

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 627.522 (265)

DOI: 10.55326/22278400_2023_3_2

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КРЫМА

Горячкин Юрий Николаевич¹ ✉, Марков Алексей Анатольевич²^{1,2} Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия, yngor@mhi-ras.ru

Аннотация. Рассмотрен ход реализации проектов реконструкции берегоукрепительных сооружений Крыма по федеральной целевой программе. Цель работы — предварительная оценка эффективности, достоинств и недостатков этих проектов. Использовались данные обследований объектов и исследования, выполненные Морским гидрофизическим институтом РАН, а также материалы проектов, помещенные в открытом доступе. В соответствии с планами, десять объектов должны были быть введены в эксплуатацию до конца 2020 г. Фактически на середину 2023 г. сданы в эксплуатацию четыре объекта. По пяти объектам проекты потребовали корректировки, строительство отдельных объектов из-за недостатков проектирования остановлено. Причиной такого положения дел стало, по мнению авторов, игнорирование предыдущего опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений на Крымском полуострове. Дана обоснованная критика применения набросных конструкций, волноломов и искусственных мысов. Отмечено, что для некоторых проектов предварительные изыскания были крайне поверхностными, а сложившаяся практика такова, что тендеры на выполнение проектов часто выигрывают организации, не имеющие практического опыта работы на побережье Крыма. Фотографии предоставлены авторами.

Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, противооползневые мероприятия, пляжеудерживающие сооружения

Благодарности. Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания FNNN-2021–0005.

Для цитирования: Горячкин Ю. Н., Марков А. А. Анализ эффективности реконструкции берегозащитных сооружений Крыма // Гидротехника. 2023. № 3. С. 2–9.

ORIGINAL ARTICLE

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF RECONSTRUCTION OF CRIMEAN COASTAL PROTECTION STRUCTURES

Yuri N. Goryachkin¹ ✉, Aleksey A. Markov²^{1,2} Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia, yngor@mhi-ras.ru

Abstract. The paper considers the progress of implementation of projects for the reconstruction of the Crimean coastal protection structures under the Federal Target Program. The purpose of the work is a preliminary assessment of the effectiveness, advantages and disadvantages of these projects. We used data from surveys of objects and studies carried out by Marine Hydrophysical Institute of the Russian Academy of Sciences, as well as publicly available project materials. In accordance with the plans, ten facilities were to be put into operation by the end of 2020. In fact, four facilities have been commissioned as of mid-2023. For five objects, the projects required adjustments, the construction of individual objects was stopped due to design flaws. We believe this situation can be explained by neglect of the previous experience in the design, construction and operation of hydraulic structures on the Crimean Peninsula. The paper criticizes the use of rockfill structures, breakwaters and artificial capes, which were abandoned

(quite reasonably in view of a negative experience) even under the USSR. It is noted that for some projects, preliminary surveys were extremely superficial, and the established practice is that tenders for project implementation are often won by organizations that do not have any practical experience of work in the conditions of the Crimean coast. Photos are provided by the authors.

Keywords: coastal protection, anti-landslide measures, strengthening the beach of the seashore

Acknowledgments: The work was carried out under state assignment № FNNN-2021–0005.

For citation: Goryachkin Yu. N., Markov A. A. Effectiveness analysis of reconstruction of Crimean coastal protection structures // *Hydrotechnika*. 2023. № 3. Pp. 2–9.

Введение

В 2014 г. после воссоединения Крыма с Россией руководство РФ, понимая важность и необходимость восстановления и развития рекреационной сферы Крыма, включило в федеральную целевую программу (ФЦП) «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» мероприятия по берегоукреплению (далее мы будем применять этот термин, использованный в документе, хотя речь в нем идет о реконструкции берегозащитных, пляжеудерживающих и др. сооружений. — Прим. авт.). В тот период в условиях энергетической, водной и транспортной блокад Крыма это был непростой выбор. Всего по указанной программе первоначально предполагалось восстановить и реконструировать десять объектов, а на эти цели выделялось около 1,5 млрд руб. бюджетных средств. Впоследствии ФЦП видоизменялась, некоторые объекты были исключены, другие добавлены, увеличивалось по объективным причинам финансирование. В конечном итоге от первоначальной программы осталось семь объектов, а всего в разной степени мероприятия по берегоукреплению за бюджетные средства были проведены на десяти объектах, которые и рассмотрены в настоящей статье.

Состояние вопроса

Строительство гидротехнических сооружений (ГТС) на Крымском побережье ведется с конца XIX в. [1]. Основные работы по защите береговой полосы на Южном берегу Крыма (ЮБК) начались в 60-х гг. XX в. В условиях ограниченности площади пляжей и наличия активных оползневых процессов были востребованы новые, не стандартные для того времени решения. Впервые примененный

в 1966 г. для пляжа Массандра (г. Ялта) комплекс берегозащитных и противоползневых сооружений, включающий набережную с системой дренажей, искусственный пляж и буны, был признан успешным. Без серьезных ремонтов построенные сооружения на этом пляже эксплуатируются по настоящее время. В дальнейшем подобный комплекс был применен и на других участках ЮБК, при этом значительное финансирование, которое выделяли министерства и ведомства СССР для своих здравниц, к началу 1980-х гг. позволило укрепить более 30 км побережья, стабилизировать около 120 га прибрежных оползневых территорий, создать около 600 тыс. м² искусственных пляжей [2]. В 1970–1980-х гг. различными организациями проводились целенаправленные исследования процессов в береговой зоне. Для выработки оптимальных технических решений осуществлялась координация работ научных, проектных и строительных организаций различной ведомственной принадлежности. Но не все технические решения были удачными. Так, в условиях ЮБК показали низкую эффективность конструкции комплекса активной берегозащиты в виде бун (траверсов) и волноломов с отметкой верха «минус» 1,0 — «минус» 1,5 м, реализованные на ряде участков берега. Во время шторма материал пляжа оттягивался под волнолом и при обрушении волны на волноломе забрасывался на его морскую грань, безвозвратно уходя на глубину. Существенно, что волноломы затрудняли водообмен, приводя к образованию застойных зон в межбунных отсеках [3]. К концу 1980-х гг. практически все такие конструкции были разобраны. Положительным моментом было то, что оптимальные решения вырабатывались путем стро-

ительства опытных участков с последующим их мониторингом. Разрабатываемые варианты берегозащиты исследовались на физических моделях в волновых бассейнах Черноморского отделения ЦНИИС [4]. При проектировании там, где это было возможно, старались минимально воздействовать на природную среду. К 1988 г. была подготовлена «Региональная схема инженерной защиты Черноморского побережья Крымской области», которая должна была послужить основой для дальнейшего развития прибрежных территорий Крыма и которая так и осталась нереализованной.

К 2014 г. большая часть берегозащитных сооружений Крыма находилась в эксплуатации более 30–40 лет [5]. Значительная часть их была в аварийном или предаварийном состоянии, что было связано в первую очередь с ненадлежащей эксплуатацией в предыдущие годы (пляжи не пополнялись, сооружения, поврежденные сверхнормативными штормами, не ремонтировались). Так, в Западном Крыму только около 40% берегозащитных сооружений находилось в нормальном и удовлетворительном состоянии, 25% — в неудовлетворительном, 35% — в аварийном и предаварийном состоянии [6].

Уже после принятия ФЦП состоялось ее обсуждение на научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 2015 г.). [7]. Вопросы выполнения ФЦП и возникающие при этом проблемы нашли свое отражение и на XXVIII Береговой конференции (Севастополь, 2020 г.) [8, 9]. Позже вышла работа, посвященная проблематике разработки генеральной схемы берегозащиты Крымского полуострова [10].



Рисунок 1
Места расположения берегоукрепительных сооружений Крыма, подлежащих реконструкции

К 2023 г. 30% берегозащитных сооружений Крыма находится в эксплуатации более 50 лет, а 70% — от 35 до 45 лет. Нормативный срок эксплуатации (50 лет) большинства из них близок к предельному, сооружения имеют значительный износ и повреждения. К сожалению, как в период нахождения Крыма под украинской юрисдикцией, так и в период после воссоединения с РФ в части разработки генеральной схемы берегоукрепительных сооружений Крымского побережья практически ничего не было сделано, хотя вопрос поднимался неоднократно. При этом СП 277.1325800.2016 определяет порядок устройства берегозащитных сооружений на морском побережье РФ. Согласно п. 6.3.1 данного СП, основой для разработки проекта должна быть генеральная схема берегозащитных мероприятий, подтверждающая их технико-экономическую целесообразность и удовлетворяющая природоохранным и экологическим требованиям. В этой схеме, согласно п. 6.3.4, должны быть установлены границы литодинамических систем, определены гидрометеорологический и литодинамический режимы, определены рекомендованные типы берегозащитных сооружений, исходя из опыта их эксплуатации.

Отсутствие генеральной схемы, учитывающей опыт строительства и эксплуатации сооружений в предыдущие годы, результаты детального исследования и определения границ литодинамических систем, а также гидрометеорологического режима прибрежной зоны моря, как будет показано ниже, является одной из основных причин низкого качества проектных решений, неэффективного исполь-

зования государственных средств и срывов сроков при проектировании и строительстве берегозащитных сооружений.

Цель работы и использованные материалы

В период с 2014 г. по настоящее время в Республике Крым в рамках обозначенной выше ФЦП за счет средств федерального бюджета реализовано и реализуется десять проектов, связанных с реконструкцией берегоукрепительных сооружений (рис. 1). В связи с этим целью работы являлась предварительная оценка эффективности, достоинств и недостатков этих проектов. Авторами использовались данные обследований и материалы НИР, выполненных Морским гидрофизическим институтом РАН (МГИ РАН) в связи с выполнением ФЦП, а также материалы проектов, помещенные в открытом доступе.

Результаты и обсуждение

Берегоукрепительное сооружение санатория «Пионер» (Симеиз) — **цифра 1** на рис. 1. Сооружение протяженностью около 400 м состояло из гидротехнической подпорной стены, мола, набережной, подпорной стены 2-го яруса и искусственного щебеночного пляжа, его строительство было закончено в декабре 1990 г. Мол был разрушен экстремальным штормом в ноябре 1992 г. и до настоящего времени не восстановлен, представляет собой хаотичный навал бетонных конструкций (**цифра 1** на рис. 2). Дополнительные разрушения принес шторм октября 2011 г. На набережной наблюдались просадки и разрушение покрытия. На протяжении 100 м искусственный пляж полностью отсутствовал, еще на 100 м ширина составляла 6–10 м. Объект находится в границах особо охраняемой природной территории «Прибрежный аквальный комплекс у скалы Дива и горы Кошка». В период юрисдикции Украины над Крымом был выполнен проект реконструкции, который включал в себя типовое для ЮБК устройство подводного банкета, бун и искусственного пляжа из карьерного материала. Посредством подводного банкета предполагалось

уменьшить уклон дна, а буну должны были ограничить вдольбереговую перенос пляжного материала. Ранее это техническое решение хорошо себя зарекомендовало на приглубых участках ЮБК. Из-за отсутствия финансирования это проектное решение не было реализовано. В 2015 г. ООО «Гидротехника» (г. Сочи) был выполнен новый проект, который предусматривал устройство подводных и надводных волноломов, искусственного мыса на восточной границе участка проектирования и искусственного пляжа. Главгосэкспертиза России, рассмотрев материалы проекта, заключила, что результаты инженерных изысканий и вся документация соответствуют требованиям технических регламентов и другим установленным требованиям, а документация проекта — результатам инженерных изысканий. Работы на объекте начались в 2018 г., в 2021 г. он был сдан в эксплуатацию.

На момент сдачи объекта была выполнена отсыпка пляжа (**цифра 2** на рис. 2) шириной 25 м карьерным щебнем фракции 40–70 мм (?), что совсем не способствует комфортному пляжному отдыху. После прохождения зимних штормов 2022 г. на участке берега, расположенном к востоку от бун-пирса (**цифра 3** на рис. 2), на протяжении 40 м пляж был практически потерян. На остальном участке линия уреза сдвинулась в сторону берега с формированием надводного откоса с уклоном морской грани до 60°, что является косвенным свидетельством того, что существенного снижения высоты волны не было даже в акватории непосредственно за волноломом. В мае 2022 г. надводная часть пляжа была спланирована эксплуатирующей организацией, однако осенью 2022 г., с началом осенних штормов, он вновь



Рисунок 2
Общий вид из космоса на берегоукрепительное сооружение в санатории «Пионер» на стадии строительства (2021 г.)

переместился в восточном направлении. Очевидно, что перемещение пляжа в этом направлении при сильном волновом воздействии обусловлено именно конструктивными решениями. В дальнейшем при эксплуатации пляжа необходимо будет регулярно выполнять работы по разравниванию и перемещению пляжного материала на западный участок. Оценка объема его потерь показала, что они существенно превосходят нормативные, что будет требовать дополнительных затрат, связанных с пополнением пляжа. Немаловажно, что надводные волноломы, которые представляют собой сетчатые металлические коробки, заполненные диким камнем (**цифры 4 и 5** на рис. 2), расположены всего в 20–30 м от уреза, что способствует созданию застойных зон, где скапливается разнообразный мусор, и даже при небольшом волнении создает опасность для купающихся (**рис. 3**).

В процессе строительно-монтажных работ здесь находится еще один объект, спроектированный той же организацией, — «Берегозащитные сооружения в районе очистных сооружений пгт. Симеиз» (**цифра 2** на рис. 1).

Реконструкция набережной им. Терешковой с прилегающим сквером им. Караева с берегоукрепительными работами, г. Евпатория — **цифра 3** на рис. 1. Берегозащита протяженностью 1127 м откосного типа с гидротехнической подпорной стеной волноотбойного профиля была построена в конце 1970-х гг. на месте разрушенной в 1966 г. аномальным штормом набережной. Фронт сооружения был выдвинут на 30–50 м от бывшего уреза воды, что привело к исчезновению существовавшего здесь пляжа. Из-за технического состояния дальнейшая эксплуатация набережной представляла опасность для отдыхающих. В состав проекта, также подготовленного ООО «Гидротехника», входили два надводных волнолома, длиной по 80 м, изготовленных по той же технологии, что и в Симеизе. Работы на объекте были начаты в 2018 г. и должны были закончиться в 2019 г. Поскольку строительство объекта еще не закончено (сдача предполагается в декабре 2023 г.), давать окончательную



Рисунок 3
Застойная зона между урезом и волноломом санатория «Пионер»

оценку принятым проектным решениям пока преждевременно. Вместе с тем, анализ последовательных космических снимков показал, что после отсыпки пляжного материала (галка) он в значительной мере переместился к востоку, а в западной части сформировалась зона размыва. Волноломы не препятствуют вдольбереговому потоку наносов, а, возможно, и усиливают его. Это послужило одной из причин необходимости корректировки проекта с устройством двух искусственных мысов по границам участка и дополнительного волнолома. Кроме этого, в центре города, со стороны порта у северного искусственного мыса, формируется обширная застойная зона, в которой накапливаются водоросли и различный мусор.

Берегозащитные сооружения с. Берегового Бахчисарайского района — **цифра 4** на рис. 1. В конце 1980-х гг. в целях «облагораживания» территории здесь была возведена откоснотупенчатая волногасящая набережная длиной 370 м. До этого ширина пляжа была до 25 м, после окончания строительства пляж начал неуклонно уменьшаться, к 2006 г. его максимальная ширина перед набережной равнялась 5 м, после чего он исчез. В 2011 г. начался процесс деформации и разру-



Рисунок 4
Вид на берег прилегающей к северному торцу набережной в с. Береговом

шения набережной, в 2013 г. начались работы по ее восстановлению. Была запланирована реконструкция набережной со строительством шести бун, что вызвало обоснованную критику. В 2015 г. строительство из-за смены собственника и организационных неурядиц было заморожено. В 2020 г. оно было возобновлено по новому проекту, разработанному ООО «Инжзащита» (г. Ялта), и в 2021 г. завершено. Схема берегозащитных сооружений представляет из себя традиционное решение в виде стенки с наклонной передней гранью из двух полнопрофильных бун и искусственного пляжа длиной 90 м из карьерного щебня фракции 40–70 мм. На остальной части набережной (300 м) вместо пляжа отсыпана глыбовая наброска. Защита берега при применении этого решения носит локальный характер и не рекомендуется нормативными документами при наличии вдольберегового потока наносов. В условиях преобладающего вдольберегового переноса в северном направлении уже в процессе строительства входящий — южный угол начал заполняться пляжным материалом, а на северной границе участка активизировались абразионные процессы, в результате чего пляж к северу от набережной исчез, и понадобилось устройство каменной глыбовой наброски, защищающей северный торец набережной (**рис. 4**).

Если говорить о рекреационных свойствах пляжа, то принятую проектом фракцию 40–70 мм при относительно отлогом береговом склоне и, соответственно, средней волновой нагрузке на пляж трудно объяснить. Тем более что на данном участке природный пляж представлен песчано-гравийным материалом с содержанием гравия не более 10–15%. По нашим наблюдениям, отдыхающие игнорируют искусственный пляж и предпочитают соседний природный.

Реконструкция берегоукрепительных сооружений в пгт. Приморском, г. Феодосия — **цифра 5** на рис. 1. В комплекс берегозащиты входили: волногасящее сооружение продольного типа с откосной частью и подводным волноломом, построенное в 1969 г. (1300 м), и участок протяженностью



Рисунок 5

Вид из космоса на северную буну набережной в г. Саки. Слева — до начала строительства (апрель 2019 г.), справа — в начале строительства (апрель 2020 г.)

500 м с набережной, искусственным галечным пляжем и семью бунами, построенными в 1986–1990 гг. После завершения строительства к западу от берегозащиты постепенно уменьшалась ширина пляжа, в связи с чем активизировался оползень на клифе. Стала очевидной необходимость дальнейшего проведения берегоукрепительных работ. Первый проект разработали еще в 1994 г., в 2011 г. его скорректировали, однако проект не был реализован из-за отсутствия финансирования. В 2018–2021 гг. по проекту ООО «Инжзащита» (г. Ялта) на участке протяженностью около 500 м были построены дополнительно пять полнопрофильных бун длиной по 65 м и межбунным расстоянием 100 м, отсыпан пляж из карьерного щебня фракции 40–70 мм, природные пляжи до строительства бун здесь были песчаные. Сейчас отмечается накопление наносов к западу от построенной берегозащиты, что подтверждает ранее существовавшие представления о направлении вдольберегового потока наносов. Основные вопросы к проекту — это целесообразность отсыпки на рекреационном пляже в условиях отлогого берегового склона карьерного щебня фракции 40–70 мм, а также обоснованность длины бун, которые практически полностью перехватывают существующий вдольбереговой поток наносов.

Строительство пешеходной набережной вдоль ул. Морской, г. Саки — цифра 6 на рис. 1. Коснемся только работ в береговой зоне, которые предусматривали серьезное вмешательство в природные процессы на пересыпи оз. Сакское, ранее уже подвергавшейся негативному антропогенному воз-

действию [11]. Проектным решением, выполненным ООО «Берегозащита» (г. Краснодар), предусматривалось строительство двух полнопрофильных бун длиной 125 м из железобетонных коробов и 10 надводных волноломов. Несмотря на неоднократные предупреждения со стороны научных организаций Крыма о возможном негативном воздействии такого проекта, в начале 2019 г. подрядчик приступил к строительно-монтажным работам. После устройства технологических бERM для строительства бун стало ясно, что буны в случае их строительства в проектных размерах практически полностью перекроют поток наносов, что приведет к существенной потере пляжа на участке севернее расположения бун (рис. 5). На рисунке хорошо видно, что с южной стороны буны накапливается пляжный материал, а с северной наблюдается размыв. Отступление берега реально угрожало целостности конструкции проходящей здесь трубы глубоководного канализационного выпуска.

В целях исследования влияния построенных участков на литодинамику авторами были выполнены натурные наблюдения подводного и надводного рельефов, сравнение профилей на контрольных створах и предварительная оценка изменения фракционного состава наносов. На основе полученных результатов было установлено, что частично построенные буны существенно влияют на трансформацию береговой полосы как выше линии уреза, так и на глубинах до 4,5 м. Так, по результатам контрольной геодезической съемки в начале 2023 г., объем накопленного гравийно-галечного материала на прилегающем к южной

буне 500-метровом участке составил около 12 тыс. м³. При этом севернее ее наблюдался интенсивный размыв пляжа. Вследствие проявившегося явного отрицательного воздействия на береговую зону в 2021 г. строительство было приостановлено, а проект был отправлен на корректировку в ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ». Научное обоснование для проектирования было выполнено МГИ РАН. В нем было показано, что реализация проекта в существующем виде неминуемо приведет к сокращению ширины пляжной зоны, понижению высотных отметок пляжа, замене на некоторых участках песчаного пляжа на галечно-гравийный. На отдельных участках возможен подмыв и повреждение стены набережной. Кроме этого, с большой вероятностью возникнет необходимость проведения работ по устройству берегозащитных сооружений на дополнительных участках.

Реконструкция набережной в пгт. Коктебель, г. Феодосия — цифра 7 на рис. 1. В Коктебельской бухте в 1954–1967 гг. велась промышленная добыча песчано-гравийных смесей, что привело к сокращению пляжей. В 1967 г. сильный шторм смыл остатки пляжа, подмыл и завалил подпорные стены, разрушил набережную. Дефицит наносов и активизация абразии привели к необходимости укрепления берега и создания искусственного пляжа. Отсыпка привозного материала была произведена на западном крыле бухты, что дало положительные результаты. Предусматривался завоз дополнительного объема пляжеобразующего материала, однако этот этап проекта не был реализован. Образовавшийся в результате аварийных мероприятий искусственный пляж, начиная с 1968 г., медленно перемещался и к 1981 г. практически полностью сместился к центру бухты, обнажив берег на участке городского пляжа и пляжа дома творчества «Коктебель», где снова началось разрушение берега. В конце 1980-х гг. были выполнены отсыпка пляжа и реконструкция набережной по проекту ялтинской проектной организации «Укрюжги-прокоммунстрой», на западном крыле бухты была сформирована резервная

отсыпка гравийного материала. В начале 2000-х гг. на резервной отсыпке было выполнено строительство гостиничного комплекса, что привело к деградации пляжей на западном участке, а к 2014 г. уже и в центральной части бухты. В 2019 г. ООО «Берегозащита» (г. Краснодар) был подготовлен проект реконструкции набережной. Техническое решение в виде устройства трех бун полного профиля длиной около 75 м вызвало обоснованные претензии заказчика. Нарушался исторический вид бухты, была большая вероятность формирования застойных зон в межбунных отсеках. МГИ РАН были выполнены дополнительные научные исследования, по результатам которых было предложено отказаться от двух бун и рассмотреть для проектирования вариант свободного галечного пляжа с одной ограничивающей буной на западной границе участка проектирования. Эти предложения были реализованы в проекте, выполненном ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ». В настоящее время проект прошел экспертизу ФАУ «Главгосэкспертиза России» и находится в стадии реализации.

Реконструкция берегоукрепительных сооружений пляжа «Солнечный», г. Ялта — цифра 8 на рис. 1. Проектом ООО «Берегозащита» (г. Краснодар) предусматривалась реконструкция двух бун с увеличением их длины, но с сохранением общей конструкции из массивовой кладки с монолитной надстройкой и гребнем, а также устройство подводного банкета из массивов со скошенными головными массивами. Эти решения, традиционные для ЮБК, как выше отмечалось, хорошо себя зарекомендовали при эксплуатации. Тем не менее при строительстве подрядная организация, по всей видимости в целях экономии средств, согласовала с проектировщиками изменение конструкции бун. Оно включало: расширение бун путем устройства железобетонной обоймы на существующей буне, повышение отметки верха буны и, соответственно, отказ от гребня, устройство удлиняемого (головного) участка из монолитного бетона. Работы по реконструкции бун выполнялись с бе-

рега. К началу 2022 г. была выполнена реконструкция северной буны и частично корневой части южной. В связи с тем, что подрядная организация не смогла обеспечить устройство основания под удлиняемые участки в соответствии с нормативными требованиями, основание буны фактически было посажено на незащищенную от низового размыва насыпную постель. При волновом воздействии произошел вымыв постели, возникли просадки и деформация сооружения. В настоящее время реализация проекта заморожена, и заказчик совместно с подрядчиком пытаются найти пути выхода из возникшей ситуации.

Берегоукрепительные сооружения Государственного Никитского ботанического сада на участке от м. Монтодор до м. Мартыан пгт. Массандра — цифра 9 на рис. 1. В целях расширения рекреационных возможностей прибрежной зоны района в конце 1970-х гг. были выполнены мероприятия по устройству набережной и созданию искусственного пляжа. Была реализована схема активной берегозащиты, которая включала устройство бун с искусственным пляжем, строительство набережной и устройство бермы из камня расчетного веса и тетраэдров. Всего на участке протяженностью около 1 км было построено 11 бун. Участок реконструкции имеет протяженность 280 м, расположен на восточной границе комплекса берегозащитных сооружений и включает в себя часть свободного пляжа протяженностью около 90 м, четыре буны, искусственный пляж, а также стену набережной. Этот участок наиболее пострадал от катастрофического шторма 1992 г., во время которого были существенно повреждены две буны. Работы по восстановлению бун не выполнялись, и к 2020 г. состояние двух бун оценивалось как аварийное, еще у двух бун были повреждены головные части. Ширины пляжа в межбунных отсеках было недостаточно для гашения волн даже при небольших штормах, при этом галечный материал забрасывался на набережную, существовал риск подмыва основания стены набережной.

Для выбора оптимальной схемы берегозащиты в МГИ РАН проведено

математическое моделирование различных возможных вариантов компоновки берегозащитных сооружений. В качестве решений, которые могли бы снизить волновую нагрузку на сооружения и пляжную зону, были рассмотрены конструкции надводных волноломов и подводного банкета. В качестве основных критериев оценки эффективности берегозащитных сооружений принимались изменчивость положений линии уреза как на многолетнем масштабе, так и при экстремальных штормах, а также расчетная высота волны у сооружений при экстремальных штормах. По результатам расчетов, как наиболее эффективное было принято решение по устройству подводного банкета. В настоящее время проект прошел необходимые государственные экспертизы и находится на стадии подготовительного периода гидротехнических работ.

Берегоукрепительные и противооползневые сооружения территории, прилегающей к храму-маяку Святого Николая с. Малореченского, г. Алушта — цифра 10 на рис. 1. В 2006 г. на восточной окраине с. Малореченского был построен храм-маяк святителя Николая Чудотворца. При этом не были учтены предупреждения, что здесь оползнеопасный район. В результате, уже через короткое время потребовалось дорогостоящее строительство берегоукрепительных и противооползневых сооружений, т.к. подвижки стали угрожать храму. Проект по объекту был выполнен ООО «Институт «КРЫМГИНИТИЗ» в 2017 г. Он предусматривал строительство на прилегающем к храму береговом участке, представляющем собой крутой склон, сооружений, предназначенных для защиты территории от волнового воздействия и стабилизации оползневых процессов. Протяженность берегоукрепления 185 м. Берегоукрепительные сооружения в виде гибкой бермы и противооползневые сооружения размещены в нескольких уровнях по склону в виде однорядных свайных и свайно-анкерных комбинированных ростверков, двухрядных свайных ростверков, уголкового железобетонных подпорных стен. Было предусмотрено устройство пристен-

ного дренажа с выводом грунтовых вод на лицевую грань сооружений. Участок имеет общий уклон в сторону моря, что способствует беспрепятственному отводу грунтовых и поверхностных вод. Противооползневые сооружения и проезд на береговую зону выполнены с учетом требований к максимальному сохранению естественного рельефа, почвенного покрова и существующих древесных насаждений, отвода поверхностных вод со скоростями, исключающими возможность эрозии почвы. Берегоукрепительные сооружения в виде наброски из камня расчетного веса являются элементом комплекса противооползневых и берегоукрепительных мероприятий по стабилизации оползня. Рекреационная деятельность в зоне расположения сооружений не предполагается. Сооружения построены в 2020 г. и в настоящее время замечаний по их эксплуатации нет.

Заключение и выводы

Таким образом, несмотря на то, что в соответствии с планами, все 10 объектов должны были быть введены в эксплуатацию до конца 2020 г., фактически на середину 2023 г. сданы в эксплуатацию четыре объекта. По пяти объектам проекты потребовали корректировки в связи с тем, что проектные

решения не обеспечивали в должной мере функции берегозащиты. По двум объектам это выяснилось уже на стадии строительства (Саки, Евпатория). По трем объектам претензии к проектным решениям возникли у заказчика до начала строительства, что также потребовало корректировки проектов и повторного прохождения главгосэкспертизы. По объекту пляж «Солнечный» (Ялта) частично построенные сооружения не отвечали требованиям надежности, поэтому строительство на настоящий момент заморожено.

По мнению авторов, причинами такого положения дел стало игнорирование предыдущего опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, в частности — применение набросных конструкций, волноломов и искусственных мысов: от них вполне обоснованно, получив негативный опыт, отказались еще в период существования СССР. Использование набросных конструкций на ЮБК, по нашему мнению, не только существенно снижает рекреационную привлекательность берегов, но и создает прямую опасность для отдыхающих. Вызывает опасение, что, не апробировав конструкцию волноломов, их фактически запустили в серию, при этом в районах с совершенно различными природны-

ми условиями. Считаем нужным отметить, что для некоторых проектов изыскания были крайне поверхностны, обоснования проектов шаблонны, иногда они просто воспроизводят тексты из других проектов, даже без изменения географических названий (к примеру, появляются рекомендации очищать фарватеры рек в районе Евпатории после ледохода (?) и другие нелепости). К сожалению, к экспертизе проектов чаще всего не привлекаются крымские специалисты. Нельзя не отметить, что сложившаяся практика такова, что тендеры на выполнение проектов выигрывают организации, не имеющие практического опыта работы в условиях Крыма. По ФЦП предполагалось реконструировать и обустроить береговую линию Крыма на протяжении около 3 км, на что выделялось 1,5 млрд руб. (на тот момент около 30 млн евро). Для сравнения: на реконструкцию берегоукрепительных сооружений Констанцы (Румыния) в период с 2012 по 2015 гг. было потрачено 170,5 млн евро [12]. Очевидно, что в условиях ограниченных финансовых возможностей важно с максимальной ответственностью относиться к проектированию и строительству берегоукрепительных сооружений, к расходованию бюджетных средств.

Список источников

1. Горячкин Ю. Н. Берегозащитные сооружения Крыма: Западное побережье, часть 1 // Гидротехника. 2016. № 1. С. 49–54.
2. Маркова М. Г., Рыбалка А. Т. Преобразование берегов Южного Крыма / II Всесоюзный съезд океанологов: тезисы докладов. 10–17 декабря 1982 г., Ялта. Вып. 8. Геология, геофизика и геохимия океана. С. 37–38.
3. Марков А. А., Марков А. М., Маркова М. Г. Проектирование, строительство и опыт эксплуатации берегозащитных сооружений на Южном берегу Крыма // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 35–39.
4. Тлявлиня Г. В., Тлявлин Р. М., Ярославцев Н. А. Проблемы и перспективы строительства берегоукрепительных сооружений и рекреационных пляжей на Черноморском побережье Крыма // Гидротехника. 2014. № 3. С. 28–29.
5. Горячкин Ю. Н. Берегозащитные сооружения Крыма: Южный берег // Гидротехника. 2016. № 3. С. 34–39.
6. Сапронова З. Д., Снегирев В. С. Опыт проектирования и строительства берегозащитных сооружений в Крыму и оценка их эффективности // Строительство и техногенная безопасность. 2013. Вып. 45. С. 108–114.
7. Рыжий М. Н. Проблемы инженерной защиты морских берегов Крыма и пути их решения в современных условиях // Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова: тезисы докладов научно-практической конференции. 16–18 сентября 2015 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 13–14.
8. Тлявлиня Г. В. Литодинамические исследования в прибрежной зоне моря в составе инженерно-гидрометеорологических изысканий // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 338–339.
9. Удовик В. Ф. Современное состояние и перспективы защиты берегов Севастопольского региона от волновой абразии // Моря России: исследования береговой и шельфовой зон: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. 21–25 сентября 2020 г., Севастополь, ФГБУН ФИЦ МГИ. С. 340–341.

10. Тлявлиня Г.В., Тлявлин Р.М. Обоснование разработки генеральной схемы берегозащиты Крымского полуострова // Гидротехника. 2021. № 2. С. 36–38.
11. Фомин В.В., Горячкин Ю.Н. Учет локальных волновых и морфодинамических процессов в прибрежном гидротехническом строительстве // Морской гидрофизический журнал. 2022. Т. 38, № 3 (225). С. 291–311. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2022-3-291-311>.
12. Tătu F., Pîrvan M., Popa M. et al. The Black Sea coastline erosion: Index-based sensitivity assessment and management-related issues // Ocean and Coastal Management. 2019. Vol. 182. 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>.

References

1. Goryachkin Yu. N. Coastal protection structures of the Crimea: Western coast, part 1 // Hydrotechnika. 2016. № 1. Pp. 49–54.
2. Markova M. G., Rybalka A. T. Transformation of the Southern Crimea coasts / II All-Union Congress of Oceanologists: Abstracts. December 10–17, 1982, Yalta. Iss. 8. Geology, geophysics and geochemistry of the ocean. Pp. 37–38.
3. Markov A. A., Markov A. M., Markova M. G. Engineering, construction and maintenance experience of coastal protection structure on the Southern Coast of Crimea // Seas of Russia: study of coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 35–39.
4. Tlyavlina G. V., Tlyavlin R. M., Yaroslavl'tsev N. A. Problems and prospects for the protection structures and recreational beaches struction on the Black Sea coast of Crimea // Hydrotechnika. 2014. № 3. Pp. 28–29.
5. Goryachkin Yu. N. Coastal protection structures of Crimea: South coast // Hydrotechnika. 2016. № 3. Pp. 34–39.
6. Sapronova Z. D., Snegirev V. S. Experience in the engineering and construction of coastal protection structures in the Crimea and assessment of their effectiveness // Construction and technogenic safety. 2013. Iss. 45. Pp. 108–114.
7. Ryzhiy M. N. Problems of engineering protection of the Crimea seashores and ways to solve them in modern conditions // Ways to solve the problem of conservation and restoration of the beaches of the Crimean Peninsula: Abstracts of the scientific and practical conference. September 16–18, 2015. Sevastopol, MHI. Pp. 13–14.
8. Tlyavlina G. V. Lithodynamic study in the coastal zone of the sea as part of engineering and hydrometeorological pioneering // Seas of Russia: study of coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 338–339.
9. Udovik V. F. Current state and prospects for coast protection of the Sevastopol region from wave abrasion // Seas of Russia: study of the coastal and shelf zones: Abstracts of the All-Russian Scientific Conference. September 21–25, 2020. Sevastopol, MHI. Pp. 340–341.
10. Tlyavlina G. V., Tlyavlin R. M. Substantiation of development of the Crimean Peninsula coastal protection master plan // Hydrotechnika. 2021. № 2. Pp. 36–38.
11. Fomin V. V., Goryachkin Yu. N. Accounting for the local wave and morphodynamic processes in coastal hydraulic engineering // Physical Oceanography. 2022. 29(3). Pp. 271–290. doi:10.22449/1573-160X-2022-3-271-290.
12. Tătu F., Pîrvan M., Popa M. et al. The Black Sea coastline erosion: Index— based sensitivity assessment and management-related issues // Ocean and Coastal Management. 2019. Vol. 182. 104949. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104949>.

Информация об авторах

Горячкин Юрий Николаевич — д. г. н., главный научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН. Author ID: 848301, SPIN-код: 6419-5267. Scopus Author ID: 6507545681. WoS Researcher ID: I-3062-2015. ORCID: 0000-0002-2807-201X
Марков Алексей Анатольевич — ведущий инженер, Морской гидрофизический институт РАН

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 4.08.2023; принята к публикации 25.08.2023.

Information about the authors

Yuri N. Goryachkin — Dr. Sci. (Geogr.), Chief Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS. AuthorID: 848301, SPIN-код: 6419-5267. Scopus Author ID: 6507545681. WoS Researcher ID: I-3062-2015. ORCID: 0000-0002-2807-201X
Aleksey A. Markov — Lead Engineer, Marine Hydrophysical Institute of RAS

Article info

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 4.08.2023; accepted for publication 25.08.2023.