

# СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ АНАЛОГОВ С ЦЕЛЬЮ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

## MODERN ASPECTS OF NATURAL ANALOGUES USING WITH THE AIM OF SELF-RESTORATION OF THE COASTAL ZONE

**N. Doroshenko**

**D. Belov**

**O. Tarasenko**

*Summary.* The article describes the use of shore protection structures to control the configuration of the coastline, namely the restoration of the coastal zone, through the inclusion of natural processes. The most common method of restoration of the coastal zone is the construction of reinforced concrete protective structures and structures that eventually require expensive repairs and dismantling, as well as an embankment of beach — forming material-gravel and sand to create a full-profile beach, with constant additions during operation. These methods of restoration of the coastal zone are very expensive, in addition to economic shortcomings, the creation of a full-profile beach for the areas of Krasnaya Gorka and the village of Lebyazhye is impossible due to the lack of sufficient material in previously explored reserves and quarries. The designs offered for inclusion of natural processes of self-recovery of the coastal zone, self-destructive, i.e. not requiring further repair, dismantling. The proposed method, the creation of an incomplete profile of the beach, by stabilizing the processes in the coastal zone due to the device of self-destructing coastal protection structures, including natural processes of self-healing coastal zone, is the most cost-effective and physically accessible option for such areas of the coast as the Red hill and the village of Lebyazhye in view of natural conditions, such as sea level rise, as the prevalence in recent years, winds specific directions.

*Keywords:* self-rehabilitation of the coastal zone, protective structures, coastal zone, reshaping of the coastal zone.

**Дорошенко Надежда Ивановна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала

С.О. Макарова»; Руководитель отдела,

ООО «Санкт-Петербург Экология»

132620@mail.ru

**Белов Даниил Михайлович**

Д.г.н., профессор, заслуженный эколог РФ, ФГБОУ ВО

«ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

**Тарасенко Ольга Александровна**

К.г.н., независимый исследователь

olt\_prts@inbox.ru

*Аннотация.* Статья описывает использование берегозащитных конструкций для управления конфигурацией береговой линии, а именно восстановления береговой зоны, посредством включения природных процессов. Наиболее распространенным методом восстановления береговой зоны является сооружение железобетонных защитных конструкций и сооружений, которые со временем требуют дорогостоящего ремонта и демонтажа, а также насыпь пляжеобразующего материала — щебень и песок для создания полнопрофильного пляжа, с постоянными пополнениями в процессе эксплуатации. Данные методы восстановления береговой зоны весьма дорогостоящие, помимо экономических недостатков, создание полнопрофильного пляжа для районов Красной горки и поселка Лебяжье невозможно в виду отсутствия достаточного количества материала в ранее разведанных запасах и карьерах. Конструкции, предлагаемые для включения природных процессов самовосстановления береговой зоны, саморазрушающиеся, т.е. не требующие в дальнейшем ремонта, демонтажа. Предложенный метод, создания пляжа неполного профиля, посредством стабилизации процессов в береговой зоне за счет устройства саморазрушающихся берегозащитных сооружений, включающих природные процессы самовосстановления береговой зоны, является наиболее экономически выгодным и физически доступным вариантом для таких участков берега как Красная горка и поселок Лебяжье в виду природных условий, таких как повышение уровня моря, а также преобладание в последние годы ветров конкретных направлений.

*Ключевые слова:* самовосстановление береговой зоны, защитные конструкции, береговая зона, переформирование береговой зоны.

## Введение

С размытом берега в пос. Лебяжье и вдоль автодороги столкнулись после прохождения серии катастрофических штормов 1983–1986 годов. Это совпало со временем начала строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений

(КЗС) и разработкой песчаных отложений Лондонской отмели для нужд строительства. Тогда была разрушена авандюна, обнаружили деформации фундаментов крайних домов в Лоцманском поселке. В пос. Большая Ижора был «смыт» роскошный пляж [1]. Данная проблема актуальна и сейчас. В крайне сложном состоянии находится участок побережья в районе пос. Лебяжье. [2].

Стандартные причины, по которым происходят изменения в береговой зоне: техногенное вмешательство, изменение условий «питания» — поступления наносов в береговую зону, усиление штормовой активности.

В последние годы, в связи с перестройкой климата, наблюдался затяжной период преобладания ветров З-СЗ-С румбов редкой обеспеченности.

Исследуемый участок береговой зоны можно определить как отмель. Такой тип берега со средними уклонами подводной отмели 1:200 характеризуется тем, что штормовые волны обрушаются и трансформируются в прибойный поток за несколько сот метров от уреза,

Неоднородность гидродинамического режима акватории, примыкающей к берегу в районе Красной горки и Лоцманского поселка, вызвана не только сложной экспозицией берега, но и конфигурацией подводного склона на данном участке.

В районе Красной горки пятиметровая изобата расположена на расстоянии 1200–1300 м от берега. Так, во время сильных штормов, расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, ширина прибойной зоны — около 700 м. Преобладающие глубины на акватории не превышают 0,6–0,8 м.

Данный участок береговой зоны подвержен разрушающему воздействию волнения, вызванного ветрами СЗ, С (отклонение от нормали к берегу составляет  $60^{\circ}$  и  $15^{\circ}$  соответственно), СВ и В направлений. Конфигурация подводного склона такова, что за счет рефракции изменяется направление распространения волн и происходит фактически фронтальный подход волн к берегу.

В аварийном состоянии находится участок протяженностью около 300 м. Локальные меры по берегозащите, принимаемые собственниками строений, расположенных практически на бровке берегового уступа, достигающего по высоте 20 м и более, не решают системной проблемы, вызывающей разрушение основания берегового откоса, оползневые процессы, обрушение откоса.

Восточнее этого участка, в Лоцманском поселке, аварийному размыву подвержен участок берега, протяженностью около 750 м.

Преобладающие глубины на прилегающей акватории не превышают 0,4–0,8 м.

Данный участок береговой зоны также подвержен разрушающему воздействию волнения, вызванного ве-

трами СЗ, С (отклонение от нормали к берегу составляет  $65^{\circ}$  и  $20^{\circ}$  соответственно), СВ и В румбов.

Конфигурация подводного склона на данном участке такова, что пятиметровая изобата расположена на значительном удалении от берега, на расстоянии 1700–2000 м. Расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, ширина прибойной зоны — около 1100–1200 м.

Усиление штормовой активности ветров западных румбов в последние годы привело к преобладанию волноэнергетических течений, направленных с запада на восток.

Выше отмечалось, что расчетная линия первого обрушения проходит по глубинам около 4,0 м, на значительном удалении от берега, и внешняя граница прибойной зоны расположена на расстоянии до 1100–1200 м от уреза. При таких значительных расстояниях, возможно развитие вторичных, так называемых, местных разгонов.

При расчетном подъеме уровня до +1,76 м глубины на подходе к берегу составят 2,10–2,60 м, и если учесть, что расчетная глубина последнего обрушения составляет для наиболее опасных СЗ направлений  $\sim 1,75$  м, последнее обрушение происходит непосредственно по урезу.

Такая ситуация складывается при прохождении штормового фронта, вызывающего наводнения. И береговая зона, которая по всем признакам характеризуется как отмельный песчаный берег, в данном случае подвержена гидродинамическому воздействию по типу приглубых песчаных берегов.

В данном случае, практически отсутствует прибойная зона, и волны, вплотную подходя к берегу, обрушаются в виде мощного, энергонасыщенного волноприбойного потока. Действие волноприбойного потока ограничивается узкой полосой прибрежной зоны, расположенной около уреза, и интенсивное перемещение наносов происходит практически в приурезовой зоне.

Перенос массы воды происходит за счет энергии разрушающихся волн и осуществляется преимущественно вдоль берега при косом подходе волн З, СЗ СВ, В румбов или в сторону открытой акватории в виде сосредоточенных и распластаных струй при подходе по нормали к берегу волн северного направления.

Компенсационное поступление наносов, т.е. возврат пляжеобразующего материала с подводных банок в районе Лондонской отмели, не происходит, т.к. было

отмечено, что наблюдается затяжной период преобладания ветров З-СЗ-С румбов.

Все это привело к тому, что волногасящая способность пляжа потеряна полностью. Сравнение данных натуральных наблюдений 1990–1991 г.г. и современных показало, что полностью размыт береговой вал, общее отступление берега почти на 25–30 м [3].

## Методы и материалы

В своих трудах многие авторы, учитывая морфодинамические особенности исследованных участков береговой зоны, в последние годы пришли к выводу, что применение одного типа берегозащиты не достаточно. Требуется комплексное применение и системы бун в сочетании с устройством прерывистых волноломов, подсыпки для подпитки на локальных участках берега, и устройство искусственных пляжей как самостоятельных берегозащитных сооружений. [4–9].

Существующие нормы на проектирование берегозащитных сооружений не допускают возможность разрушения берегозащитного сооружения в процессе его эксплуатации, которая закладывается как основная позиция в расчет профиля сооружения или его конструкции. Исключением являются искусственные песчаные пляжи, которые рассматриваются как деформируемые волногасящие сооружения, изменяющие в пространстве и во времени свое сечение / п. 9.1.1/.

Срок службы искусственных свободных песчаных пляжей определяется в соответствии с СП 58.13330.2012, в течение проектного срока службы предусматривается периодическое пополнение объема пляжеобразующего материала. Также нормами проектирования допускается деформация волногасящей бермы в процессе эксплуатации.

Защита берега с помощью волногасящих сооружений в виде каменной наброски допускается только в том случае, когда искусственное образование полнопрофильного пляжа либо технически невозможно, либо экономически нецелесообразно.

Приведенными нормами проектирования регламентируется понятие «профиля относительного динамического равновесия», на основании расчета которого определяется удельный объем отсыпки пляжеобразующего материала на 1 пог.м берега.

Однако создание полного профиля динамического равновесия на достаточном протяжении береговой линии, как например, район Красной горки, подверженный обрушению коренного берегового откоса, или

район Лоцманского поселка, потребуют колоссальных объемов песка для намыва искусственного песчаного пляжа прислоненного типа, способного выполнять роль эффективного волногасящего сооружения.

В Восточной части Финского залива нет таких объемов материала для намыва.

Строительство сооружений Комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнения, создание искусственных территорий «Морского Фасада», причального комплекса на искусственных территориях в Усть-Луге и Бронке существенно опустошили разведанные запасы в подводных карьерах.

Сейчас при решении проблемы защиты берегов стоит задача внедрить такие конструктивные решения, которые обеспечат комплексное решение проблемы защиты берега Финского залива от дальнейшего разрушения, стабилизируют процессы.

Концепция управления природными процессами с целью стабилизировать процессы, происходящие на этом изучаемом участке берега, заключается в том, чтобы не допустить в дальнейшем таких колоссальных разрушений берегового откоса, отступления берега, потери пляжа.

Концепция основана на внедрении конструкций, которые в процессе эксплуатации будут трансформироваться, разрушаться, за счет чего произойдет активное включение естественных процессов саморегулирования в морфодинамической системе.

Три ряда пирамид из сортированного щебня выполняют роль волногасящего барьера (рис. 1). При бытовом волнении — это сооружение является наносодерживающим. Происходит принудительная разгрузка потока наносов, отложение наносов в волновой «тени» этого сооружения, и система пирамид способствует накоплению наносов в зоне пляжа.

При экстремальной штормовой ситуации, подъеме уровня воды в заливе до расчетных значений +1,76 м, данная конструкция работает как затопленный волнолом с волногасящей камерой.

Отличительной особенностью предложенного метода является заранее предусмотренное возможное разрушение этой конструкции из системы пирамид, расположенных в шахматном порядке в три ряда. Произойдет расползание, выколаживание пирамид, а затем, формирование трех подводных валов. Под воздействием волн щебень будет истираться, измельчаться и распределится по подводному откосу.

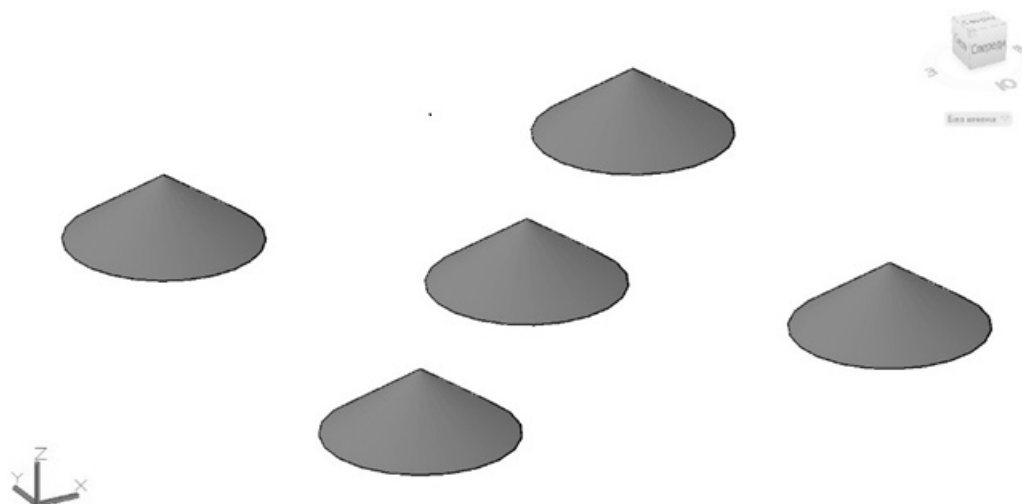


Рис. 1. Общий вид конструкции



Рис. 2. Устройство берегозащитной конструкции для района Лоцманского поселка.

Устройство искусственного подводного барьера из волногасящих пирамид должно производиться со льда, в зимний период, когда толщина льда позволяет выезжать технике на лед. В таком случае удобно контролировать плановую и высотную геометрию сооружения.

## Результаты

Грамотное управление природными процессами дает возможность сократить затраты на восстановительные мероприятия и предотвратить катастрофические разрушения берега, своевременно вносить коррективы в технические решения на локальных участках.

В районе Красной горки такая конструкция позволит принудительно изменить экспозицию береговой линии, которая искусственно сформировалась по бухтовому типу после блокировки потока наносов глухим пирсом рыбоприемного пункта.

В Лоцманском поселке волногасящий барьер необходимо выполнить на удалении около 30 м от существующей линии берега, т.е. по линии уреза по состоянию на начало 80-х годов прошлого века (до начала строительства дамб КЗС, разработки песка на Лондонской отмели) (рис. 2). В качестве берегозащитного и берегоукрепительного сооружения рассматривается песчаный пляж существующего профиля, в основании которого сооружается это продольное волногасящее и наносодерживающее сооружение прерывистого типа.

Подпитку непосредственно самого пляжа можно выполнить отсыпкой песка с берега, без формирования откосов определенного заложения, в виде концентрированных отвалов на берегу, либо осуществлять переброс песка из входящего угла причальных сооружений, так называемый «байпасинг», создание концентрированных отвалов на подводном откосе в зоне действия прибойного потока при бытовой штормовой ситуации, т.е. на расстоянии менее 300 м от существующей линии берега.

Комплекс мероприятий в Лоцманском поселке позволит защитить дома, за годы существования, оказавшиеся слишком близко к воде, при значительно меньших затратах на берегозащитные сооружения в сравнении и железобетонными конструкциями и созданием песчаного пляжа полного профиля.

### Обсуждение

Чаще всего для защиты от возможного разрушения береговой зоны используют берегозащитные сооружения, а также намыв пляжеобразующего материала. Опыт «работы» волноотбойных стен, защитных дамб, каменно-набросных берм или подводных волноломов, бетонных бун, показал, что после определенного периода эксплуатации, либо после прохождения экстремальных штормов, требуются большие затраты для их ремонта или демонтажа.

В Кнокке-Хейсте для восстановления пляжа было намито 8,4 млн. м<sup>3</sup> песка на участке протяженностью 22 км. [10], для защиты польского побережья Балтийского моря, был укреплен участок береговой зоны, протяженностью 8165 м буновыми заграждениями и волноломами. [11], а на береговой зоне района North Norfolk (Великобритания) было размещено 1,5 млн. м<sup>3</sup> песка для защиты участка в 68 км., все эти мероприятия несут за собой существенные затраты.

Помимо колоссальных затрат на восстановление, искусственное образование полнопрофильного пляжа для района Красной горки или Лоцманского поселка, работы потребуют использование больших объемов песка для намыва искусственного песчаного пляжа прислоненного типа, способного выполнять роль эффективного волногасящего сооружения, которых в восточной части Финского залива нет.

Предлагаемый метод исключает проблему дальнейшего ремонта или демонтажа сооружений, так как дан-

ное сооружение изначально заложено как саморазрушающееся в процессе эксплуатации, а также проблему финансирования и наличия необходимого количества песка для намыва полнопрофильного пляжа, так как концепция основана на принудительной разгрузке имеющегося вдольберегового потока наносов.

### Заключение

Определяющими факторами при выборе методов берегозащиты являются, экономические.

В мировой практике берегозащиты много примеров, когда, стремясь устранить последствия деятельности человека, возводили новые гидротехнические сооружения (берегоукрепительные и волногасящие стены, декоративные подпорные стены для образования территории, оградительные молы для защиты пляжей), что приводило к дополнительному негативному воздействию, абразии и истощению пляжей.

Грамотное управление природными процессами дает возможность сократить затраты на восстановительные мероприятия и предотвратить катастрофические разрушения берега, и, что особенно важно, своевременно вносить коррективы в технические решения на локальных участках.

Предложенная схема защиты берега, основанная на природных аналогах, принципах действия природных процессов самовосстановления, позволит естественным путем восстановить аварийные участки берега за счет перераспределения пляжеобразующего материала.

Внедрение такого метода берегозащиты дает возможность комплексно решить проблему, остановить дальнейшее разрушение берегов на аварийных участках, и (по примеру пляжа в Нарва-Йыэсуу, Эстония [12]) стабилизировать процессы на смежных участках береговой зоны в течение первых пяти лет.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Д.М. Проблемы морфодинамики и рационального использования береговой зоны. Диссертация доктора географических наук.: Санкт-Петербург, 1995 г., 287 с
2. Белов Д.М., Дорошенко Н.И. Основы методики управления морфодинамикой береговой зоны //Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2015. — № . 6 (34).
3. Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Орвику К.К., Сухачева Л.Л., Нестерова Е.Н., Жамойда В.А. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов // Региональная геология и металлогения. 2010. № 41. С. 107–118.
4. Афанасьев В.В. Проблемы берегопользования дальневосточных морей (на примере о. Сахалин и сопредельных территорий) //Вестник науки и образования. — 2016. — № . 6. — С. 125–132.
5. Шуйский Ю.Д. Об эффективности защиты от разрушения Одесского берега Черного моря. — 2017.
6. Басс О.В. Современная концепция берегозащиты и проблемы гидротехнического строительства на морских берегах Калининградской области //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. — 2015. — № . 1.

7. Ткачев А.А., Бегахмедов З.А., Аржанова А.И. Особенности использования габионных конструкций при проведении берегоукрепительных работ в водохранилищах // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы. — 2018. — С. 44–49.
8. Kantardgi I.G., Kuznetsov K.I. Field measurement of waves for defining loads on marine hydraulic structures // Inzenerno-Stroitel'nyj Zhurnal. — 2014. — № 4. — С. 49.
9. Иваненко Т.А., Ветрова Н.М. Технические решения берегозащитных сооружений для улучшения экологического состояния прибрежных рекреационных зон // Строительство и техногенная безопасность. — 2014. — № 49. — С. 108–116.
10. Roovers P.P., Kerchaert P. Etc. Beach protection as a part of the harbor extension at Zeebrugge, Belgium // 25 th Int. Navigation Congress. Edinburg. 1981. Sec.11. Sub. 5. P. 755–769
11. Pruszek Z. Polish coast — two cases of human impact // Baltica. 2004. V. 17. № 1. S. 34–40.
12. Тарасенко О.А. Природоохранные аспекты использования береговых зон в рекреационных целях (Нарвский залив Балтийского моря): автореферат дис. кандидата географических наук, Ленинград, 1994. — 16 с.

© Дорошенко Надежда Ивановна ( 132620@mail.ru ),

Белов Даниил Михайлович, Тарасенко Ольга Александровна ( olt\_prts@inbox.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова