

Экологическая оценка морских внешних оградительных сооружений



Николаевский М. Ю.
к.т.н., генеральный директор ООО «Морстройтехнология»



Горгуца Р. Ю.
к.т.н., главный инженер проекта ООО «Морстройтехнология»



Субботин М. В.
аспирант СПбГУВК, инженер ООО «Морстройтехнология»

Прибрежная часть морей является важным элементом среды обитания морских организмов, это самый продуктивный район моря. В связи с общим увеличением антропогенной нагрузки на шельфовые экосистемы Черного моря в районах портовых акваторий и прилегающих к ним участков все чаще происходят процессы загрязнения и, как следствие, эвтрофирование, то есть ухудшение качества воды, нарушение кислородного режима, исчезновение ценных пород рыб, ухудшение условий рекреации, судоходства.

Сохранение природной среды при строительстве портов обеспечивается соблюдением установленных требований по минимизации антропогенного воздействия на водный объект с учетом функционального влияния сооружения на изменение состояния водной среды как места обитания водных организмов, в том числе объектов промысла (рыбы). Из всех портовых ГТС оградительные сооружения оказывают наиболее существенное влияние на изменение окружающей среды при образовании новой природно-технической системы. Выбор типа внешних оградительных сооружений должен выполняться не только по их функциональному назначению (защите акватории от волнения) и стоимости, но в существенной мере исходя из экологичности сооружений, определенной на основании оценки вреда (в натуральном выражении), который может быть причинен водным биологическим ресурсам при строительстве и последующей эксплуатации объекта. Поэтому уже на этапе проектирования обоснование принимаемых конструктивных решений необходимо выполнять с учетом их влияния на водные экосистемы и места их жизнеобеспечения. При этом необходимо учитывать, что эволюция прибрежной мелководной части моря подвержена не только стадийно-ритмическому развитию, выражающемуся в чередовании в пространстве и во времени абразионно-аккумулятивных процессов и факторов, их обуславливающих [3], но и динамичному развитию морских биологических сообществ (планктона, бентоса, перифитона). Эффективность проектных решений сооружений, предназначенных в первую очередь для обеспечения нормативного волнения на портовой акватории, с учетом условий существования морских организмов и их сообществ во многом определяется соблюдением следующих концептуальных принципов.

Активность ограждения. Сооружения в условиях стадийно-ритмического развития прибрежной части акватории наряду со снижением волнового воздействия на подводный береговой склон должны не только сохранять стабильность донных отложений и мест концентрации кормовой базы и размножения рыб, но и не препятствовать их миграции, одновременно выполняя роль укрытия для мор-

ских организмов в периоды волнений и штормов.

Универсальность сооружения. Универсальность проявляется в том, что в шторм не только обеспечивается защита акватории и берега от волнового воздействия, но и собственно сама конструкция и ее отдельные части являются местом расселения, размножения, концентрации и жизнеобеспечения морских организмов разных систематических групп.

Многофункциональность сооружения. Конструкции проектируемых оградительных сооружений должны совмещать основные функции (защиту акватории и берега от волн) с возможностью их использования в транспортных, рекреационных и биоихтиологических целях.

Комплексность сооружений. Конструктивные решения оградительных сооружений должны предусматривать защиту от абразии клифа берега и размыва аккумулятивных форм, предотвращение интенсивного перемещения и истирание каменистых донных грунтов в прибойной зоне, обуславливающих уничтожение на мелководье бентоса как основы кормовой базы донных рыб.

Экологическая чистота сооружений. Возводимые сооружения должны способствовать снижению уровня загрязнения вод и предотвращению процессов их эвтрофирования в акватории порта и на прилегающих участках моря путем локального изъятия из воды избыточных количеств биогенных и растворенных органических веществ с помощью гидробионтов перифитона (водорослей, моллюсков-фильтраторов и др.). Кроме того, предпочтение следует отдавать сооружениям, способствующим увеличению продуктивности сообществ морских организмов в районе размещения сооружений. Комплексным показателем экологичности оградительного сооружения является ущерб рыбному населению.

Оценку ущерба рыбным запасам от гидротехнических работ при строительстве оградительных сооружений следует выполнять по методике [1].

Ущерб N , т, от гибели кормовых организмов:

$$N = n_0 W_0 (p/b) (1/k_2) (k_3/100) \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$
 где n_0 — средняя концентрация кормовых организмов, г/м³ (или г/м²); W_0 — объем воды (площадь), где предполагается гибель организмов, м³ (или м²); p/b — коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов; k_2 — кормовой коэффициент для перевода продукции кормовых организмов в рыбопродукцию; k_3 — показатель предельно возможного использования кормовой базы рыбой, %; 10^{-6} — множитель для перевода граммов в тонны.

Ущерб N_1 , т, от гибели икринок, личинок и ранней молоди рыб:

$$N_1 = n_0 W_{01} [(100 - k_0)/100] (k_1/100) p_1 \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где n_0 — средняя за период встречаемость данной стадии или весовой категории концентрация пелагической икры, личинок или ранней молоди рыб, экз./м³; W_{01} — объем воды, подвергающийся негативному воздействию, м³; k_1 — коэффициент промыслового возврата, %; p_1 — средняя масса особи в промысловых уловах, кг.

В определении ущерба по данной методике основная трудность заключается в определении величин W_0 и W_{01} . Остальные величины в зависимостях (1), (2) определяются по опубликованным данным, фондовым материалам по состоянию кормовой базы и ранней молоди рыб в рассматриваемой акватории. Значения величин W_0 и W_{01} определяются по результатам математического моделирования распространения взвешенных веществ в морской среде. Исходными данными для определения W_0 и W_{01} (кроме параметров, определяющихся естественными условиями водоема, гидрометеорологическими условиями района строительства и т.д.) являются:

- объем отсыпаемого грунта в воду;
- гранулометрический состав отсыпаемого грунта (объем мелких частиц);

- истираемость каменного материала в процессе эксплуатации;
- площадь безвозвратно отторгаемой поверхности дна.

Сопоставительный анализ параметров, входящих в расчет ущерба рыбной биоте, рассмотрим на примере выбора оградительных сооружений грузовой района порта Сочи в устье реки Мзымты. Основными параметрами при сравнении являлись площадь безвозвратно отторгаемой поверхности дна и объем отсыпки грунта в воду. В качестве конкурирующих вариантов конструкций были выбраны сооружение эстакадного типа в виде камеры гашения (рис. 1) и сооружение откосного типа (рис. 2). В связи с тем что по ряду причин сооружение из массивов-гигантов в выборе конструкции для порта Сочи не рассматривалось, при сопоставлении вариантов за объект-аналог был выбран Южный мол порта Туапсе (рис. 3). Красной линией на рисунках показана площадь безвозвратного отторжения дна под сооружениями. Численные значения сравниваемых параметров приведены в таблице.

Сопоставительный анализ параметров

Конструкция оградительного сооружения	Исходные данные для определения ущерба $N, N_1 (N=f(W_0))^*$	
	Площадь безвозвратного отторжения дна $B, м^2$	Объем отсыпки грунта в воду, м ³
Сооружение откосного типа	38,00	363,80
Массивы-гиганты	30,50	70,50
Сооружение эстакадного типа	4,50	105,00

* Данные приведены на 1 п. м конструкции.

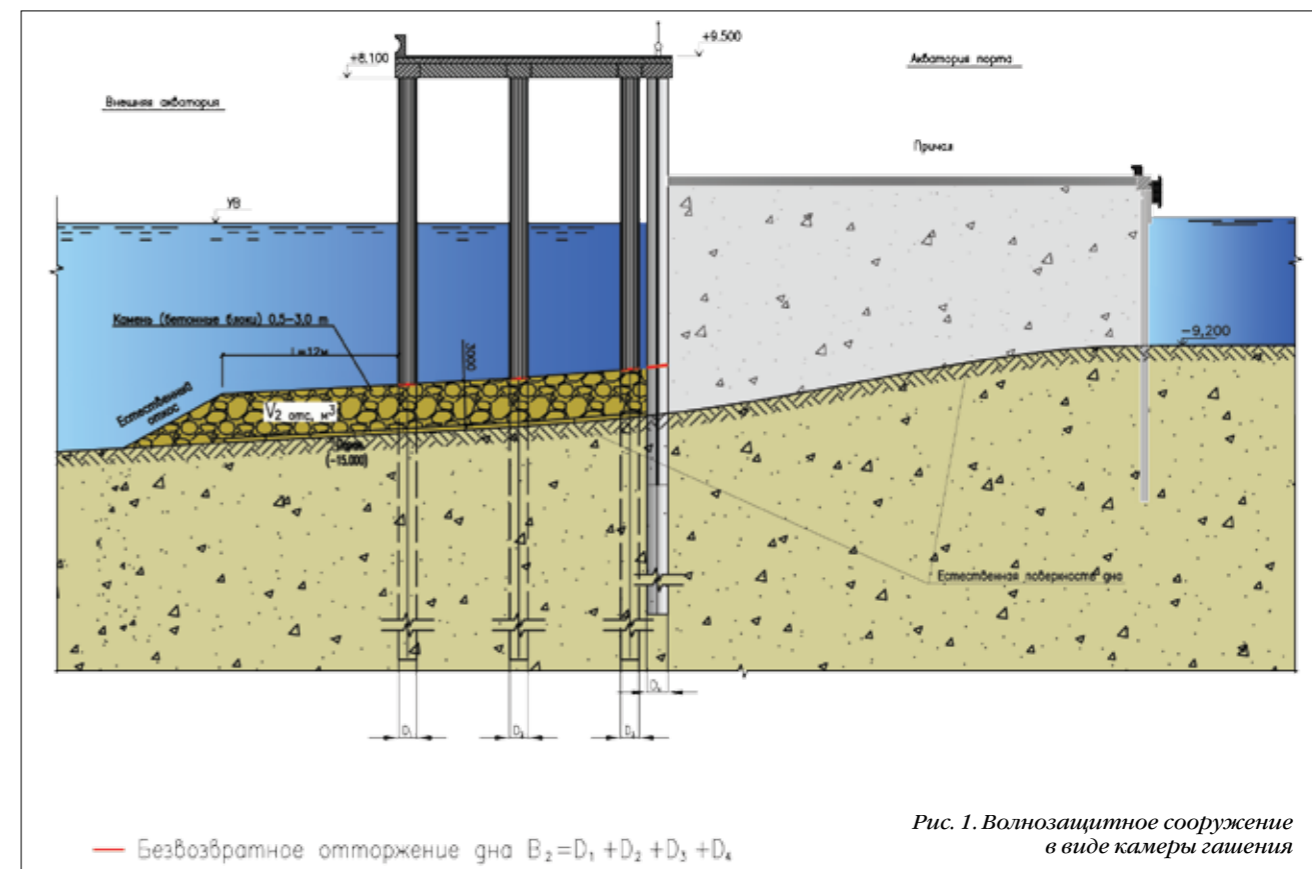


Рис. 1. Волнозащитное сооружение в виде камеры гашения

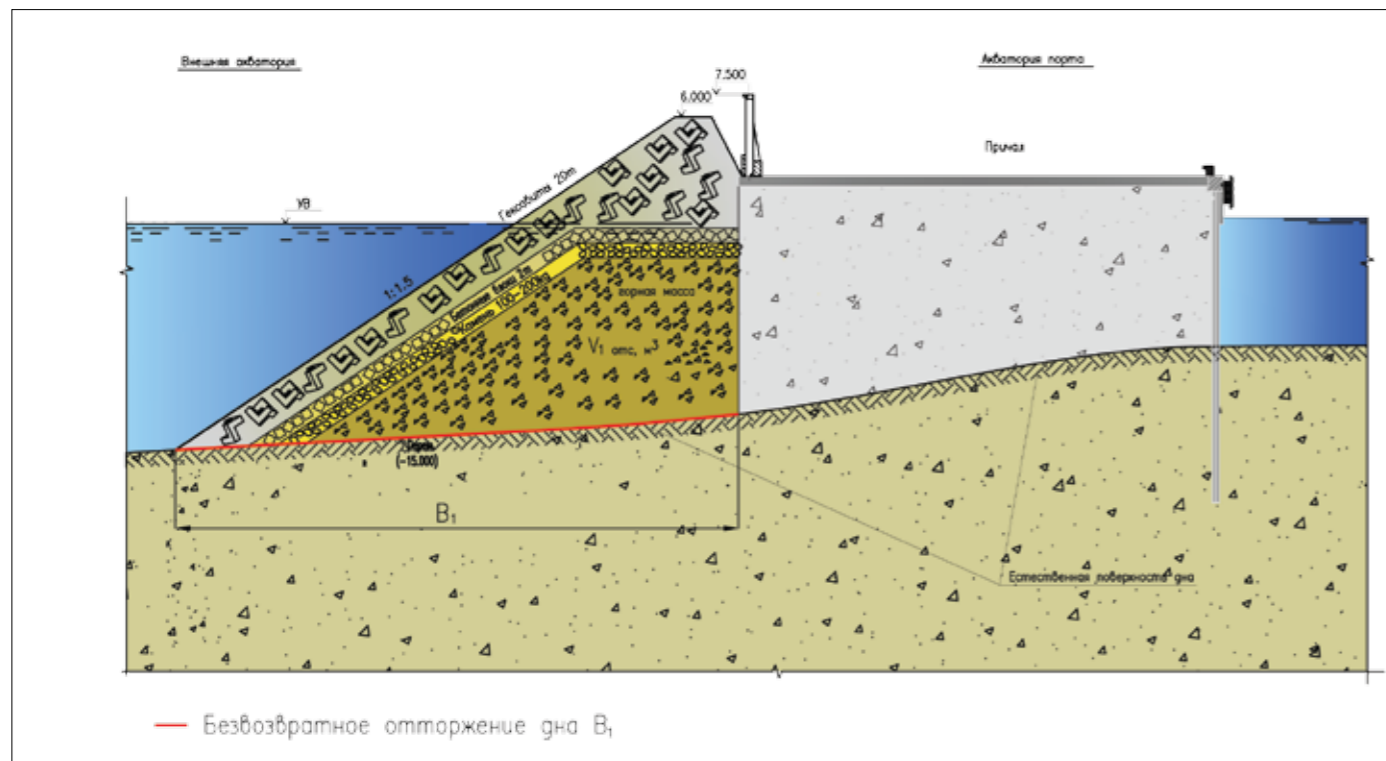


Рис. 2. Волнозащитное сооружение откосного типа

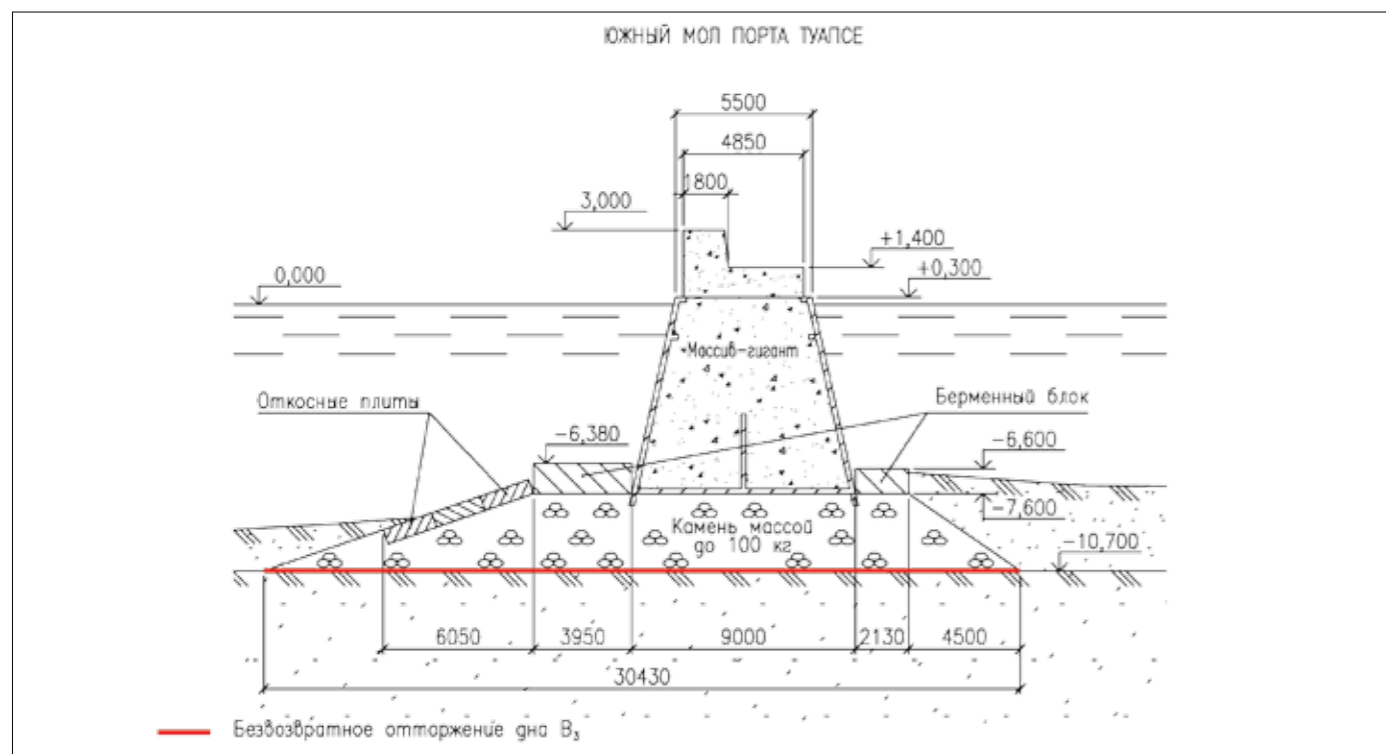


Рис. 3. Волнозащитное сооружение из массивов-гигантов (объект-аналог)

На площади безвозвратного отторжения поверхности дна при строительстве волнозащитных сооружений в дальнейшем бентосное сообщество развиваться не будет, соответственно, не будет нагуливаться (кормиться) рыба. Это определяет величину постоянного ущерба рыбным запасам.

Для трех вариантов конструкции на примере определения только ущерба N, т. от гибели кормовых организмов были полу-

чены (расчеты были проведены на 1 п.м конструкции) следующие результаты:

- волнозащитное сооружение откосного типа:

$$N_B = 150 \times 38 \times 2,6 \times (1/6) \times (55/100) \times 10^{-6} = 0,00136 \text{ т/м};$$

- волнозащитное сооружение из массивов-гигантов:

$$N_B = 150 \times 30,5 \times 2,6 \times (1/6) \times (55/100) \times 10^{-6} = 0,00109 \text{ т/м};$$

- волнозащитное сооружение в виде камеры гашения:

$$N_B = 150 \times 4,5 \times 2,6 \times (1/6) \times (55/100) \times 10^{-6} = 0,00016 \text{ т/м}.$$

Сравнительный анализ исходных данных, входящих в расчет ущерба от гибели кормовых организмов и ущерба от гибели икринок, личинок и ранней молоди рыб, показал, что применение конструкции эстакадного типа наиболее эффективно с экологической точки зрения, так как при ее использовании существенно меньше размер вреда, который может быть причинен водным биологическим ресурсам. Это обусловлено следующими причинами:

- площади отторжения морского дна под свайное основание сооружений намного меньше, следовательно, ущерб от гибели бентоса, как основной составляющей кормовой базы донных рыб, будет существенно ниже;

- оградительные сооружения эстакадного типа способствуют свободному водообмену с прилегающими районами моря и препятствуют образованию зон с эвтрофированием вод;

- при разделении ламинарных потоков морской воды между сваями на отдельные турбулентные потоки происходит аэрация воды — насыщение кислородом (подтверждено экспериментальным путем при моделировании и в натурных наблюдениях (рис. 4–6));

- при погружении свай наблюдается лишь незначительное увеличение содержания взвешенных веществ в придонном слое воды в месте установки свай;

- мутьевое облако, возникающее в результате отсыпки каменной массы в постель и тыловую часть тела сооружения (гравитационного типа), незначительно, следовательно, вред планктону, составляющему основу корма пелагических рыб, личинок и мальков, снижается до минимума;

- изменения гидрохимических показателей качества морской воды (окисляемости, содержания растворенного кислорода, биогенов и др.) как среды обитания гидробионтов маловероятны;

- сооружения эстакадного типа не препятствуют миграции рыб;

- после строительства в межсвайном пространстве сооружения снижаются интенсивность процессов перемещения и истирания грунтов, что способствует расселению бентоса и водорослей, играющих основную роль в процессах самоочищения морской воды (рис. 7, 8);

- камеры волногашения способствуют снижению энергии волн и течений, тем самым улучшая условия существования морских организмов, в том числе личинок и мальков рыб, а также способствуют расселению на сваях перифитона (водорослей, моллюсков, кишечнополостных и др.);

- основу сообщества обрастателей свай составляют моллюски-фильтраторы (мидии, митилиастеры), которые в процессе своей жизнедеятельности извлекают из морской воды загрязняющие вещества и тем самым улучшают ее гидрохимические показатели;

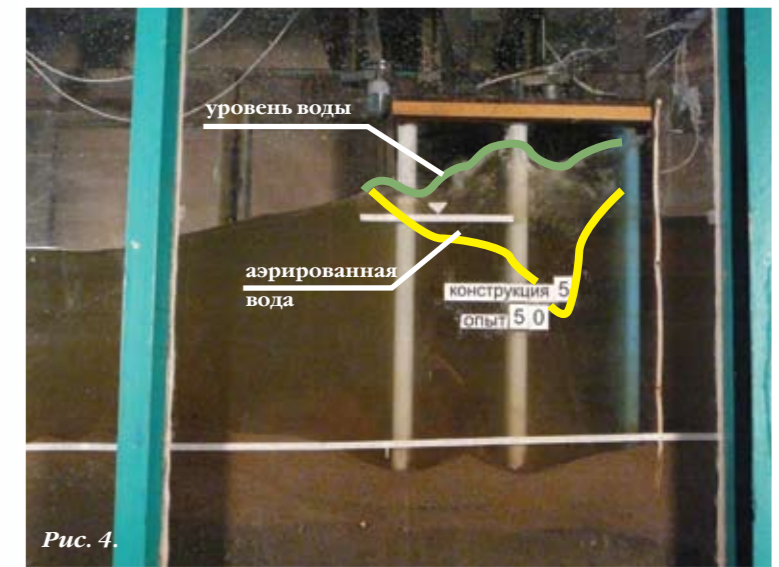


Рис. 4.

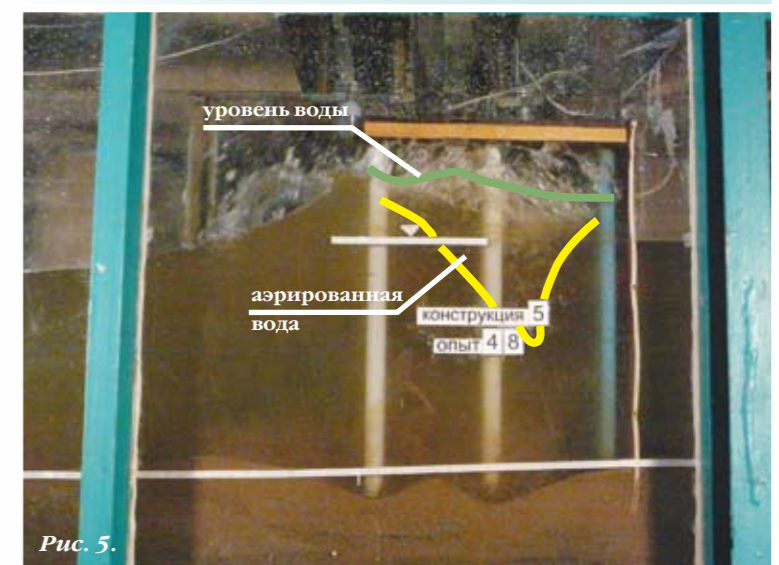


Рис. 5.

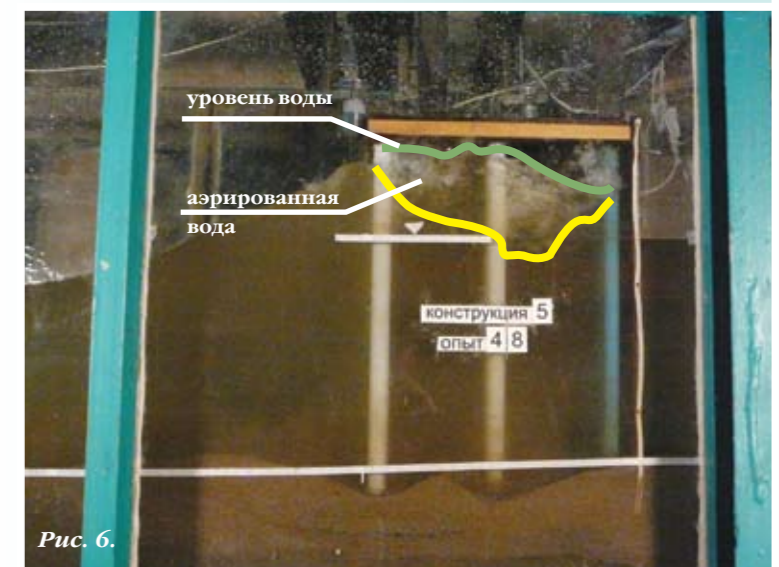
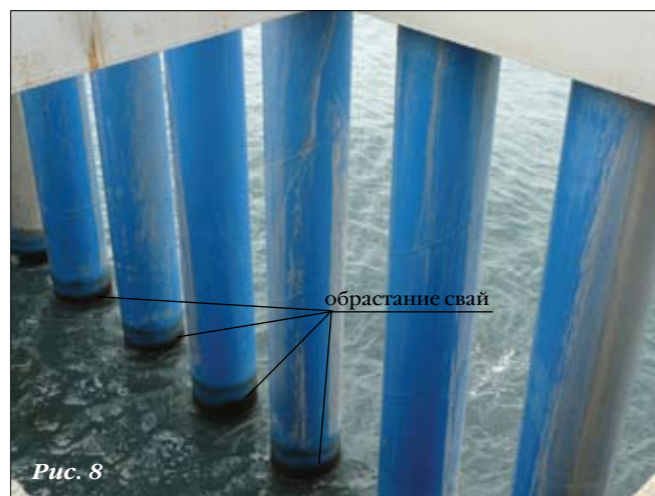


Рис. 6.

Насыщение воды воздухом – физическое моделирование в волновой лотке



Обрастание свай моллюсками (мидиями)

• при строительстве сооружений эстакадного типа, как правило, сохраняются основные нерестилища и пути нерестовых миграций рыб.

Основными негативными факторами, которые возникают в период строительства гидротехнических сооружений эстакадного типа, являются звук и вибрация. Влияние этих факторов на жизнедеятельность гидробионтов изучено недостаточно.

Следует подчеркнуть, что одной из проблем в прибрежной зоне моря в районе Сочи, где в одном и том же месте соседствуют портовые акватории и рекреационные зоны, является недостаток твердых и малоподвижных субстратов, которые необходимы для обитания водорослей и

беспозвоночных — основных групп гидробионтов, участвующих в процессах самоочищения моря.

Несмотря на то что на сегодняшний день недостаточно разработаны подходы, позволяющие с большой точностью прогнозировать биологические характеристики обрастаний искусственных субстратов (конструкции сооружений), такие как биомасса, видовой состав, интенсивность функционирования и др., можно отметить следующее. На сооружениях порта, которые были построены в 2009 году, была зафиксирована скорость обрастания свай перифитоном до 2 см/год, что заметно выше, чем в аналогичных районах открытого побережья на данной глубине Черного моря.

Основные выводы

1. На стадии выбора типа конструкции внешнего оградительного сооружения для корректной экологической оценки последствий строительства необходимо проводить экспериментальные гидравлические исследования.
2. По результатам гидравлических исследований на физической модели для условий Черного моря наиболее рациональным представляется применение сооружений эстакадного типа.

Литература:

1. Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах. М.: Мин-во рыбного хозяйства СССР, 1990.
2. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря / Гл. ред.: И. Ф. Глумов, М. В. Кочетков; МГУ. М.: Недра, 1996.
3. СП 32-103-97 Проектирование морских берегозащитных сооружений / НИЦ «Морские берега», АО «ЦНИИС». 1998.
4. Мусаева Э.И., Гагарин В.И. Состояние поверхностного зоопланктона в восточной части Черного моря // Океанология. 2000. Т. 40, № 3. С. 408–409.
5. Шушкина Э.А., Виноградов М.Е., Лебедева Л.П. и др. Распределение зоопланктона в прибрежье северо-востока Черного моря в теплый климатический период 2000–2002 гг. // Океанология. 2004. Т. 44, № 4. С. 524–537.
6. Кудерский Л.А., Лаврентьева Г.М. Оценка ущерба рыбохозяйственным водоемам от свалки грунтовых масс. СПб.: ГосНИОРХ, 1996.
7. Мокеева Н.П. Отклик морских биоценозов на сброс грунта // Итоги исследований в связи со сбросом отходов в море. М.: Гидрометеиздат, 1988.
8. Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий. // Мат-лы НПК 2000 – 2007 гг. Краснодар.

морстройтехнология



ООО «Морское строительство и технологии» (ООО «Морстройтехнология») – современная инженеринговая компания, специализирующаяся на исследованиях и проектировании в области морского транспорта

Основные виды выполняемых работ:

- **Проектирование:**
 - универсальных и специализированных (контейнерных, навалочных, наливных и др.) портовых терминалов;
 - объектов транспортно-складского назначения (логистических центров);
 - гидротехнических сооружений;
- **Предпроектные проработки** различной глубины и сложности: бизнес-планы, концепции, декларации о намерениях, обоснование инвестиций;
- **Разработка тендерной документации** на подрядные работы;
- **Консультационные и инженеринговые услуги** (в т.ч. оптимизация конструкций гидротехнических сооружений, технико-экономические расчеты, сбор и анализ данных в области транспорта и транспортного строительства, экономики перегрузочных комплексов);
- **Авторский надзор и техническое сопровождение строительства;**
- **Генпроектирование;**
- **Обследование причалов, зданий и сооружений;**
- **Инженерные изыскания;**
- **Маркетинговые исследования грузопотоков, оптимизация логистики предприятий, оценка коммерческой эффективности.**



195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, СПбГУ, ИСФ
 тел.: +7 (812) 333-1310 ; факс: +7 (812) 333-1311
 e-mail: mct@morproekt.ru
 http://www.morproekt.ru