

**ЗАЩИТА  
БЕРЕГОВ ЛИМАНОВ, ЗАЛИВОВ И ОЗЕР ОТ РАЗРУШЕНИЙ****С.И. Рогачко**

д.т.н., профессор кафедры «Морские и речные порты, водные пути  
и их техническая эксплуатация»  
rostasice@ukr.net

*Одесский национальный морской университет, Украина*

**Аннотация.** Берега лиманов, заливов и больших озер подвергаются силовому воздействию ветровых волн и дрейфующих ледяных образований. Интенсивность этих разрушений зависит от многих природных факторов. Особую опасность это неблагоприятное явление представляет для населенных пунктов, которые исторически основывались в непосредственной близости от уреза воды, а также для памятников архитектуры, построенных в стародавние времена. Такая проблема существует во многих странах мира. Решается она возведением различных типов берегозащитных сооружений, которые должны успешно противостоять силовому воздействию водной среды на берега. В статье представлено инновационное техническое решение активной защиты таких побережий, отличающееся простотой возведения, невысокой стоимостью, максимальной эффективностью и долговечностью. Данный способ защищен патентом Украины.

**Ключевые слова:** берегозащитные гидротехнические сооружения; ветровые волны; дрейфующие ледяные образования; буна.

**ЗАХИСТ  
БЕРЕГІВ ЛИМАНІВ, ЗАТОК ТА ОЗЕР ВІД РУЙНУВАНЬ****С.І. Рогачко**

д.т.н., професор кафедри «Морські і річкові порти, водні шляхи  
та їх технічна експлуатація»  
rostasice@ukr.net

*Одеський національний морський університет, Україна*

**Анотація.** Береги лиманів, заток та великих по площі озер страждають від силових впливів вітрових хвиль та дрейфуючих льодових утворень. Інтенсивність їх руйнувань залежить від багатьох природних факторів. Особливу небезпеку це несприятливе явище має для різних поселень, котрі знаходяться на їх берегах, а також для пам'яток архітектури, побудованих в стародавні часи. Така проблема існує в багатьох країнах світу. Вирішується вона будівництвом різноманітних типів берегозахисних споруд, котрі повинні успішно протистояти силовому впливу водного середовища на береги.

*В статті наведено інноваційне технічне рішення активного захисту таких берегів, котре відрізняється простотою, не високою вартістю, максимальною ефективністю та довговічністю. Цей спосіб захищений патентом України.*

**Ключові слова:** берегозахисні гідротехнічні споруди, вітрові хвилі, дрейфуючі льодові утворення, буна.

УДК 627.51

## THE PROTEKTION OF ESTUARIES, BAYS, LAKES SHORES FROM DESTRUCTIONS

**Stanislav I. Rogachko**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
of the Department «Seas and river ports, waterways and their technical exploitation»  
*rostasice@ukr.net*

*Odessa National Maritime University, Ukraine*

**Abstract.** *The shores of estuaries, bays and large lakes are exposed to the power of wind waves and drifting ice formations. The intensity of their destruction depends on many natural factors. This unfavorable phenomenon is especially dangerous for settlements that historically were founded in close proximity to the water's edge, as well as for monuments of architecture built in ancient times. Such a problem exists in many countries of the world, it is solved by the erection of various types of coast protection structures that must successfully resist the force of the aquatic environment on the coast. Known methods of protecting the long coasts of the seas from destruction by storm waves and drifting ice formations by active and passive protection structures seem unreasonably expensive in cases of their use in estuaries, bays, lakes and reservoirs. The article presents an innovative technical solution to the active protection of such coasts, characterized by simple construction, low cost, maximum efficiency and durability. This method is protected by the patent of Ukraine.*

**Keywords:** *protection coast constructions, wind wave, drifting ice formations, buna.*

**Вступлення.** Во многих странах мира, в том числе и в Украине, одной из актуальных технических проблем является интенсивное разрушение берегов рек, озер, водохранилищ, лиманов, заливов и морей ветровыми волнами и дрейфующими ледовыми образованиями (ровными ледяными полями, одиночными торосами и полями торошения). Особую опасность оно представляет для населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от уреза воды. За последнее столетие во многих из них с лица земли исчезли целые улицы вместе с приусадебными участками, домами и другими постройками.

---

В качестве примера можно привести села и города, расположенные на берегах Днестровского и других лиманов. В настоящее время к памятнику архитектуры, Белгород-Днестровской крепости, линия уреза лимана приблизилась вплотную. Обрушение внешней стены по этим же причинам произошло еще в восьмидесятых годах позапрошлого столетия.

Известные методы защиты протяженных побережий морей от разрушений штормовыми волнами и дрейфующими ледовыми образованиями, сооружениями активной и пассивной защиты, представляются неоправданно дорогими в случаях их использования на лиманах, заливах, озерах и водохранилищах.

**Анализ основных достижений и литературных источников.** В мировой инженерной практике защиты морских берегов от силового воздействия ветровых волн и дрейфующих ледовых образований применяются сооружения активной и пассивной защиты [1; 2]. К первым из них относятся буны и подводные волноломы в межбунном пространстве. Основным преимуществом этого метода защиты является сохранение пляжей при одновременном увеличении их ширины. Такой метод был применен в городской черте Одессы. В результате было остановлено наступление моря на тех участках, где были возведены такие сооружения. Опыт эксплуатации этих сооружений показывает, что подводные волноломы можно было не строить по причине их неэффективного гашения волновой энергии. При этом головы бун необходимо было вывести на глубину воды 4÷5 м. Кроме этого наличие подводных волноломов в системе активной защиты приводит к ухудшению водообмена в межбунном пространстве и море, что особенно нежелательно в летние месяцы. Стоимость сооружений активного типа возрастает с увеличением глубины воды, а производство работ при их возведении зависит от погодных условий.

Сооружения пассивной защиты, возведенные во второй половине прошлого века в Одессе, в настоящее время находятся в аварийном состоянии [3] (см. фото на рис. 1).

Причина их преждевременного разрушения заключается в несовершенстве конструкции и в низком качестве производства гидротехнических работ. Низкое качество работ явно обусловлено недостаточным авторским и техническим надзорами в процессе строительства. Сооружения пассивного типа возводятся в зоне переменного уровня лишь в тех случаях, когда необходимо сохранить от разрушений промышленные и гражданские объекты, построенные в непосредственной близости от уреза воды. К сожалению, сооружения пассивной защиты полностью исключают наличие пляжей. Это является их основным недостатком. Тем не менее, в последнее время разработаны новые типы конструкций берегозащитных сооружений пассивного типа, которые могут успешно противостоять силовому воздействию и ветровых волн и дрейфующих ледовых образований [4; 5; 6; 7; 8; 9]. Их внедрение требует проведение предварительных экспериментальных исследований в лабораторных условиях.



*Рис. 1. Современное техническое состояние берегозащитных сооружений пассивного типа в черте г. Одессы*

Применение мысовых форм, которые построены в настоящее время за пределами города представляется неэффективным по причине неоправданных капиталовложений, вызванных несовершенством конструкции, в которой совместно использованы и железобетонные щелевые плиты на подводных откосах и наброска из рваного камня. При этом почти в два раза сокращается длина вдольберегового пляжа, а купание вдоль каменной наброски представляет вполне определенную опасность даже при слабом волнении (см. фото на рис. 2; 3).



*Рис. 2. Сооружение мысовой формы (Чабанка)*



*Рис. 3. Надводная часть берегозащитного сооружения (Чабанка)*

Поставленная цель была достигнута благодаря анализу: технического состояния построенных берегозащитных сооружений; результатов обследования современного состояния побережья Днестровского лимана в ряде населенных пунктов на его берегах; современных конструкций берегозащитных сооружений и разработкой простейшего способа защиты берегов с использованием местных строительных материалов.

**Материалы исследований.** Приурезные зоны мелководных берегов лиманов, заливов, озер и водохранилищ в нашей стране интенсивно зарастают водной растительностью, которая эффективно гасит энергию ветровых волн в штормовые периоды. В суровые зимы редкой повторяемости на таких водоемах формируются либо пассивные припаи, либо сплошной устойчивый ледяной покров, в который вмержается водная растительность, пересекающая свободную поверхность воды. В процессе подъема уровня воды, вызываемого различными причинами, ледяной покров вместе с корневой системой вырывают водную растительность, пересекающую свободную поверхность воды.

В результате берега таких водоемов лишаются водной растительности, которая способна интенсивно гасить энергию ветровых волн. По этой причине ветровые волны даже небольшой интенсивности воздействуют беспрепятственно непосредственно на береговые склоны, разрушая их основание. Ветровая и ливневая эрозии, а также полив огородов способствуют разрушению надводных частей береговых склонов (см. рис. 4).



*Рис. 4. Состояние берегового склона в черте Шабо*

Некоторые местные жители пытаются остановить наступление вод лимана на береговые склоны дорогостоящим и неэффективным способом, представленным на фото рис. 5.



*Рис. 5. Локальное укрепление берегового склона в Шабо*

---

Такой метод защиты не является эффективным и не решает существующей проблемы защиты берегов лимана особенно у населенных пунктов. Следует особо отметить, что дно лимана, в частности у села Шабо сложено из мелкозернистых песков, которые могут быть использованы в качестве местных строительных материалов.

**Результаты исследований.** Анализ типов защиты побережий от разрушения ветровыми волнами и дрейфующими ледовыми образованиями, результатов обследования берегов и технического состояния построенных берегозащитных сооружений позволил разработать простой и эффективный способ, который не может быть применен в условиях моря.

Таким образом, была поставлена и решена задача по созданию способа защиты берегов лиманов и заливов от разрушения ветровыми волнами и дрейфующими ледяными полями. В данном способе вдоль побережья создаются системы бун непосредственно из донных грунтов путем их механизированной выемки из двух продольных прорезей. Ориентированные перпендикулярно берегу буны с пологими откосами будут препятствовать дрейфу ровных ледяных полей в межбунном пространстве, а соответственно и их разрушительному воздействию на берега.

Буны можно создавать из донных грунтов, путем их механизированной выемки из двух прорезей. Угол заложения откосов бун будет равен углу внутреннего трения донных водонасыщенных грунтов. Головы бун необходимо укреплять каменными набросками. Корневые части бун не примыкают непосредственно к берегу. Расстояние между бунами  $L$  можно назначать максимальной длины. С учетом топографии дна, оно может приниматься равным от 400 до 600 и более метров.

Реализацию данного способа можно осуществить следующим образом (см. рис. 6 и рис. 7).

После геодезической разбивки и закрепления на местности створов продольных осей систем бун и прорезей примерно под углом  $90^{\circ}$  к береговой линии, на защищаемом участке побережья, приступают к устройству прорезей 1 в естественном дне 2 водоема. Извлеченные объемы грунта используют для формирования тел бун 3, надводная часть которых пересекает расчетный уровень воды 4. При этом во избежание застоя воды в межбунном пространстве, корневые части бун располагают на глубине 1 м от расчетного уровня воды 4. Таким образом, между линией уреза воды 5 и корневой оконечностью бун 3 образуют разрывы, способствующие естественному водообмену, в процессе колебаний уровня воды под воздействием сгонно-нагонных явлений. По мере увеличения глубины воды по длине бун, увеличивают глубину дна прорезей 6 так, чтобы объема извлекаемого грунта с учетом его угла внутреннего трения было достаточно для формирования тел бун. Головы бун, в зависимости от уклона дна, располагают на глубинах воды от 2 до 2,5 м, а надводные их части возвышают над расчетным уровнем воды 3 не более, чем на 1 м. Ширина бун поверху может колебаться от 1,5 до 2 м.

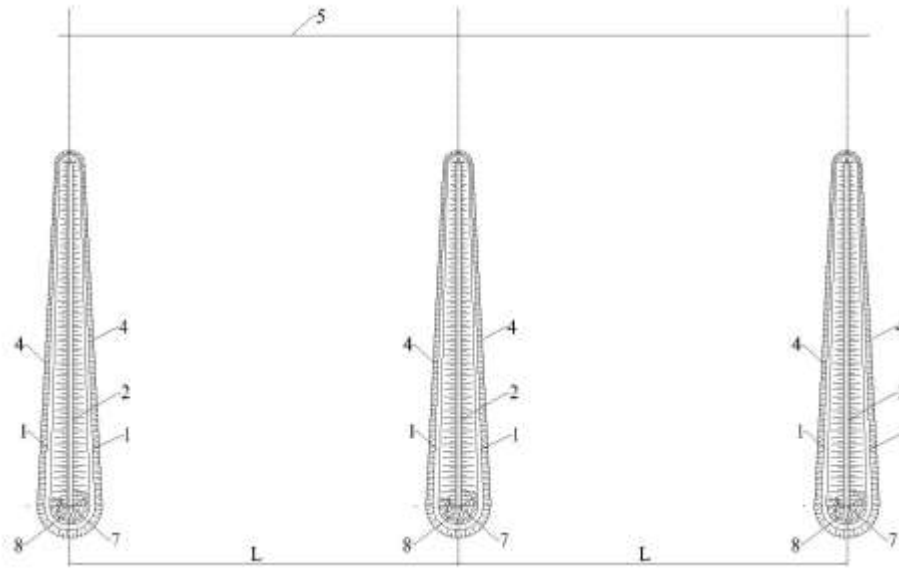


Рис. 6. Плановое расположение бун вдоль береговой линии:  
1 – прорези; 2 – естественное дно водоема; 3 – тело буны;  
4 – расчетный уровень воды; 5 – урез воды; 6 – дно прорези;  
7 – головы бун; 8 – откосы голов бун

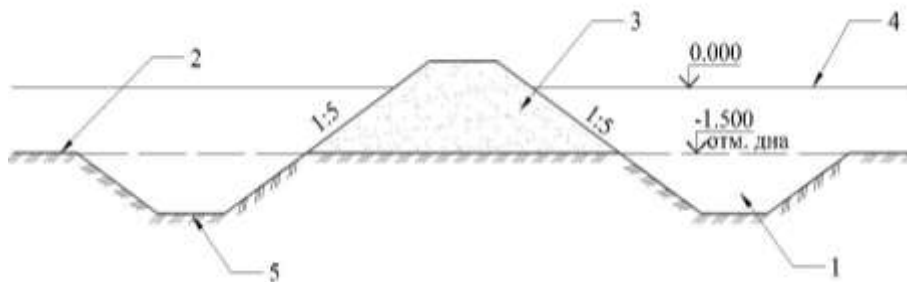


Рис. 7. Поперечный разрез буны:  
1 – прорези; 2 – естественное дно водоема; 3 – тело буны;  
4 – расчетный уровень воды; 5 – дно прорези

После возведения бун 2 откосы их голов 7 укрепляют защитным слоем каменной наброски 8 с контрфильтром. Крупность камня определяют расчетным путем, в соответствии с рекомендациями норм, в зависимости от расчетных параметров волн в системе расчетного шторма повторяемостью один раз в 50 лет [10].



После завершения строительства бун в пространстве между ними в зимние периоды года при отрицательных температурах воздуха будет формироваться ледяной покров, который под воздействием ветров и течений не сможет дрейфовать из-за наличия бун. Тем самым будет исключено прямое силовое воздействие ровных ледяных полей непосредственно на защищаемые берега, а также на водную растительность, которая в безледные периоды года будет гасить энергию штормовых волн, препятствуя разрушению защищаемых берегов. Сформировавшаяся в межбунном пространстве растительность и наличие прорезей будут способствовать воспроизводству различных пород рыб и водоплавающих птиц.

### Выводы

1. Разработанный таким образом способ защиты побережий мелководных водоемов, к которым относятся заливы, лиманы, озера и равнинные водохранилища препятствует вдольбереговому дрейфу ровных ледяных полей, а соответственно исключает их разрушающее воздействие на берега.

2. Водная растительность в межбунном пространстве будет сохраняться и в зимние периоды года.

3. В безледные периоды года наличие водной растительности в межбунных пространствах будет способствовать полному гашению энергии волн и, тем самым, исключит их силовое воздействие на защищаемые берега.

4. Наличие водной растительности будет способствовать увеличению популяции водоплавающих птиц.

5. Донные прорези, образованные в процессе возведения системы бун будут способствовать размножению различных видов рыб.

6. Данный метод защиты побережий мелководных водоемов представляется относительно недорогим и быстро возводимым, поскольку для его реализации используется донный грунт в качестве местного строительного материала.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Смирнов Г.Н., Горюнов Б.Ф., Курлович Е.В. и др. *Порты и портовые сооружения*. – М.: Стройиздат, 1993.
2. Смирнова Т.Г., Правдивец Ю.П., Смирнов Г.Н. *Берегозащитные сооружения*. – М.: Изд-во «Ассоциация строительных вузов», 2002.
3. Рогачко С.И., Бааджи В.Г. *Особенности проектирования морских берегозащитных сооружений // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник*. – Вип. 83. – Кн. 2. – К.: ДП НДІБК, 2016. – С. 282-287.

4. *Рогачко С.И. Берегозащитное сооружение. Авторское свидетельство № 776109 от 07.07.1980 // Бюллетень № 40 «Открытия, изобретения и товарные знаки». – М., 1980.*
5. *Рогачко С.И., Анисимов К.И., Сеница Р.В. Универсальна захисна споруда: Патент на корисну модель № 42602. – К., 2009.*
6. *Рогачко С.И., Анисимов К.И., Сеница Р.В. Универсальна берегозахисна споруда: Патент на винахід № 92099. – К., 2010.*
7. *Рогачко С.И., Бааджи В.Г. Берегозахисна споруда: Патент на корисну модель № 50150. – К., 2010.*
8. *Рогачко С.И., Бааджи В.Г. Берегозахисна споруда: Патент на винахід № 98645. – К., 2012.*
9. *Рогачко С.И., Новодворский Д. Спосіб захисту берегів лиманів та заток від руйнування хвилями і дрейфуючими крижаними полями: Патент на корисну модель № 109349. – К., 2016.*
10. *СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М.: Стройиздат, 1995.*

*Стаття надійшла до редакції 20.04.2018 р.*