

УДК 504.06:627.41

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЛЯЖЕЙ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Ветрова<sup>1</sup> Н.М., Меннанов<sup>2</sup> Э.Э., Иваненко<sup>3</sup> Т.А., Гайсарова<sup>4</sup> А.А

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,  
Институт «Академия строительства и архитектуры»,  
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.  
e-mail: <sup>1</sup>xaoc.vetrova.03@mail.ru; <sup>2</sup>mennanov.emran@mail.ru; <sup>3</sup>sapronovat@mail.ru; <sup>4</sup>vip.gaysarova@mail.ru.

**Аннотация.** Актуальность совершенствования методов инженерно-экологического обследования объектов берегоукрепления определяется имеющимися их нарушениями, снижающими экологическую безопасность в целом и создающими опасность для организации туризма на побережье. Цель исследования - обоснование выбора берегоукрепительных сооружений при реконструкции пляжей крымского побережья в условиях рекреационной специализации региона. Описаны характер и степень деформаций береговой зоны моря и берегоукрепительных сооружений на побережье Каламитского залива Черного моря. Авторами предложена конструкция и расположение волнолома, которая позволит более эффективно справляться с гашением волн в штормовой период по сравнению с классическими волноломами.

**Материалы и методы.** Исследования состояния приморских территорий и решения проблем берегозащитных сооружений базируется на теории геоморфологии надводной и подводной частей побережья, закономерностях гидрофизических параметров моря в прибрежной зоне, климатических и сейсмических условиях. Применялись методы натурных наблюдений и экспериментальных исследований в волновом бассейне для учета влияния природных и антропогенных факторов на экологические параметры прибрежной зоны крымского побережья.

**Результаты.** В 2022 г. коллективом авторов произведено визуальное обследование побережья на территории Бахчисарайского района Республики Крым общей протяженностью 11,5 км. от с. Береговое до с. Угловое. В результате осмотра выявлены потенциально опасные для здоровья и жизни людей участки побережья, не пригодные к нормальной эксплуатации в рекреационных целях.

**Выводы.** Многолетние натурные наблюдения показывают, что создание берегозащиты на отдельных локальных участках, дав лишь временный положительный эффект для этих участков, может оказать весьма негативные воздействие на соседние и даже удалённые участки; именно поэтому вопрос защиты побережья должен решаться как минимум в масштабах побережья населённых пунктов, с учётом условий единой системы. Предложенная авторами форма берегозащитного сооружения может позволить более эффективно гасить волны по сравнению с классическими волноломами прямоугольного вида. Однако, при проектировании берегозащитных мероприятий необходимо учитывать, что отдельная защита небольших участков размываемых приморских территорий внутри большой зоны размываемого побережья малоэффективна, поскольку прилегающие незащищенные берега в условиях действия системы природных факторов будут отступать.

**Ключевые слова:** берегоукрепление, обследование, экологическое состояние, волнолом, Крым, рекреационные территории

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития человечества, приморские зоны крымского полуострова рекреационного назначения подвержены повышенному отрицательному воздействию антропогенных факторов, которые влияют на уровень экологической безопасности в данном регионе: высокий рост строительных работ на прибрежных территориях, износ конструкций берегозащиты, некорректная организация стока поверхностных вод в море, выбросы от автомобилей, переполнение полигонов ТБО, из-за чего возрастает динамика загрязнения окружающей среды. Учитывая, что прибрежная зона относится к высокодинамичным территориям, рекреационная деятельность способствует интенсификации изменений ее природных комплексов.

Важной комплексной научно-практической задачей является обеспечение экологической безопасности прибрежных зон моря, которые объединяют элементы природы и техногенные

объекты жизнедеятельности. Проявляется проблема роста антропогенных нагрузок на природу, что связано с загрязнением атмосферного воздуха, почв и водных ресурсов и проявляется через активизацию опасных геологических процессов на берегах и подводном склоне моря. Происходит нарушение устойчивости экосистемы «суша-море» в прибрежной зоне и создаются экологические угрозы для населения и использования территорий в рекреационных целях.

Целью статьи является обоснование выбора берегоукрепительных сооружений при реконструкции пляжей крымского побережья в условиях рекреационной специализации региона с учетом принципов экологичности конструкций.

## ПОЛНОТА ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЗОРА

Учет современной динамики и процессов формирования берегов, пляжных полос, сохранения целостности прибрежных территорий в условиях развития рекреационной деятельности актуален при решении задач экологической безопасности

территории побережья Крыма. При этом важно использовать современные инструменты инженерно-экологического обследования, как территории, так и берегозащитных конструкций.

В конце XIX века положено начало формированию системы сведений по береговой зоне крымского полуострова, которому поспособствовали такие ученые, как Левандовский И.Ф., Вутечич В.И., Мушкетов И.В., Слуцкий А.Ф. и др. Но только к 30-м годам XX века началось более глубокое изучение закономерностей трансформации берегов, включая пляжные зоны (Божич П.К., Белов Н.А., Добрынин В.Р. и др.). С 1945 года в Крыму работали экспедиции АН СССР под руководством В.П. Зенковича в составе А.А. Аксенова, В.Л. Бонгинова, Е.И. Невесского. Результаты этих работ были опубликованы в книгах «Берега Черного и Азовского морей» [1], «Морфология и динамика советских берегов Черного моря» [2], «Основы учения о развитии морских берегов» [3], «Динамика береговой зоны бесприливных морей». Также вклад в исследования морских берегов в части динамики шельфовой зоны внесли Горячкин Ю.Н. [4-6], Романюк О. С. [7], Рыжий М. Н. [8], Сапронова З.Д. [9], Глявлиня Г.В. [10].

Отметим, что в условиях роста урбанизации для обеспечения экологической безопасности вопросы обследования береговых территорий и состояния берегозащитных сооружений выходят на первый план представителей различных научных направлений – географических (Багров Н.В., Боков В.А. [11, 12]), экологических (Тарасенко В.С., Лущик А.В. [13], Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ничкова Л.А. [14], и многие другие [15-17]). При этом исследованиями разрушающего влияния волн в прибрежной зоне занимались Жданов А.М., Хирой И., Логвинович Г.В., Шулейкин В.В., Джунковский Н.Н., Петрашень В.И., Биркгоф Дж. К., Жданов А.М., Загрядская Н.Н., Зенкович В.П., Косьян Р.Д., Кузнецов С.Ю., Лаппо Д.Д., Леонтьев И.О., Макаров К.Н., Горячкин Ю.Н., Глявлин Р.М., Мищенко С.М., Зуев Н.Д., Шуньо А.С., Шуньо Н.В. [18], Шахин В.М. [19], Куклев С.Б., Радионов А.Е. и другие ученые, работы которых в результате сформировали теоретическую базу гидрофизики прибрежной зоны.

Однако решение проблем строительства и/или модернизации берегозащитных сооружений в соответствии с принципами экологичности конструкций все еще требует исследования, что и выступало целью статьи.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования состояния приморских территорий и решения проблем берегозащитных сооружений базируется на теории геоморфологии надводной и подводной частей побережья, закономерностях гидрофизических параметров моря в прибрежной зоне, климатических и сейсмических условиях. Применялись методы

натурных наблюдений и экспериментальных исследований в волновом бассейне для учета влияния природных и антропогенных факторов на экологические параметры прибрежной зоны крымского побережья.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На кафедре природообустройства и водопользования Академии строительства и архитектуры (в настоящее время структурное подразделение КФУ им. В.И. Вернадского) исследования проблем берегозащиты на крымском полуострове проводились с 2010 года [20-22]. В развитие исследований в 2022 году произведены натурные обследования побережья на локальной территории Республики Крым – в Бахчисарайском районе в части оценки экологического состояния пляжной зоны и технического состояния берегозащитных сооружений. Общая протяженность исследуемой территории 11,5 км – от с. Береговое до с. Угловое.

На обследуемом участке берег - абразионно-обвальный, с активно-отступающим клифом высотой до 25 м. Береговой склон сложен легко размываемыми грунтами. В геоструктурном отношении данная территория расположена в пределах восточного центриклинального замыкания альминской синеклизы. В геологическом строении территории принимают участие отложения неогена и четвертичного возраста в пределах застройки, почти повсеместно перекрытые техногенными образованиями (t Q4), за пределами застройки почвенным элювием (e Q4). Эти породы хорошо видны в отвесном береговом уступе, где вскрываются сверху-вниз насыпные образования и почвенно-растительный грунт мощностью до 0,2-1,0м, ниже бурые макропористые суглинки (d-p Q4) мощностью до 0,4-2,0м которые подстилаются жёлто-бурыми и красно-бурыми глинами с «белоглазкой» и алевритами плиоценового возраста (N2) с прослоями, и линзами гравийно-галечниковых грунтов, песчаников и конгломератов. В разрезе гравийно-галечниковые грунты часто доминируют, а глины и алевриты играют подчинённое значение, либо встречаются в виде отдельных прослоев. В пределах оползней эти грунты вовлечены в смещение и представляют собой современные оползневые грунты (dpQ4).

Сейсмическая интенсивность территории, согласно приложению А\* и карте ОСР-2015-А, СП 14.13330.2018, для грунтовых условий II категории составляет 8 баллов [23].

В результате натурального наблюдения на северной части участка (в районе с. Береговое) выявлены экологические проблемы – потенциально опасные для здоровья и жизни людей участки побережья, на которых произошли серьёзные нарушения целостности откосов и пляжной полосы, нарушившие экологически безопасные условия их нормальной эксплуатации в рекреационных целях. На абразионных участках незакреплённого берега

серьезную и реальную угрозу представляют клифы, существует опасность обвалов, осыпей и сходов селевых потоков (рис. 1). При этом на участках существующих берегоукрепительных сооружений имеются аварийные разрушения. Имеются

разрушения участка подъездной дороги на территории; абразия берега реки Западный Булганак вызвал оползень и дальнейшее разрушение дороги. Необходимо выполнить ремонт дороги для ее дальнейшей эксплуатации.



**Рис. 1.** Абразионно-оползневой берег севернее участка реконструкции  
**Fig. 1.** Abrasion-landslide coast to the north of the reconstruction

Южнее берег не закреплен (рис. 2) и имеет выраженный абразионный характер с обвалами и оползнями. Активно отступающий клиф высотой до 25 м, сложен суглинками. Присутствуют следы недавних обрушений, а также имеются заколы и

трещины в 1-3 м от бровки обрыва. Немногочисленные балки заполнены мелким обломочным материалом и образуют небольшие пляжи до 9 м шириной.



**Рис. 2** Абразионно-оползневой берег южнее участка реконструкции  
**Fig. 2.** Abrasion-landslide coast to the south of the reconstruction

В границах с. Песчаное Бахчисарайского района на территории пансионата «Радуга» ширина надводной части пляжа составляет 12 м. Берегоукрепительные сооружения разрушены и

демонтированы; естественный отступающий клиф на этом участке имеет высоту до 6 м, а кромка клифа вплотную приблизилась к ограждению пансионата, существует угроза обрушения масс грунта (рис. 3).



**Рис. 3.** Естественный клиф на месте разрушенных берегоукрепительных сооружений в районе пансионата «Радуга».  
**Fig. 3.** Natural cliff at the site of the destroyed bank protection structures in the area of the Raduga boarding house.

На участке базы отдыха «У Лукоморья» (рис. 4) пляж размывает, пляжный материал смыт полностью. Берегоукрепительные сооружения разрушены: для

укрепления берега маршевые плиты были сложены в виде волноотбойной стенки; в настоящее время стенки из маршевых плит и набережная разрушены,

происходит размыв фундамента здания. Причал разрушен. В южной части участка происходит

размывание берега, частично разрушен участок дороги (рис. 5).



**Рис. 4.** Естественный клиф на месте разрушенных берегоукрепительных сооружений в районе базы отдыха «У Лукоморья».

**Fig. 4.** Natural cliff at the site of the destroyed coastal protection structures in the area of the recreation center "At Lukomorye".



**Рис. 5.** Берегоукрепительные сооружения базы отдыха «У Лукоморья». Южнее разрушенного причала.

**Fig. 5.** Coastal protection structures of the recreation center "At Lukomorye". South of the destroyed pier.

На территории пионерского лагеря «Лукоморье» участок пляжа шириной в надводной части — 17 м огорожен (рис. 6). Основной объем пляжного материала смещен к северу и подпорной стене 1-го яруса. В северной части вдоль уреза – клиф высотой до 0,3 м. Поверхность пляжа частично загрязнена

морской растительностью. На пляже имеется площадка-эстакада из металлического каркаса с деревянным настилом на бетонных опорах-сваях зарытыми в пляж, а также тентовые навесы. Подпорная стена 1-го яруса наклонена в сторону моря.



**Рис. 6.** Пляж на территории пионерского лагеря «Лукоморье».

**Fig. 6.** The beach on the territory of the pioneer camp "Lukomorye".

На территории пионерского лагеря «Альбатрос» подпорная стенка без существенных повреждений. Пляж шириной в надводной части — 18 м.

участка подвержен абразионным процессам, имеется клиф высотой 2-2,5 м, а также разрушение подъездной дороги (рис. 7). В южной части участка береговой склон относительно пологий. Ширина пляжа в надводной части — 15 м.

Далее на юг исследуемого участка пляжной зоны в районе пионерского лагеря «Магарач» побережье не защищено. Береговой склон в северной части



**Рис. 7.** Активный клиф в районе пионерского лагеря «Магарач».  
**Fig. 7.** Active cliff in the area of the pioneer camp "Magarach".

На территории пляжей общего пользования, пансионата «Искра», пансионата «Стройиндустрия», пансионата «Минмонтажспецстрой», пансионата «Волна» (рис. 8) на протяжении 835 метров конструкции берегоукрепительных сооружений разрушены. Обрушенные в море элементы откосно-ступенчатой набережной (маршевые плиты, блоки покрытия набережной) и подпорной стены у берегового

откоса образовали «наброску» (шириной 5-7 м). В настоящее время берег в условиях полного разрушения берегозащиты не закреплён; в основании клифа – множество абразионных ниш, происходит дальнейшее разрушение берега, элементов благоустройства, осыпание и обвалы грунта. В рекреационных целях данный участок побережья не пригоден, пребывания на нем людей травмоопасно.



**Рис. 8.** Разрушенная берегозащита в районе пансионатов «Искра» ООО «Укртелеком», пионерского лагеря «Стройиндустрия», берегоукрепительные сооружения пляжа общего пользования, панс. «Минмонтажспецстрой», пансионата «Волна».

**Fig. 8.** Destroyed bank protection of the Iskra boarding houses, Ukrtelecom LLC, the Stroyindustriya pioneer camp, bank protection structures of the public beach, pans. "Minmontazhspsstroy", boarding house "Volna".

В районе пансионатов «Уют», «Мар Ле Мар» Эстейт», «Чембало», «Наука» (рис. 9) ширина искусственного пляжа в надводной части в межбунном пространстве 15 - 18 метров.

Конструкция поперечного камненабросного берегоукрепительного сооружения в морской части частично разрушена.



**Рис. 9.** Берегоукрепительные сооружения в районе ООО «Мар Ле Мар», ООО «Чембало».  
**Fig. 9.** Bank protection structures in the area of Mar Le Mar LLC, Chembalo LLC.



**Рис. 10.** Общий вид берегозащиты в районе пионерского лагеря «Бригантина» и «Дельфин».  
**Fig. 10.** General view of the coast protection in the area of the pioneer camp "Brigantine" and "Dolphin".

На участке пионерского лагеря «Дельфин» (рис.10) берегоукрепительные сооружения в виде откосного ступенчатого сооружения и двух бун из каменной наброски. Маршевые плиты откосно-ступенчатой волногасящей набережной просели. Ширина надводной части пляжа от 5 до 15 м, объем пляжного материала не обеспечивает полного гашения от волнового воздействия моря от 2 баллов и более, что требует модернизации.

Южнее в районе пансионата «Песчаное», детский оздоровительный лагерь «Южный», детский оздоровительный лагерь «Песчаное» (рис.11) пляж шириной в надводной части от 6 до 16 метров. Объем пляжа недостаточен для полного гашения волнового воздействия. В корневой части

буны № 5 имеются глубокие промоины, отсутствует заполнитель в камерах, происходит коррозия металлических конструкций буны. Существенных деформаций в берегоукрепительных сооружениях не обнаружено, однако имеются поверхностные дефекты. Основание лестниц на пляж подмыто, на боковой грани раскрыты трещины.

В юго-западной части, в сторону мыса Тюбек, береговой откос не закреплён и подвержен абразионным процессам, высота естественного клифа достигает 5 м. Вследствие волновой абразии происходит размыв основания берегового откоса. Участок является не безопасным для нахождения на нем людей, существует вероятность осыпей и обвала грунта.



**Рис. 11.** Берегозащита пансионата «Песчаное» и детского оздоровительного лагеря «Южный».  
**Fig. 11.** Coastal protection of the boarding house "Peschanoe" and the children's health camp "Southern".

На участке рекреационной зоны с. Угловое берегозащита представляет собой подпорные стены с контрфорсами, выполненные из монолитного железобетона. Ширина надводной части пляжа на некоторых участках достигает 20 метров. При этом ранее выявлено наличие в подводной части моря у с. Угловое известковых монолитов. Образование подводных поднятий на 1-3 м приводит к трансформации берега и волн – изменению их внутренней структуры и внешней формы на пути следования [26] и по результатам обследования данных участков можно сделать вывод, что выявленный процесс образования подводных поднятий приводит к сохранению ширины пляжа в данном месте.

По результатам выполненных натурных исследований состояния береговой зоны Бахчисарайского района выявлена тенденция размыва берега: абразия незакрепленного берега и

разрушение существующих берегоукрепительных сооружений, устойчивая деградация аккумулятивных пляжей. Это подтверждает вывод, что реализация ранее локальных берегоукрепительных мер, не позволила решить проблемы в комплексе. Многолетние натурные наблюдения показывают, что создание берегозащиты на отдельных локальных участках дают лишь временный положительный эффект и может оказать весьма негативные воздействия на соседние участки территории пляжа, не учитывая схемы направлений вдольбереговых наносов и волновых нагрузок. Следовательно, вопрос защиты побережья должен решаться в границах морфологических единиц территорий, с учётом условий единой системы.

Рассматривая научный подход к обоснованию конструкций берегозащитных сооружений, учитывалось, что в Российской Федерации и за

рубежом применяют различные берегозащитные и берегоукрепительные методы и технологии.

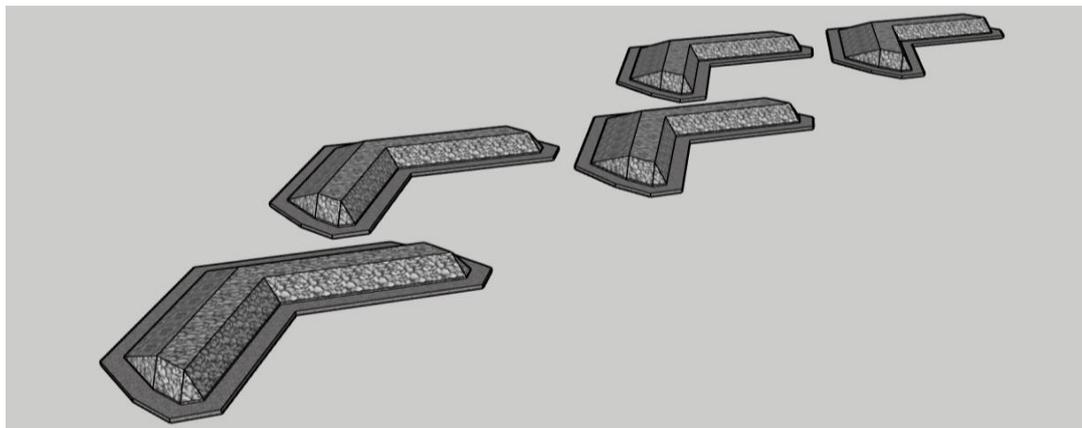
При выборе метода защиты берега и типа берегозащитных сооружений должны быть учтены как благоприятные, так и неблагоприятные факторы, особенно в отношении сохранения уровня экологического состояния защищаемого участка побережья с дополнительной оценкой степени воздействия данных факторов на окружающую среду. Кроме того, снижение волновых воздействий на береговую зону обязано происходить за счет повышения волногасящей способности берегозащитных сооружений, при проектировании которых, необходимо учитывать естественно-природные закономерности каждой территории.

Одновременно с этим, подход к модернизации берегозащитных сооружений должен учитывать применение биопозитивных технологий. Согласно [24], под сущностью биопозитивности конструкций различных сооружений понимается интегральное понятие, основывающееся на основных требованиях к природосберегающим и природо восстанавливающим объектам. В строительстве под биопозитивностью подразумевается особая характеристика возводимых объектов, которая обеспечивает максимально возможную адаптацию к природным комплексам.

В последние годы наряду с традиционными железобетонными волноломами гравитационного типа [25] находят широкое применение волноломы сквозного (проницаемого для воды) типа. Основными преимуществами сквозных волноломов по сравнению с традиционными конструкциями являются меньшая стоимость сооружения, меньшая

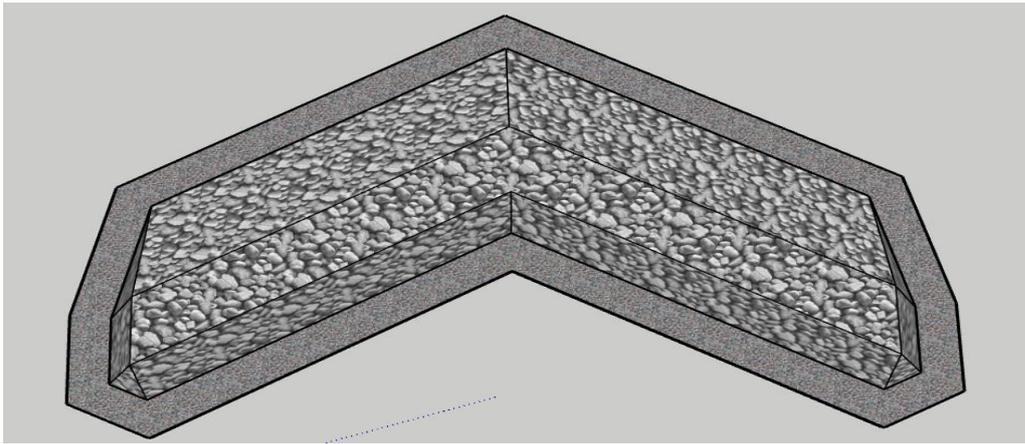
материалоемкость, более высокая степень гашения волновой энергии, лучшие экологические свойства благодаря большей полезной площади для обживания микроорганизмами по сравнению с железобетонными гравитационными волноломами при одинаковых удельных объемах данных сооружений, а также оказывают меньшее влияние на деформации рельефа дна. В основе выбора конструкций сквозного типа лежит наличие в природных прибрежных системах естественных волногасящих образований, которые были выявлены в том числе на данном участке крымского побережья. Как отмечено выше, в районе с. Угловое были выявлены природные особенности - особые известняковые формирования в прибойной зоне берега, которые способствовали стабилизации параметров пляжей [26].

На основе полученных данных, авторами разработана и предложена конструкция волногасящего сооружения, реализующая принципы биопозитивности [27]. В отличие от ранее предложенных конструкций [28–30], данное берегозащитное сооружение представляет собой конструкцию классического волнолома гравитационного типа, изогнутого в середине под 120 градусов (рисунки 12-14), который относится к проницаемым волногасящим гидротехническим сооружениям. Данные волноломы располагаются в шахматном порядке вдоль берега в зоне последнего обрушения волн. Данная форма и расположение позволяет охватить весь диапазон зоны последнего обрушения волн и более эффективно гасить волны по сравнению с классическими волноломами прямоугольного вида.

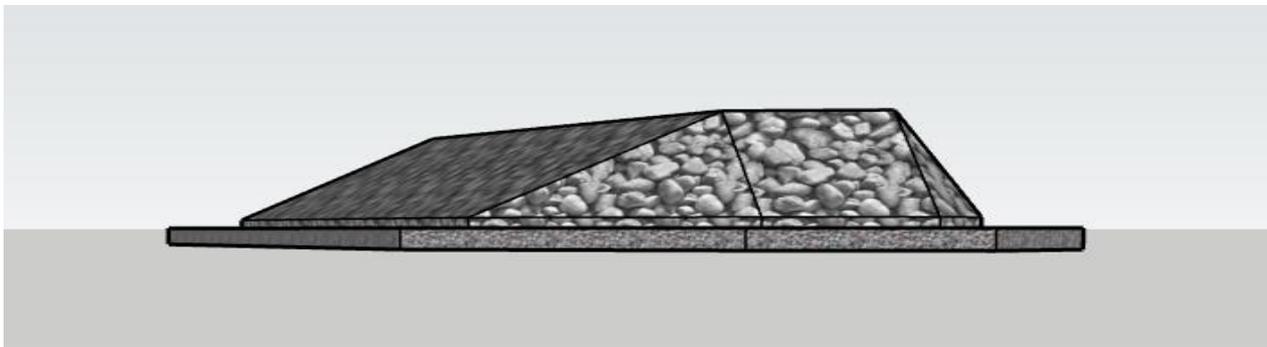


**Рис. 12.** Схема расположения системы гравитационных волноломов «Чайка» по аналогии естественно-природных образований в зоне побережья Бахчисарайского района (разработано авторами)

**Fig. 12.** Gravity breakwater "Seagull". General layout (drawing by the authors)



**Рис. 13.** Гравитационный волнолом «Чайка». Вид сверху (рисунок авторов)  
**Fig. 13.** Gravity breakwater "Seagull". Top view (drawing by the authors)



**Рис. 14.** Гравитационный волнолом «Чайка». Вид сбоку (рисунок авторов)  
**Fig. 14.** Gravity breakwater "Seagull". Side view (authors drawing)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам выполненных наблюдений Западного Крыма подтверждена установившаяся в последние годы тенденция развития берега: абразия незакрепленного берега и разрушение уже построенных берегоукрепительных сооружений, устойчивая деградация аккумулятивных пляжей. Исключение составляют лишь несколько отдельных участков, примыкающих к устьям рек.

Также выявлены потенциально опасные участки побережья и нарушенные берегоукрепительные сооружения. Так, к настоящему времени разрушена большая часть берегоукрепительных сооружений в пгт. Песчаное: разрушены 1390 м железобетонных конструкций берегозащиты из участка длиной 1407 м, а оставшиеся сооружения находятся в аварийном состоянии.

В местах разрушения берегоукрепительных сооружений происходит формирование естественного пляжа, материалом для которого служат грунты размываемого берегового склона, что означает неизбежную и довольно значительную потерю территорий и разрушение всех сооружений и построек на этих территориях.

Предложенная авторами форма берегозащитного сооружения по результатам экспериментов в волновом бассейне может

позволить более эффективнее гасить волны по сравнению с классическими волноломами прямоугольного вида. Однако, при проектировании берегозащитных систем необходимо учитывать, что отдельная защита небольших участков размываемых приморских территорий внутри большой зоны трансформируемого побережья малоэффективна, поскольку прилегающие незащищенные берега в условиях действия системы природных факторов будут отступать.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РНФ. Грант № 22-28-20193, <https://rscf.ru/project/22-28-20193/>*

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зенкович, В. П. Берега Черного и Азовского морей [Текст] / В.П. Зенкович. — М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры. —1958. — 373 с.
2. Бабак, В. И. Геоморфология Крымского полуострова [Текст] // Геология СССР. — Т.8. — Крым. Под ред. М.В. Муратова. — М.: Изд-во «Недра», 1969. — С. 460—473.
3. Зенкович, В.П. Основы учения о развитии морских берегов [Текст] / В.П. Зенкович. —М.: Изд. АН СССР. —1962. —С. 20—250.
4. Горячкин, Ю.Н. Берегозащитные сооружения Крыма: Западное побережье. Часть 2

[Текст] / Ю.Н. Горячкин // Гидротехника. – 2016. – № 2. – С. 38–43.

5. Современное состояние береговой зоны Крыма / под ред. Ю.Н. Горячкина. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. – 252 с.

6. Goryachkin, Y.N. Coastal erosion and protection in Ukraine // Coastal erosion and protection in Europe / Editing A. Williams and E. Pranzini. London: Earthscan, 2012. P. 413–426.

7. Романюк, О. С. Состояние изученности крымского побережья и задачи его восстановления / О. С. Романюк // Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова / Тезисы докладов научно-практической конференции, г. Севастополь, 16 - 18 сентября 2015 г. – Севастополь: 2015. – С. 14–16.

8. Рыжий, М. Н. Проблемы инженерной защиты морских берегов Крыма и пути их решений в современных условиях / М. Н. Рыжий // Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова / Тезисы докладов научно-практической конференции, г. Севастополь, 16 - 18 сентября 2015 г. – Севастополь: 2015. – С. 13–14.

9. Сапронова, З.Д. Опыт проектирования и строительства берегозащитных сооружений в Крыму и оценка их эффективности / З.Д. Сапронова, В.С. Снегирев // Строительство и техногенная безопасность. – 2013. – Вып. 45. – С. 108–114.

10. Тлявлиня, Г.В. Проблемы и перспективы строительства берегоукрепительных сооружений и рекреационных пляжей на черноморском побережье Крыма / Г.В. Тлявлиня, Р.М. Тлявлин, Н.А. Ярославцев // Гидротехника. – 2014. – № 3. – С. –28–39.

11. Экология Крыма. Справочное пособие / Под ред. Н.В. Багрова и В.А. Бокова. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное издательство, 2003. – 360 с.

12. Экологическая безопасность территорий и акваторий: региональные и глобальные проблемы [Электронный ресурс]: Сборник трудов региональной научно-практической конференции (Керчь, 24-28 октября 2016 г.) / под общ. ред. проф. Масюткина Е.П. - Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2016. – 264 с. - Режим доступа: [http://kgmtu.ru/documents/nauka/environmental\\_safety\\_2016.pdf](http://kgmtu.ru/documents/nauka/environmental_safety_2016.pdf).

13. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2020 году. – КРЫМСТАТ, СМ РК – 359 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpCCpsTg\\_1.pdf](https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpCCpsTg_1.pdf).

14. Сигора, Г.А. Проблемы обеспечения экологически безопасного состояния в рекреационных зонах г. Севастополя / Г.А. Сигора, Т.Ю. Хоменко, Л.А. Ничкова // Экономика строительства и природопользования. –2020. – №2(75). – С.123–131.

15. Иваненко, Т.А. Комплекс экологически безопасных технических решений застройки прибрежных рекреационных зон // Т.А. Иваненко, Н.М. Ветрова // Проблемы экологии. – 2013. – № 1(31). – С. 89–97.

16. Peichev, V. Beach Protection and Long-Term Stabilizing of Black Sea Coastal Slopes. Sofia, Prof. M. Drinov Publ. House, 1998, 139–142.

17. Stanev, E.V. Regional sea level response to global climatic change: Black Sea examples / E.V. Stanev, E.L. Peneva // Global and Planetary Changes. – 2002. – 32. – P. 33–47.

18. Зуев, Н.Д. Исследование коэффициента отражения волн от гидротехнического сооружения сквозного типа с подпричальным откосом [Текст] / Н.Д. Зуев, А.С. Шунько, Н.В. Шунько // Экономика строительства и природопользования. —2021. — № 3. — С.139—149.

19. Шахин, В.М. Транзитный массоперенос, формируемый волнами на поверхности жидкости [Текст] / В.М. Шахин // Экономика строительства и природопользования. —2020. — № 3. — С.148—151.

20. Иваненко, Т. А. Геоморфология и динамика берегов Западного Крыма / Т. А. Иваненко, З. Д. Сапронова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2011. – № 25-1. – С. 19-25.

21. Ветрова, Н. М. О подходах к исследованию экологических проблем прибрежных территорий / Н. М. Ветрова, Т. А. Иваненко // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 5(57). – С. 104-112.

22. Иваненко, Т. А. Оценка уровня нарушенности экологического состояния при застройке прибрежных рекреационных зон / Т. А. Иваненко, Н. М. Ветрова // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 50. – С. 85-93.

23. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2018 г. N 309/пр и введен в действие с 25 ноября 2018 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550565571> (дата обращения: 25.05.2023). – Текст: электронный.

24. Исходжанова, Г.Р. Озеленение городских пространств как принцип устойчивой архитектуры / Исходжанова Г.Р., Трунова Д.И. // Вестник КРСУ. – Т.13. – №7. – 2013. – С. 148-151.

25. Ветрова, Н. М. Практика применения берегозащитных сооружений в приморских районах / Н. М. Ветрова, Э. Э. Меннанов // Экономика строительства и природопользования. – 2017. – № 3(64). – С. 16-21.

26. Иваненко, Т. А. Инженерно-геологические особенности побережья Западного Крыма / Т. А. Иваненко // Строительство и техногенная безопасность. – 2012. – № 43. – С. 85-92.

27. Меннанов, Э.Э. Сущность и характеристики биопозитивности конструкций при реконструировании берегозащитных сооружений [Текст] / Э.Э. Меннанов, Н.М. Ветрова // Экономика строительства и природопользования. Сб. науч. трудов. — 2019. — № 1. — С.96—101.

28. Пат. 178884 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/06. Блок берегозащитного сооружения [Текст] / Зайцев О.Н., Федоркин С.И., Макарова Е.С., Меннанов Э.Э.; автор и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». — № 2017128588; заявл. 10.08.2017; опубл. 23.04.2018, Бюл. № 12. — 5 с.

29. Пат. 178886 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/06. Подводный волнолом [Текст] / Зайцев О.Н., Федоркин С.И., Макарова Е.С., Меннанов Э.Э.; автор и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». — № 2017128607; заявл. 10.08.2017; опубл. 23.04.2018, Бюл. № 12. — 5 с.

30. Пат. 186225 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/04, Е 02 В 3/12. Цилиндрический габион [Текст] / Федоркин С.И., Макарова Е.С., Меннанов Э.Э.; автор и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». — № 2017128587; заявл. 10.08.2017; опубл. 11.01.2019, Бюл. № 2. — 5 с.

## REFERENCES

1. Zenkovich, V. P. Berega Chernogo i Azovskogo morej [Tekst] / V.P. Zenkovich. — M.: Gos. izd-vo geogr. lit-ry. — 1958. — 373 s.
2. Babak, V. I. Geomorfologiya Krymskogo poluostrova [Tekst] // Geologiya SSSR. — T.8. — Krym. Pod red. M.V. Muratova. — M.: Izd-vo «Nedra», 1969. — S. 460—473.
3. Zenkovich, V.P. Osnovy ucheniya o razvitiy morskikh beregov [Tekst] / V.P. Zenkovich. — M.: Izd. AN SSSR. — 1962. — S. 20—250.
4. Goryachkin, YU.N. Beregozashchitnye sooruzheniya Kryma: Zapadnoe poberezh'e. CHast' 2 [Tekst] / YU.N. Goryachkin // Gidrotekhnika. — 2016. — № 2. — S. 38—43.
5. Sovremennoe sostoyanie beregovoy zony Kryma / pod red. YU.N. Goryachkina. — Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2015. — 252 s.
6. Goryachkin, Y.N. Coastal erosion and protection in Ukraine // Coastal erosion and protection in Europe / Editing A. Williams and E. Pranzini. London: Earthscan, 2012. - P. 413—426.
7. Romanyuk, O. S. Sostoyanie izuchennosti krymskogo poberezh'ya i zadachi ego vosstanovleniya / O. S. Romanyuk // Puti resheniya problemy sohraneniya i vosstanovleniya plyazhej Krymskogo poluostrova / Tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii, g.

Sevastopol', 16 - 18 sentyabrya 2015 g. — Sevastopol': 2015. — P. 14—16.

8. Ryzhij, M. N. Problemy inzhenernoj zashchity morskikh beregov Kryma i puti ih reshenij v sovremennykh usloviyah / M. N. Ryzhij // Puti resheniya problemy sohraneniya i vosstanovleniya plyazhej Krymskogo poluostrova / Tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Sevastopol', 16 - 18 sentyabrya 2015 g. — Sevastopol': 2015. — P. 13—14.

9. Sapronova, Z.D. Opyt proektirovaniya i stroitel'stva beregozashchitnykh sooruzhenij v Krymu i ochenka ih effektivnosti / Z.D. Sapronova, V.S. Snegirev // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. — 2013. — Vyp. 45. — P. 108—114.

10. Tlyavlina, G.V. Problemy i perspektivy stroitel'stva beregoukrepitel'nykh sooruzhenij i rekreacionnykh plyazhej na chernomorskom poberezh'e Kryma / G.V. Tlyavlina, R.M. Tlyavlin, N.A. YAroslavcev // Gidrotekhnika. — 2014. — № 3. — P. 28—39.

11. Ekologiya Kryma. Spravochnoe posobie / Pod red. N.V. Bagrova i V.A. Bokova. — Simferopol': Krymskoe uchebno-pedagogicheskoe gosudarstvennoe izdatel'stvo, 2003. — 360 p.

12. Ekologicheskaya bezopasnost' territorij i akvatorij: regional'nye i global'nye problemy [Elektronnyj resurs]: Sbornik trudov regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii (Kerch', 24-28 oktyabrya 2016 g.) / pod obshch. red. prof. Masyutkina E.P. - Kerch': FGBOU VO «KGMTU», 2016. — 264 s. - Rezhim dostupa: [http://kgmtu.ru/documents/nauka/environmental\\_safety\\_2016.pdf](http://kgmtu.ru/documents/nauka/environmental_safety_2016.pdf).

13. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Respubliki Krym v 2020 godu. — KRYMSTAT, SM RK — 359 s. [Elektronnyj resurs] — Rezhim dostupa: [https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpCCpsTg\\_1.pdf](https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpCCpsTg_1.pdf).

14. Sigora, G.A. Problemy obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti sostoyaniya v rekreacionnykh zonah g. Sevastopolya / G.A. Sigora, T.YU. Homenko, L.A. Nichkova // Ekonomika stroitel'stva i prirodnopol'zovaniya. — 2020. — №2(75). — P.123—131.

15. Ivanenko, T.A. Kompleks ekologicheskoi bezopasnykh tekhnicheskikh reshenij zastrojki pribrezhnykh rekreacionnykh zon // T.A. Ivanenko, N.M. Vetrova // Problemy ekologii. — 2013. — № 1(31). — P. 89—97.

16. Peichev, V. Beach Protection and Long-Term Stabilizing of Black Sea Coastal Slopes. Sofia, Prof. M. Drinov Publ. House, 1998, 139—142.

17. Stanev, E.V. Regional sea level response to global climatic change: Black Sea examples / E.V. Stanev, E.L. Peneva // Global and Planetary Changes. — 2002. — 32. — P. 33—47.

18. Zuev, N.D. Issledovanie koefficienta otrazheniya voln ot gidrotekhnicheskogo sooruzheniya skvoznogo tipa s podprichal'nym otkosom [Tekst] / N.D. Zuev, A.S. SHun'ko, N.V. SHun'ko // Ekonomika

stroitel'stva i prirodopol'zovaniya. —2021. — № 3. — P.139—149.

19. SHahin, V.M. Tranzitnyj massoperenos, formiruemyj volnami na poverhnosti zhidkosti [Tekst] / V.M. SHahin // Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya. —2020. — № 3. — P.148—151.

20. Ivanenko, T. A. Geomorfologiya i dinamika beregov Zapadnogo Kryma / T. A. Ivanenko, Z. D. Sapronova // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. — 2011. — № 25-1. — P. 19-25.

21. Vetrova, N. M. O podhodah k issledovaniyu ekologicheskikh problem pribrezhnykh territorij / N. M. Vetrova, T. A. Ivanenko // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. — 2016. — № 5(57). — P. 104-112.

22. Ivanenko, T. A. Ocenka urovnya narushennosti ekologicheskogo sostoyaniya pri zastroyke pribrezhnykh rekreacionnykh zon / T. A. Ivanenko, N. M. Vetrova // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. — 2014. — № 50. — P. 85-93.

23. SP 14.13330.2018. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah: utverzhden prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii ot 24 maya 2018 g. N 309/pr i vveden v dejstvie s 25 noyabrya 2018 g. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/550565571> (data obrashcheniya: 25.05.2023). — Tekst: elektronnyj.

24. Iskhodzhanova, G.R. Ozelenenie gorodskih prostranstv kak princip ustojchivoj arhitektury / Iskhodzhanova G.R., Trunova D.I. // Vestnik KRSU. — T.13. — №7. — 2013. — . 148-151.

25. Vetrova, N. M. Praktika primeneniya beregozashchitnykh sooruzhenij v primorskih rajonah / N. M. Vetrova, E. E. Mennanov // Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya. — 2017. — № 3(64). — P. 16-21.

26. Ivanenko, T. A. Inzhenerno-geologicheskie osobennosti poberezh'ya Zapadnogo Kryma / T. A. Ivanenko // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. — 2012. — № 43. — P. 85-92.

27. Mennanov, E.E. Sushchnost' i harakteristiki biopozitivnosti konstrukcij pri rekonstruirovanii beregozashchitnykh sooruzhenij [Tekst] / E.E. Mennanov, N.M. Vetrova // Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya. Sb. nauch. trudov. —2019. — № 1. — P.96—101.

28. Pat. 178884 Rossijskaya Federaciya, MPK E 02 V 3/06. Blok beregozashchitnogo sooruzheniya [Tekst] / Zajcev O.N., Fedorkin S.I., Makarova E.S., Mennanov E.E.; avtor i pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Krymskij federal'nyj universitet imeni V.I. Vernadskogo». — № 2017128588; zayavl. 10.08.2017; opubl. 23.04.2018, Byul. № 12. — 5p.

29. Pat. 178886 Rossijskaya Federaciya, MPK E 02 V 3/06. Podvodnyj volnolom [Tekst] / Zajcev O.N., Fedorkin S.I., Makarova E.S., Mennanov E.E.; avtor i pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Krymskij federal'nyj universitet imeni V.I. Vernadskogo». — № 2017128607; zayavl. 10.08.2017; opubl. 23.04.2018, Byul. № 12. — 5p.

30. Pat. 186225 Rossijskaya Federaciya, MPK E 02 V 3/04, E 02 V 3/12. Cilindricheskij gabion [Tekst] / Fedorkin S.I., Makarova E.S., Mennanov E.E.; avtor i pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Krymskij federal'nyj universitet imeni V.I. Vernadskogo». — № 2017128587; zayavl. 10.08.2017; opubl. 11.01.2019, Byul. № 2. — 5 p.

## ECOLOGICAL BASES FOR THE CHOICE OF BANK PROTECTION STRUCTURES DURING THE RECONSTRUCTION OF THE BEACHES OF THE CRIMEAN COAST

Vetrova<sup>1</sup> N.M., Mennanov<sup>2</sup> E.E., Ivanenko<sup>3</sup> T.A., Gaisarova<sup>4</sup> AA.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,  
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

e-mail: <sup>1</sup> хаос.vetrova.03@mail.ru; <sup>2</sup> mennanov.emran@mail.ru; <sup>3</sup> sapronovat@mail.ru; <sup>4</sup> vip.gaysarova@mail.ru.

**Abstract.** The relevance of improving the methods of engineering and environmental survey of coastal protection objects is determined by their existing violations, which reduce environmental safety in general and create a danger for the organization of tourism on the coast. The purpose of the study is to substantiate the choice of bank protection structures during the reconstruction of the beaches of the Crimean coast in the conditions of recreational specialization of the region. The nature and extent of deformations of the coastal zone of the sea and shore protection structures on the coast of the Kalamitsky Bay of the Black Sea are described. The authors proposed the design and location of the breakwater, which will make it possible to more effectively cope with the damping of waves during a storm period compared to classical breakwaters.

**Materials and methods.** The study of the state of coastal territories and the solution of problems of coastal protection structures is based on the theory of geomorphology of the surface and underwater parts of the coast, the regularities of the hydrophysical parameters of the sea in the coastal zone, and climatic and seismic conditions. The methods of field observations and experimental studies in the wave basin were used to take into account the influence of natural and anthropogenic factors on the ecological parameters of the coastal zone of the Crimean coast.

**Results.** In 2022, a team of authors carried out a visual survey of the coast in the territory of the Bakhchisaray district of the Republic of Crimea with a total length of 11.5 km. from s. Coastal to with. Angular. As a result of the inspection, sections of the coast that are potentially dangerous to the health and life of people and are not suitable for normal use for recreational purposes were identified.

**Conclusions.** Long-term field observations show that the creation of bank protection in certain local areas, having given only a temporary positive effect for these areas, can have a very negative impact on neighboring and even remote areas; that is why the issue of protecting the coast should be resolved at least on the scale of the coast of settlements, taking into account the conditions of a single system. The shape of the coast protection structure proposed by the authors can make it possible to more effectively dampen waves compared to classical rectangular breakwaters. However, when designing coastal protection measures, it should be taken into account that separate protection of small areas of eroded coastal territories within a large zone of eroded coast is ineffective, since adjacent unprotected shores will recede under the influence of a system of natural factors.

**Key words:** bank protection, inspection, ecological state, breakwater, Crimea, recreational areas