

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУСТОТЕЛЫХ СФЕРИЧЕСКИХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ (РИФБОЛ) И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Мишутин А.В. *д.т.н., проф.*, Пищева Т.И. *к.т.н., доц.*,
Пищев О.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Проблема, столетиями преследующая прибрежные города и Одессу в частности – это интенсивные абразионные процессы береговой зоны на морском побережье, приводящие к огромным материальным и социальным отрицательным последствиям. Образование оползней объясняется постоянным воздействием морских и подземных вод. Породы береговых склонов увлажняются и подмываются, ослабляя весь массив грунта, который в результате начинает уходить в море.



Рис. 1 Оползень на Ланжероне в г. Одессе (1918 г.)



Рис.2 Оползень на Малом Фонтане в г. Одессе (начало прошлого века)

В связи с сильными оползневыми процессами на побережье в г. Одессе от Ланжерона до 16-й станции Большого Фонтана в 60-е годы XX века была разработана и возведена система берегоукрепления. Она включала в себя: водопонижающие скважины, подключенные к дренажной системе, террасирование и уполоаживание склонов, их озеленение и организованный отвод дождевых вод, устройство из бетонных массивов волнорезов, уходящих в море на 80-120м и подводных волноломов установленных параллельно береговой кромке. Это позволило произвести отсыпку песчаных пляжей. Комплекс проведенных мероприятий защитил приморскую часть г. Одессы. Как результат более

чем за 50 лет, с 1963 года и по сегодняшний день, не было ни одного серьезного оползня на укрепленных участках.

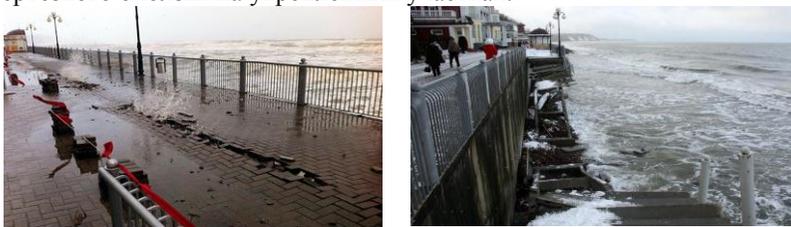


Рис.3,4 Шторм на Балтике в Светлогорске Калининградской области 13-15 января 2012 г., разрушение набережной



Рис. 5,6 Шторм на Черном море в г. Алушта, Крым, разрушение набережной

Показанные на рис.№1-6 разрушения вызывают необходимость в организации и проведении постоянных и эффективных берегозащитных и природоохранных мероприятий, которые должны осуществляться на современном уровне и соответствовать требованиям социально-экономических обоснований инженерных решений и оценке их воздействия на окружающую среду.

Комплекс берегозащитных мероприятий включает в себя:

- уположивание прибрежных склонов, их террасирование;
- комплексное водопонижение включающее в себя устройство дренажных систем и организованное водоотведение дренажных и дождевых вод;
- непосредственная защита береговой пляжной зоны от разрушения.

Анализ и обобщение достижений науки и техники в области гидротехники, океанологии, гидро- и литодинамики, а также накопленного положительного опыта по проектированию и реализации берегозащитных мероприятий действующих в нашей стране и за рубежом нормативных и методических документов по берегозащите, позволяет сделать вывод, что одно из главных требований к применяемым конструкциям это максимальная адаптация материалов из которых выполнены конструкции к среде последующего применения. Основные требования

к конструкциям это: 1) долговечность; 2) возможность безвредной интеграции в окружающую среду биоценоза; 3) экономическая обоснованность; 4) простота изготовления и монтажа.

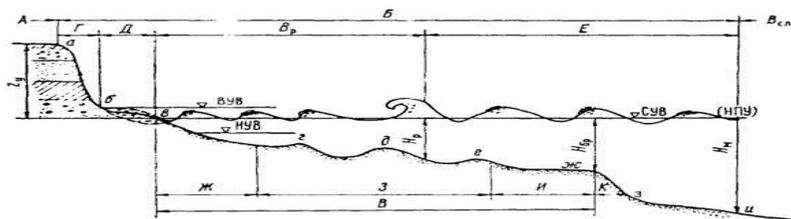


Рис. 7 Основные элементы береговой зоны [7]

А- надводный берег; Б- береговая зона; В- глубоководная (открытая) часть водоема; Г- абразионный склон (уступ) берега; Д- пляж; В_р - зона разрушения волн; Е- зона (забурунивания волн) прибрежного мелководья; Ж- приурезовая часть береговой отмели; З - центральная часть береговой отмели; И - внешняя часть береговой отмели; К - внешний склон береговой отмели; В - береговая отмель (без учета ее внешнего склона): а- бровка склона (уступа) берега; б- основание склона (уступа) берега; в- урез при нормальном подпорном (НПУ) или среднем многолетнем (СУВ) уровне; г, д, е- гребни подводных валов; ж- бровка береговой отмели; з- основание внешней границы мелководья; и- внешняя граница мелководья; и- внешняя граница зоны прибрежного мелководья; z- высота абразионного склона (уступа) берега; $H_p=1,5h$ - глубина, с которой начинается разрушение гребней волны, высотой h; $H_{ор}$ - глубина на бровке береговой отмели; $H_m=0,5$ - глубина на внешней границе зоны прибрежного мелководья; НУВ- низший уровень воды.

С конца XIX века и по настоящее время для защиты от разрушения береговой части используются:

- постоянные волноломы (мощные ГТС);
- волноотводы, молы и.т.д.;
- ж/б и металлические, причальные сооружения.

Форма и размеры применяемых конструкций зависит от влияния размеров и формы волн, угла атаки и повторяемости.

На рис. №8 представлены некоторые из применяемых конструкций в гидротехнических берегозащитных сооружениях.

Подобные конструкции достаточно эффективно препятствуют размыву береговой зоны, однако присутствуют определенные минусы: а) относительно быстрое разрушение в связи с установкой их в зонах максимальных волновых нагрузок, температурных и влажностных перепадов; б) использование высоких классов гидротехнического бетона; в) доставка и монтаж конструкций требует достаточно серьезной техники; г) невозможность использования защищенной территории конструкциями, показанными на рис.№8 как зоны отдыха.

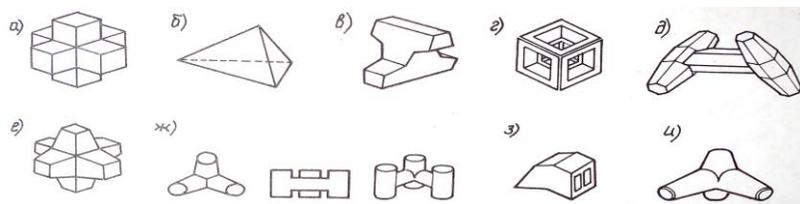


Рис. 8 Применяемые конструкции в гидротехнических берегозащитных сооружениях: а) гексалег, б) тетраэд, в) экмон, г) коб, д) долос, е) гексапод, ж) трибар, з) свиблок, и) тетрапод [3,5]

В зарубежной практике на протяжении последних 15 лет наблюдается применение сферических пустотелых бетонных конструкций «искусственных рифов» для защиты от размыва пляжных зон, восстановления разрушенных коралловых поселений, создания благоприятных зон для восстановления моллюсков, ракообразных и рыбных популяций.

Берегозащитный эффект подобными бетонными конструкциями достигается за счет создания на удалении от берега проницаемой продольной структуры, над которой происходит обрушение волны и гашение ее разрушающей энергии благодаря уменьшению глубины до критического уровня.

Главная идея берегозащитного искусственного рифа – создание на пути штормовых волн удаленного от берега участка дна с небольшой глубиной для обрушения волн.

Таким образом, линия обрушения волн отодвигается от береговой кромки на 50-100 метров в сторону моря, это создает благоприятные условия для накопления пляжеобразующего материала за счет замедления скорости его вдольберегового переноса.



Рис. 9 Формы искусственных рифов [1,2]

При использовании подобного метода защиты устраняются или смягчаются сразу несколько факторов негативного воздействия на устанавливаемые конструкции:

- а) конструкция работает только в одной среде (под водой);

- б) устраняется эффект замораживание – оттаивание;
- в) годовые температурные колебания уменьшаются до 20⁰-25⁰С;
- г) минимизируются ударные воздействия волн; д) дополнительная защита конструкций за счет обрастания моллюсками.

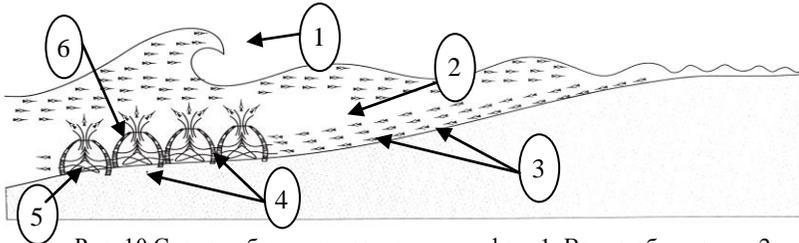


Рис. 10 Схема работы искусственных рифов: 1. Волна обрушения. 2. Направление движения водного потока. 3. Водяной поток увлекающий за собой пляжеобразующий материал. 4. Установленные конструкции, задерживающие уносимый течением пляжеобразующий материал. 5. Замедленный водной поток позволяющий частицам песка осесть на дно. 6. Перенаправление потока пляжеобразующего материала обратно к берегу

На иллюстрациях рис. №11, №12 показано увеличение ширины пляжей Иберостар - Гран Доминикус. Февраль 1999 (слева) и апрель 2001 (справа), до и после установки берегозащитных искусственных рифов Reef Ball.



Рис. 11 Курорты «Гран Доминикус», «Иберостар» [1,2]



Рис. 12 Курорты «Гран Доминикус», «Иберостар» [1,2]

Берегозащита с помощью подводных волноломов полых внутри увеличивает подводное биоразнообразие, активизирует биологическую фильтрацию воды, исключаются зоны застоя и гниения, создаются рыбные места для рыбалки и подводной охоты. Полезная для обраста-

ния площадь поверхности в несколько раз больше, чем у природных материалов (камней) той же массы (или того же объема), уже через 2-3 года искусственные рифы полностью обрастают и выглядят как натуральные рифы.

Для создания методики расчета большое значение имеет глубина и величина волны для защиты берега и сохранения пляжной зоны (рис.№7 – большая глубина и обрывистый берег; рис.№10 – небольшие глубины и уположенный берег).

Существующие плавучие и стационарные гидротехнические ж/б конструкции и сооружения в г. Одессе (волноломы, доки, причалы) показали свою хорошую приспособленность к местным условиям для создания экологических зон, в процессе эксплуатации обрастают водорослями и моллюсками без ухудшения физико-механических характеристик бетона. Таким образом, наглядно показана интеграция искусственных конструкций в окружающую среду биоценоза.



Рис.13 Устричные плантации, поднятый со дна «рифбол» (Франция)[1,2]



Рис.14 Устричные плантации новый и поднятый со дна «рифболы» (Франция) [1,2]



Рис.15 Заросшие искусственные рифы (Юго-восточная Флорида) [1,2]



Рис.16 Заросшие искусственные рифы (Черное море, Одесса)

Искусственные рифы активно используются практически во всех прибрежных штатах США: штат Аляска – установка искусственных рифов по маршруту миграции крабов, как следствие значительное увеличение популяции крабов; штат Алабама – защита береговой зоны от размыва пляжа «graphicjrg». Искусственные рифы активно использу-

ются в 59 странах мира: в западной Австралии, Бельгии, Голандии, на островах Сан-Сальвадор восточные Багамы, в Доминиканской республике, в Германии, Мексике, Индонезии, Малайзии, в Индии, Италии, Израиле.

Рассмотрим современные требования, предъявляемые к подводным гидротехническим конструкциям: а) стойкость к морской среде, б) долговечность, в) невозможность применения компонентов вредных для окружающей среды, г) экономическая привлекательность при изготовлении, транспортировке и установке.

Состав морской воды и суммарное содержание солености морей и океанов сильно варьируется в зависимости от широты и геологических условий.

Основные компоненты представлены в таблицах №1 и №2:

Табл. №1

| Состав морской воды | | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------|-------------|
| № | Наименование | Хим. элемент | % отношение |
| 1 | поваренная соль | NaCl | 77,8% |
| 2 | хлористый магний | MgCl ₂ | 10,9% |
| 3 | сернокислый магний (англ. Соль) | MgSO ₄ | 4,7% |
| 4 | кальций | Ca | 3,6% |
| 5 | соединения азота | N | 0,2% |
| 6 | соединения органических веществ | | 0,2% |

Табл. №2

| Суммарное содержание солености морей и океанов | | |
|--|---------------------|-------------------------------------|
| № | Наименование | гр. солей в 1 кг воды |
| 1 | Балтийское море | 6-11 |
| 2 | Средиземное море | 36-39,5 |
| 3 | Красное море | 38-42 |
| 4 | Мировой океан | 35 |
| 5 | Атлантический океан | 34-37 |
| 6 | Мертвое море | 260-310 |
| 7 | Черное море | у дна 22-22,5; на поверхности 17-18 |

По этой причине при изготовлении бетонных конструкций предназначенных для эксплуатации в морской среде используются цементы, заполнители, модифицирующие добавки, устраняющие негативное воздействие на бетон растворенных в воде сульфатов. К этому добавилось еще одно важное условие: применяемые материалы не должны

угнетать морские организмы, а наоборот должны способствовать их размножению.

Заклучение

Предварительные эксперименты и обзор технической литературы показали, что только портландцементы с относительно низким содержанием трехкальциевого алюмината $3\text{CaAS}(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2)$ (до 5%) обладают большой коррозионной стойкостью и рекомендованы для бетонных гидротехнических подводных сооружений, эксплуатируемых в морской среде.

Summary

Monitoring of international experience was conducted to determine the feasibility of construction of the "Rifbol" to protect the coast from processes exposed wave loads.

Литература

1. Проект стабилизации берега искусственными рифами на Великих Каймановых островах гостиница «Marriott» выполненный performed by Lee E. Harris, Ph.D., P.E. Consulting Coastal Engineer Assoc. Professor of Ocean Engineering Florida Institute of Technology Melbourne, Florida 32901 USA July 2002. – 11с.
2. 6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Colombo, Sri Lanka, 2003. Design of low-crested (submerged) structures – an overview – Krystian W. Pilarczyk, Rijkswaterstaat, Road and Hydraulic Engineering Division, P.O. Box 5044, 2600 GA Delft, the Netherlands; – 19с.
3. ДБН Д.2.2-37-99. Сборник 37 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»
4. ДБН В.2.4-3:2010. «Гідротехнічні споруди. Основні положення»
5. СП 32-103-97 «Проектирование морских берегозащитных сооружений. Свод правил» п.7.8 – 7.12

6. Гидротехнические и дорожные бетоны: учебное пособие / [Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Дорофеев В.С., Мишутин А.В.] – Одесса: Эвен, 2012. – 214 с.: граф.

7. ВСН. 163-83 Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов, магистральных трубопроводов, нефтегазопроводов. [прилож. 17 рис.43]

8. Дорофеев В.С. Повышение долговечности конструкций тонкостенных гидротехнических и транспортных сооружений / В.С.Дорофеев, А.В. Мишутин // Вісник ОДАБА. Вип. 46 - Одеса Зовнішнєрекламсервіс, 2012. – с. 118-122.

9. Мишутин А.В. Повышение долговечности бетонов морских железобетонных плавучих и стационарных сооружений. / А.В.Мишутин, Н.В.Мишутин. – Одесса: Эвен, 2011 – 292с.: ил.

10. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты / [В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев] – М.: Стройиздат – 1980 – 536 с.

11. Мишутин А.В., Кровяков С.А., Пищева Т.И., Техническое заключение «Возможность использования пустотелых Ж/Б пирамидальных конструкций и их влияние на экологическое состояние морского побережья на участке акватории «Аркадия». ОГАСА, 2011. – 29 с.

12. Пищева Т.И. Реологические и физико-механические свойства модифицированных бетонов / Пищева Т.И., Попов О.А., Огарков Б.Л., Лапина О.И. // Збірник наукових праць Українського державного університету водного господарства та природокористування. – Рівне, 2003.с. 84 – 89.