.М.** Оценка состояния берегозащитных сооружений железнодорожного полотна на участке Туапсе — Адлер / Р.М. Тлявлин, Г.В. Тлявлиная // Транспортное строительство. — 2017. — № 2. — С. 23–25. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30025626>. — EDN ZHBIBR. (дата обращения: 14.12.2022).

7. **Ashpiz, E.** Urgent issues of anti-deformation measures to protect coastal railway / E. Ashpiz, A. Savin, R. Tlyavlin, G. Tlyavlina // 14th MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2019: 14, Marmaris, 22–26 октября 2019 года. Vol. 2. / Мармарис: Mediterranean Coastal Foundation, 2019. — С. 841–852. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43226040>. — EDN JWHEBE. (дата обращения: 14.12.2022).
8. **Тлявлин, Р.М.** Оценка технического состояния волногасящих сооружений инженерной защиты земляного полотна от волнового воздействия / Р.М. Тлявлин. — DOI <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209> // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2020. — Т 17. — № 2. — С. 198–209. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43009379>. — EDN TWPLCB. (дата обращения: 14.12.2022).
9. **Тлявлин, Р.М.** Проблемы обследования и мониторинга сооружений инженерной защиты береговой зоны / Р.М. Тлявлин, Г.В. Тлявлиная // Олимпийское наследие и крупномасштабные мероприятия: влияние на экономику, экологию и социокультурную сферу принимающих дестинаций: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Сочи, 14–15 ноября 2019 года. / Сочи: Сочинский государственный университет, 2019. — С. 244–248. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=%2041552411>. — EDN TSXMYU. (дата обращения: 15.12.2022).
10. **Ашпиз, Е.С.** Защита железнодорожного пути линии Туапсе — Адлер от опасных склоновых процессов / Е.С. Ашпиз, А.Н. Савин, В.А. Явна // Железнодорожный транспорт. — 2017. — № 7. — С. 52–57. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29670918>. — EDN YZHMXX. (дата обращения: 21.12.2022).
11. **Казеев, А.И.** Оценка оползневой опасности склонов на линии Туапсе-Адлер / А.И. Казеев, Г.П. Постоев, Е.С. Ашпиз, А.Н. Савин // Путь и путевое хозяйство. — 2017. — № 12. — С. 24–29. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30725508>. — EDN ZWJNJB. (дата обращения: 21.12.2022).
12. **Тлявлиная, Г.В.** Лабораторные исследования волногасящих берм из камня и фасонных массивов для защиты берегов приливных морей / Г.В. Тлявлиная // Транспортное строительство. — 2022. — № 1. — С. 25–28. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48551701>. — EDN VKBFAQ. (дата обращения: 21.12.2022).
13. **Тлявлиная, Г.В.** Обоснование основных положений свода правил по защите берегов приливных морей / Г.В. Тлявлиная, К.Н. Макаров, Р.М. Тлявлин // Гидротехническое строительство. — 2019. — № 1. — С. 42–46. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36921765>. — EDN VTOVZE. (дата обращения: 21.12.2022).
14. **Кушу, Э.Х.** О надежности и долговечности дамб и других берегозащитных сооружений / Э.Х. Кушу, Д.О. Нацвин // Гидротехник. — 2020. — № 3. — С. 46–48. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43902891>. — EDN KPXGTX. (дата обращения: 21.12.2022).
15. **Кушу, Э.Х.** Проблемы и особенности проектирования и проведения экспертиз морских берегозащитных сооружений / Э.Х. Кушу // Строительство в прибрежных курортных регионах: Материалы X Международной научно-практической конференции, Сочи, 21–25 мая 2018 года / Под научной редакцией К.Н. Макарова. Том 1. Сочи: Сочинский государственный университет, 2018. — С. 12–20. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38224744>. — EDN IYWXNR. (дата обращения: 21.12.2022).

Сведения об авторах:

Тлявлиная Галина Вячеславовна — кандидат технических наук, заведующий лабораторией моделирования, расчетов и нормирования в гидротехническом строительстве, АО «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства», Научно-исследовательский центр «Морские берега» — обособленное подразделение, Сочи, Россия, e-mail: TlyavlinaGV@Tsniis.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4083-9014>
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=604630

Статья получена: 21.12.2022. Принята к публикации: 04.03.2023. Опубликовано онлайн: 18.03.2023.

REFERENCES

1. Tlyavlin R.M., Tlyavlina G.V. [Inspection and monitoring of freely deformable structures of engineering protection against wave action]. In: [The Seas of Russia: Studies of the Coastal and Shelf Zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference (XXVIII Coastal Conference), Sevastopol, September 21–25, 2020]. Sevastopol: Federal Research Centre Marine Hydrophysical Institute of RAS; 2020. p. 336–338. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44148999> (accessed 19th December 2022). (In Russ.).
2. Shelushinin A., Petrov V.A. Monitoring the Condition of Beaches at The Black Sea Coast of Krasnodar Region. *Ecology. Economy. Informatics. Geoinformation technologies and space monitoring*. 2019; (4): 181–185. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.23885/2500-123X-2019-2-4-181-185>.
3. Shelushinin Yu.A., Petrov V.A. Dynamics of Beaches of The Black Sea Coast of Russia Over The 1956–2018. In: *Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on The Coastal Zone of The Russian Federation Under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges (“Dangerous Phenomena”) Proceedings of The International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 13–23 June 2019)*. Rostov-on-don: SSC RAS Publishers; 2019. p. 217–221. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38584359> (accessed 19th December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
4. 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). *Engineering geology*. 2020; (4): 60–67. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869780920040074>.
5. Afanas'yev V.V. Geomorphological Aspects of The Sea Coastal Protection of The Sakhalin Island. *Geomorfologiya I Paleogeografiya*. 2015; (2): 28–37. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24131793> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
6. Tlyavlin R.M., Tlyavlina G.V. Assessment of Coastal Protection Structures of The Tuapse — Adler Railway Track. *Transport construction*. 2017; (2): 23–25. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30025626> (accessed 14th December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Ashpiz E., Savin A., Tlyavlin R., Tlyavlina G. Urgent issues of anti-deformation measures to protect coastal railway. In: *14th MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management and Conservation, MEDCOAST 2019: 14, Marmaris, October 22–26, 2019. Vol. 2*. Marmaris: Mediterranean Coastal Foundation; 2019. p. 841–852. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43226040> (accessed 14th December 2022). (In Eng.).
8. 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., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209>.
9. Tlyavlin R.M., Tlyavlina G.V. [Problems of inspection and monitoring of structures of engineering protection of the coastal zone]. In: [Olympic Legacy and Large-Scale Events: Impact on the Economy, Ecology and Socio-Cultural Sphere of Host Destinations: Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference, Sochi, November 14–15, 2019]. Sochi: Sochi State University; 2019. p. 244–248. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=%2041552411> (accessed 15th December 2022). (In Russ.).
10. Ashpiz E.S., Savin A.N., Yavna V.A. Protection of The Railway Line Tuapse — Adler from Dangerous Landslip and Rockslide Processes. [Railway transport]. 2017; (7): 52–57. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29670918> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
11. Kazeev A., Postoev G., Ashpiz E., Savin A. Landslide hazard assessment of the railway Tuapse-Adler. *Railway Track and Facilities*. 2017; (12): 24–29. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30725508> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Tlyavlina G.V. Laboratory Research of Wave Damping Berms Made of Rubble Mound and Artificial Armour Units to Protect the Shores of Tidal Seas. *Transport construction*. 2022; (1): 25–28. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48551701> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
13. Tyavlina G.V., Makarov K.N., Tyavlin R.M. The Rationale for The Main Provisions of The Manual of Shore Protection in Tidal Seas. *Power Technology and Engineering*. 2019; (1): 42–46. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36921765> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).

14. Kushu E.H., Natsvin D.O. On the Dams and Other Coastal Protection Structures Reliability and Durability. *Hydrotechnika*. 2020; (3): 46–48. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43902891> (accessed 21st December 2022). (In Russ., abstract in Eng.).
 15. Kushu E.Kh. [Problems and features of designing and conducting examinations of offshore coastal protection structures]. In: K.N. Makarova (ed.). [*Construction in coastal resort regions: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, Sochi, May 21–25, 2018*]. Sochi: Sochi State University; 2018. p. 12–20. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38224744> (accessed 21st December 2022). (In Russ.).
-

Information about the authors:

Galina V. Tlyavlina — Central Research Institute of Transport Construction, R&D Centre «Morskie berega» — separate subdivision, Sochi, Russia, e-mail: TlyavlinaGV@Tsniiis.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4083-9014>

RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=604630

Submitted: 21st December 2022. Revised: 4th March 2023. Published online: 18th March 2023.