

**КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА НАРАСТАНИЯ БЕРЕГА ПРИ СОЗДАНИИ
ИСКУССТВЕННЫХ ОСТРОВОВ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОСОВ
ИЗ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ**А.Е. Щодро¹, С.Л. Черных¹, А.Н. Сорокин²¹Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28*E-mail: ashodro@ya.ru*²ИП «Сорокин А.Н.» *E-mail: vip.parfyan@mail.ru*

Рассмотрены технические аспекты намыва пляжных территорий за счёт наносов, поступающих при шторме из отдалённых участков морского шельфа к берегу. Предлагается вначале возводить небольшие искусственные острова на некотором удалении от береговой линии, а затем с использованием эффекта томболо или какими-либо искусственными методами возводить траверсы, – искусственные косы, соединяющие берег с островом; в дальнейшем использовать разработанные авторами конструкции волногасящих сооружений, устанавливаемых в промежутках между островами для захвата наносов из волнового потока и занесения межостровного пространства наносами. Возможность управления процессом – интенсивности такого замыва с помощью рационального подбора высоты перемычек – искусственных кос между островами и пляжем показана.

Ключевые слова: пляжи, намыв наносов, томболо, гидротехнические сооружения, перенос наносов.

Поступила в редакцию: 01.08.2023. После доработки: 04.09.2023.

Введение. Публикации последнего времени часто касаются вопросов необходимости и целесообразности создания искусственных островов в некоторых морских регионах; при этом рассматриваются философские, технологические, территориальные и экономико-политические тенденции развития этого направления. Всесторонний анализ этих направлений приводит к выводу о перспективности рассмотрения ряда конкретных примеров анализа возможной пользы и ущербов в различных аспектах. Понятие «искусственно созданный остров», отмечается в работе [1], известно человечеству еще с 1634 г. В работе [2] отмечается, в частности: «Поиск новых территорий, способных частично решить проблему перенаселения, выразился в создании искусственных островов и объектов на воде. Уже в 1960 году был создан проект плавучего города «Тритон» для одного из наиболее загруженных районов Японии. Плавучий город предполагал защиту от цунами, опреснение воды для жителей, многофункциональность пространств и сосуществование с водной средой. Проект плавучего города не был

реализован, однако повлиял на развитие архитектурной философской мысли XXI века».

Ведь значимость рассматриваемого вопроса особенно возрастает в связи с возможной реализацией *идеи замыва всего пространства между создаваемым рядом островов и пляжно-приурезовой зоны*. Несомненно, создание искусственных островов будет с учётом наших предложений наиболее перспективным на сегодня направлением в решении как вопросов, связанных с сохранением природной среды, так и созданием туристической индустрии.

Цель настоящей публикации в информационном внедрении данной идеи, – замыва значительной территории в прибрежной зоне и одновременной защите берега от абразионных процессов.

Итак, главная задача – защита берега от абразионных процессов. Она решается, в частности, искусственно воссоздаваемыми вдоль берега островами, которые не только гасят энергию волн, защищая берег от разрушения во время штормов, но и создают условия для аккумуляции в этих местах песка. В реше-

нии этой задачи нам поможет как естественный эффект *tombolo*, а также *и специальные сооружения*, разрабатываемые авторами.

Прочие положительные эффекты рассматриваемых мероприятий. Положительный экологический эффект, воссоздаваемый пляжной зоной будет несомненным: резко возрастет биомасса водорослей. Это сохранит их от штормов. Каменистые берега островов и защищенные бухты создадут благоприятные условия для их роста. Возникнет благоприятная среда для роста популяции крабов и других донных обитателей. В таких благоприятных условиях возрастет не только общая биомасса, но и биологическое разнообразие, а также и устойчивость экосистемы. Строительство островов решает еще одну важнейшую задачу – создание экономически очень ёмких и выгодных направлений в туристической индустрии. Туризм, как известно, становится одним из двигателей экономики стран и будет иметь уникальное значение для экономики России.

Говоря об исторических аспектах и перспективах данного вопроса, следует отметить, что Россия имеет давнюю историю создания искусственных островов. В Азовском море в начале XVIII века для обустройства цитадели был насыпан остров Черепаха. На сегодня в России существует ряд проектов создания искусственных островов. К наиболее масштабным надо отнести строительство 4-х островов в Кольском заливе Баренцева моря в промышленных целях. По мнению экспертов, они значительно упростят разработку находящихся в этом регионе месторождений полезных ископаемых. Был и неосуществленный масштабный проект в Черном море вблизи г. Сочи, где должно было быть построено три крупных острова.

Коснёмся конкретного примера. Известно, что при выполнении проектов искусственных островов, морских ограждающих, волногасящих и берегозащитных сооружений, а также при всех видах литодинамических исследований

для целей такого проектирования рекомендуется рассматривать не только локальный аварийный участок берега, а всю литодинамическую систему в целом с прилегающими участками и с учётом источников наносов, поступающих как с ветром (эоловый расход наносов), так и поступающих из глубинных участков моря и вдольбереговых компонентов поступления.

Для решения данной проблемы мы предлагаем рассмотреть, например, проект создания искусственных островов в Каламитском заливе. Берега Каламитского залива Черного моря от озера Кызыл-Яр до г. Евпатории, имеющие уникальные обширные галечно-песчаные пляжи – одно из самых популярных рекреационных мест Крыма. Здесь расположены известные во всем мире действующие курорты – г. Саки и г. Евпатория, которые используются в лечебных целях сотни лет. Однако, размыв этого участка берега и, как следствие, Сакской и Евпаторийской пересыпей ставит под угрозу сохранение лечебной базы курортов, а также само их существование. За последние 40 лет море поглотило здесь сотни гектаров пляжей. Для сохранения береговой зоны Каламитского залива необходимо разработать инженерно-защитные мероприятия, позволяющие не только остановить полностью, или хотя бы замедлить абразию морского побережья, но и отвоевать у моря новые территории.

Рассматривая литологические разрезы, карты и другие материалы по Каламитскому заливу, мы пришли к выводу о том, что на отдельных участках побережья, начиная с приурезовой зоны и до конца зоны пассивного волнового воздействия, практически на расстоянии двух-трех сотен метров от уреза располагаются песчаные отложения; при этом ширина зоны песчаных отложений колеблется в широких пределах. Размеры абразивно-аккумулятивной зоны активного волнового воздействия связаны с длинами волн на шельфе при средне-сильной штормовой активности. Наблю-

даются ареалы на поверхности дна, сплошь покрытые песком и гравелисто-галечниковыми отложениями. Поэтому при выполнении конкретного проекта целесообразно отследить миграцию наносов (песка, гравия, гальки) на протяжении нескольких десятилетий. Такой вывод следует также из анализа работ И.О. Леонтьева [3–5], который изучал условия баланса песчаных и гравелисто-галечниковых наносов на различных пляжных зонах морских побережий. Если часть наносов, аккумулярованных на шельфе, будет отобрано для восстановления пляжной зоны и замыва новой территории, то за счёт обильного поступления осадочного материала будет происходить «выравнивание» литологии шельфа.

Говоря о материалах для создания искусственных островов в условиях их возведения на сравнительно мелких и пологих шельфовых зонах, следует в первую очередь остановиться на таких природных материалах как камень, галечно-песчаных-ракушечниковых смесях. О роли и использовании камня в защите берегов, а также, естественно, и искусственных островов хорошо сказано в работе [6]: «За рубежом (Англия, Нидерланды, Франция, Италия, Кипр, США, страны Азии) для защиты морского берега строят каменнонабросные берегоукрепительные сооружения. Особое распространение в этих странах получили каменнонабросные пляжеудерживающие буны и волноломы. Кроме того, для защиты берегов в рекреационных зонах широко применяются каменнонабросные бермы. Каменнонабросные сооружения, в сравнении с бетонными, лучше сочетаются с природным береговым ландшафтом и предпочтительнее с экологической точки зрения. Следует отметить, что в процессе всего срока их эксплуатации легче выполняется мониторинг сооружений и береговых процессов».

В работе [7] описаны общие свойства рассматриваемых материалов и принципы их применения в гидротехнической

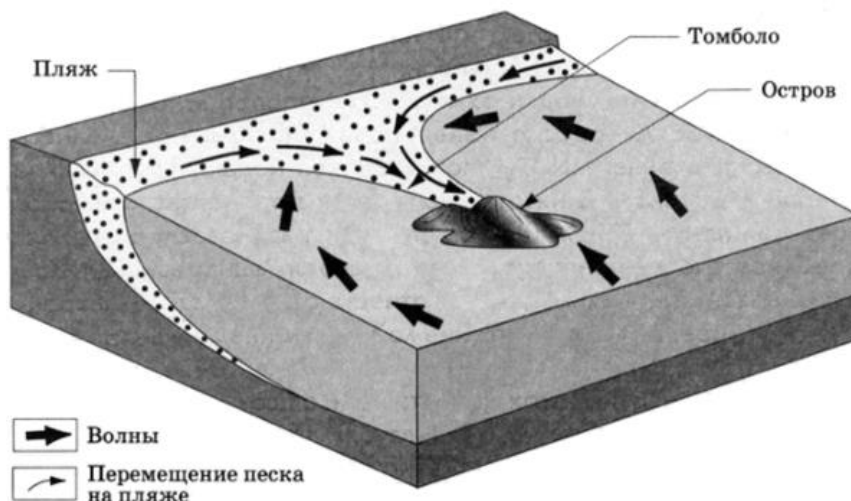
практике. В современной практике роль грунтовых материалов только возрастает [6], и особенно с учётом новых технологий закрепления грунтов, проведения ремонтных и восстановительных работ, которые очень эффективны, и могут проводиться с помощью, например, нового материала – *микроцемента* [8].

Переходя к способам замыва территории между островами и берегом, заметим, что, если недалеко от берега есть остров, создающий волновую тень, то за ним начинает расти песчано-галечный выступ, который через некоторое время соединится с островом, образовав перемычку, или томболо ([9], рис. 1).

Таким образом, волновая деятельность моря оказывает на берег двойное влияние: с одной стороны, она ведёт к накоплению мелко-грунтового (песчано-галечного или мелко-ракушечного) материала, формированию пляжей, кос, а с другой – к разрушению берегов прямым воздействием, и к постепенному отходу берега и истощению пляжа.

Перейдём к *технологическим вопросам* создания самого острова. Обсудим геометрические и гидравлические свойства поверхностей, ограничивающих остров. В качестве более эффективных, по сравнению с бетонными или металлическими вертикальными стенами, не оказывающими разрушительного эффекта на расположенный рядом с островом пляж, используются откосные сооружения из одного или нескольких слоёв камня, создающего шероховатую поверхность, обеспечивающую благоприятные экологические условия для развития и существования гидробионтов.

Повышенное гидравлическое сопротивление каменных поверхностей и откосная форма сооружений будут способствовать наилучшему гашению волны, ситуация вокруг острова будет более спокойной, а развивающиеся полезные вторичные (винтообразные) течения, направляющие наносы в сторону промежутков («отверстий») между соседними островами, будут более мощными.



а)



б)

Рис. 1. Формирование томболо – перемычки между берегом и островом [9, 10]
Fig. 1. Formation of tombolo – a bridge between the coast and the island [9, 10]

При строительстве откосных берегоукрепительных сооружений в некоторых странах Европы, в Японии и в США применяют укрепления, выполняемые из камня на подготовке из карьерной массы, – разнородной крупности, что проще и дешевле в технологическом отношении. Для задержания мелких частиц и предотвращения фильтрационных деформаций грунта при выходе фильтрационного потока могут выполнять геосинтетические материалы, широко используемые в последние годы. Откосные сооружения, создаваемые таким обра-

зом, менее чувствительны к осадкам основания, надёжны и долговечны, не теряют своих качеств во времени. В последнее время для строительства волноломов часто используют также каменные материалы.

Примеры защиты берега с помощью каменного материала показаны на рис. 2, где использована продольная каменная защита самого берега, а также продольные берегозащитные сооружения, расположенные на расстоянии от уреза воды.

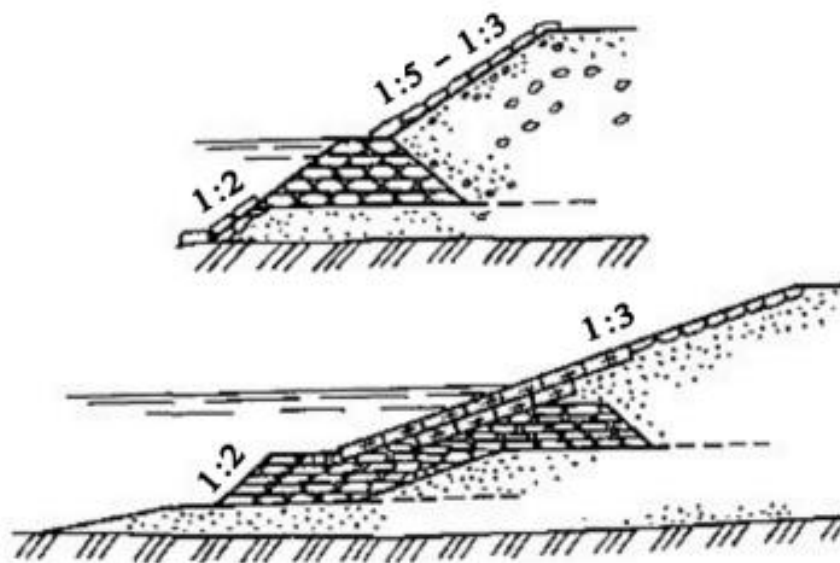


Рис. 2. Возможные конструкции откосных укреплений берега с применением природного каменного материала

Fig. 2. Possible designs of slope fortifications of the coast using natural stone material

Широкое применение в строительстве островов могут найти *шпунтовые конструкции*, – это сделанные из шпунта цельные ограждения. Каждая шпунтина имеет замки по краям. Эта конструкция позволяет выполнять стыковку шпунтин «замок в замок». В результате получают прочные стенки, ограждающие остров. Внутреннее пространство между шпунтинами может замываться или засыпаться местным грунтом, а снаружи может не потребоваться какое-либо крепление, поскольку шпунтины могут забиваться достаточно глубоко и обеспечивать естественную защиту от размыва грунта основания с внешней стороны шпунтового ряда.

Если для строительства самого острова могут быть применимы каменные материалы и намывные грунты песчаного и галечникового состава, и, в частности, схемы, изображённые на рис. 1, то задачу привлечения наносов в межостровное пространство, по-видимому, следует решать с помощью новых предложений – изобретения [11] и полезной модели [12].

В соответствии с этими предложениями используются два вида блоков сооружений: волногаситель с вертикальными трубами (ВВТ) [12]; волногаситель

с колодцами завихрителями (ВКЗ), устанавливаемых в ряд вдоль берега, на границе зоны активного и пассивного воздействия волн [11]. Блоки должны располагаться в определённой последовательности таким образом, чтобы наблюдался наибольший эффект захвата наносов, как в активные блоки ВКЗ, так и промежутки между блоками. Указанный ряд сооружений будет являться некоторым «замком» для наносов, то есть он будет захватывать их из внешней морской среды, направляя их сосредоточенным образом и не давая им впоследствии уйти обратно в море. Указанные блоки-волногасители оказывают такие виды воздействий на морскую среду, как успокоение волн, образование вальцов с горизонтальной осью за блоками ВВТ, образование винтообразных течений с вертикальными осями в блоках ВКЗ. Эти течения служат эффективным средством рассеивания энергии волнового потока.

При работе блоков ВВТ удар волн приходится на первые ряды труб, которые имеют наибольший диаметр и наибольшую жёсткость; эти трубы разбивают волну, ослабляя её энергию, и разделяют ветро-волновой поток на две части: одна часть идёт вдоль сооружений, параллельно берегу, другая часть

устремляется к нему. Через эти блоки наносы свободно проникают к берегу; та часть наносов, которая идёт с потоком параллельно берегу, перехватывается винтообразным течением, которое возникает за рядами жёстких труб над прогнувшимися, более гибкими трубами меньшего диаметра, и выбрасывается к берегу. На рис. 3 показана схема устройства блока с вертикальными трубами: первые ряды труб, воспринимающие удар волн со стороны моря, являются наиболее жёсткими трубами наибольших диаметров. Они передают нагрузку от волн на фундаментную плиту, которая далее распределяет её на основание. В некоторых случаях могут устраиваться косые стержни, которые увеличивают жёсткость первых рядов труб; последние ряды, наоборот, представляются трубами гибкими. В нижней своей части гибкие стержни могут объединяться в обойму, то есть участок трубы более крупный, а верхние части – это тонкие стержни, которые успокаивают волнение и турбулентность. Между жёсткими трубами и более гибкими имеется донный порог, затрудняющий проход наносов в сторону открытого моря.

Блоки ВКЗ работают следующим образом: волна, ударяясь в приёмное отверстие блока (так называемого короба), образует течение, которое, сужаясь внутри короба и завихряясь, образует винтообразное течение с вертикальной осью и поднимает основную массу наносов, проникших с волновым потоком, в верхние слои потока, где они находятся некоторое время; затем следующая подходящая волна смывает их. И токи, сходящие с откоса и также несущие с собой большое количество наносов, улавливаются аналогичным блоком ВКЗ, развернутым своим приёмным коробом к берегу; опять-таки образуется винтообразное течение с вертикальной осью и очередной волной отправляется к берегу. Таким образом, наносы не могут выбраться из «ловушки». На рис. 4 показана схема волногасителя с колодцами-завихрителями: на плане видны криволинейные колодцы, и показана симметричная схема волногасителя, рассчитанная на проникновение внутрь завихрителя массы волнового потока как со стороны открытого моря, так и потока, скатывающегося с берега в сторону моря.

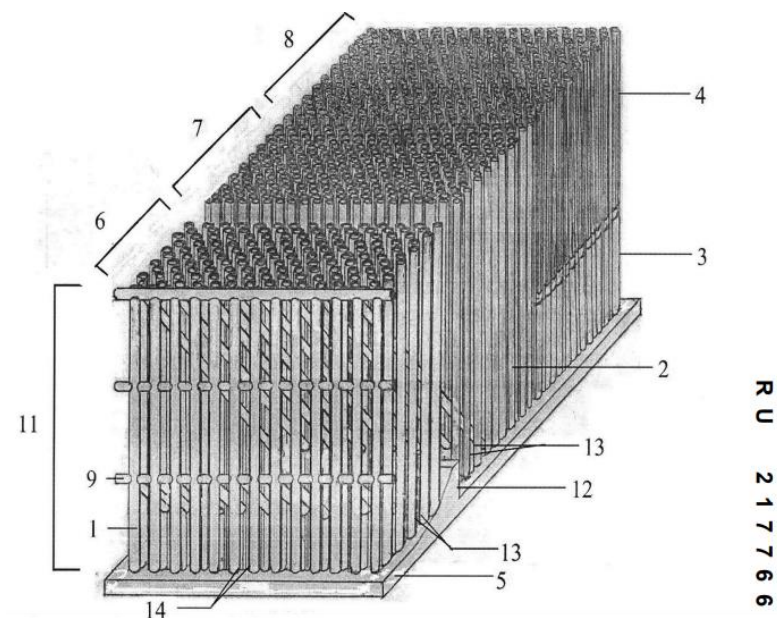


Рис. 3. Блоки – волногасители с вертикальными трубами (ВВТ)
 Fig. 3. Blocks – wave absorbers with vertical pipes (VVT)

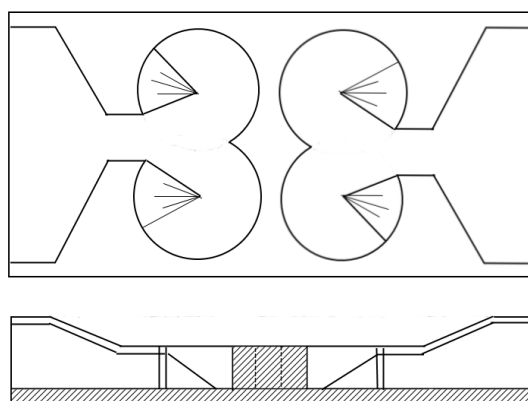


Рис. 4. Схема волногасителя с колодцами-завихрителями: сверху план блока, снизу – продольный разрез. Блок симметричен, условия входа волны с наносами со стороны моря и со стороны берега одинаковые

Fig. 4. Scheme of a wave damper with swirler wells: top plan of the block, bottom-longitudinal section. The block is symmetrical, the conditions for the entry of a wave with sediments from the sea side and from the coast are the same

Блоки ВКЗ и ВВТ объединяются в секции, как показано на рис. 5, а, б. Сооружение, состоящее из секций в целом работает следующим образом. При косом подходе волны ее удар приходится в основном на угол волногасителя каждой секции волногасящих сооружений, и при этом масса потока разделяется на две части, как описано выше. При наличии песчано-галечных частиц в прибрежных отложениях разрушенные волны бывают насыщенными частицами; и их дальнейшее поведение влияет на эффективность предлагаемой системы сооружений. Ту часть массы потока, которая идет к берегу, будем использовать для занесения наносами пляжной зоны, а ту часть массы потока, которая идет вдоль берега, будем использовать для рассредоточения наносов по пляжной зоне.

Разбиваясь о блок ВВТ, волна теряет часть энергии и большую часть наносов отдаёт в пространство между стержнями первого ряда ВВТ (принцип инерционной сепарации); оседая на дно, эти частицы будут снова взмучены пульсациями давления и значительными скоростями в промежутках между стержнями. В дальнейшем за счёт деформации задних стержней блоков ВВТ, а они являются более гибкими частями конструкции, энергия волнового потока будет существенно уменьшаться, турбулентность

успокаиваться, а наносы, прошедшие уже через сооружение, будут оседать за ним, в промежутке между линией и сооружением и берегом. Накатившиеся волны на берег, стекая обратно в море, уносят с собою значительную часть наносов с пляжной отмели; эти потоки также будут натекают со стороны пляжа на блоки ВКЗ и ВВТ. Попадая в блоки ВКЗ со стороны пляжа, они также попадут в винтообразное течение с вертикальными осями и наносы будут заброшены в вертикальные слои потока и далее будут смыты последующими волнами опять к берегу: получается «замок» для наносов, который не даст им уйти в море. Та часть скатывающегося с берега потока, которая попадает на блоки ВВТ, будет тормозиться донными препятствиями, – краем плиты блоков ВВТ и донным порогом, имеющимся на самой плите, наносы будут оседать при встрече с этими препятствиями. Все осевшие наносы будут равномерно распределяться по длине пляжной зоны течениями, которые идут вдоль берега.

Та часть ветро-волнового потока, которая прошла через блоки ВКЗ, будет разделяться на две части – нижняя часть будет преобразована в винтообразные течения с вертикальными осями, которые на выходе из колодца будут оказы-

вать сопротивление другой части волнового потока, проходящего над сооружением; и в целом будет достигаться достаточное гидравлическое сопротивление. Наносы, прошедшие в нижнюю часть волногасителя, будут подниматься вертикальными закрученными струями в верхнюю часть потока и там оставаться некоторое время, а затем смываться следующей подходящей волной в пределы пляжной зоны и там осядут.

При нормальном или близком к нему подходе волны к линии сооружений будут возникать следующие явления: поток, разбиваясь о блоки ВВТ, также будет терять основное количество своей энергии; будет происходить также частичное отражение наносов от зоны удара волны о переднюю фронтальную грань блоков ВВТ; далее отражённые наносы перед фронтом сооружений будут смываться в сторону блоков ВКЗ или в сторону промежутков между блоками.

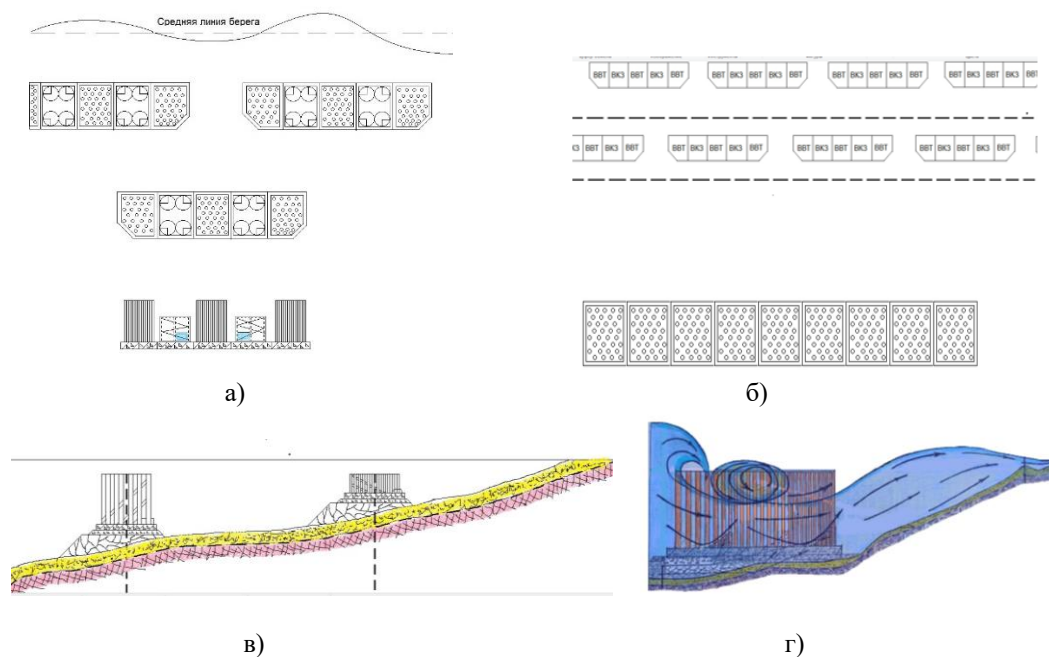


Рис. 5. Схемы совместной работы волногасителей ВКЗ и ВВТ
 Fig. 5. Schemes of mutual operation of wave absorbers VKZ and VVT

На рис. 5 показана схема совместной работы волногасителей двух рассматриваемых типов: на рис. 5, а показана одна из возможных схем расположения секций в плане друг относительно друга и снизу показан разрез по такой секции, состоящий из блоков ВВТ и ВКЗ; на рис. 5, б показаны схема возможного расположения блоков, а также схема одного сооружения (из второй линии), а на рис. 5, в – разрез, показывающий схему их взаимного расположения. На рис. 5, г показана схема уменьшения волны за счёт работы сооружений и образование вихревого вальца с горизонтальной осью (роллера) за блоками ВВТ в случае, когда прогибаются более гибкие трубы этого блока.

Принципы распределения наносов в потоке с неравномерным распределением удельных расходов воды по ширине описаны в ряде работ [13, 14]. Так, Даниеля Н.Ф. указывал на то, что поток, обтекающий препятствия или преграду, создаёт вторичные течения в придонной области, которые отгоняют донные наносы от препятствия и концентрируют их в зоне промежутков между препятствиями. Этим объясняются, в частности, довольно глубокие размывы возле мостовых опор. Жулаев Р.Ж., исследуя распространение донных и взвешенных наносов в потоке перед препятствиями, отметил, что всякое смещение динамической оси водного потока приводит к ещё большему искривлению динамиче-

ской оси движения наносов, то есть к смещению движущейся массы наносов в ту же сторону за счёт вторичных течений, накладывающихся на основной криволинейный поток [14].

Коснемся теперь вопроса о *последовательности возведения искусственных островов и замыва пространства между ними*. Очевидно, что естественный процесс намыва кос между берегом и каждым созданным в море искусственным островом занимает определённое время. Если в тот период, когда косы ещё недостаточно сформировались, попытаться уже вести намыв более-менее значительных масс грунта в пространстве между островами, то, возможно, что намываемые песчаные частицы будут

выноситься штормовым потоком, проходящим к берегу под некоторым углом, таким образом, что значительные массы воды могут проходить в полосе между берегом и линией островов. Если, наоборот, уже косы в полной мере будут сформированы, то не будет в пространстве между островами и берегом движения воды при косом подходе волны, а нужно, чтобы оно было и способствовало равномерному распределению поступающих наносов в межостровные промежутки. То есть, можно сделать вывод, что нужно найти такое оптимальное значение высот намытых кос, при котором можно начинать искусственное привлечение наносов в межостровные пространства (см. рис. 6).

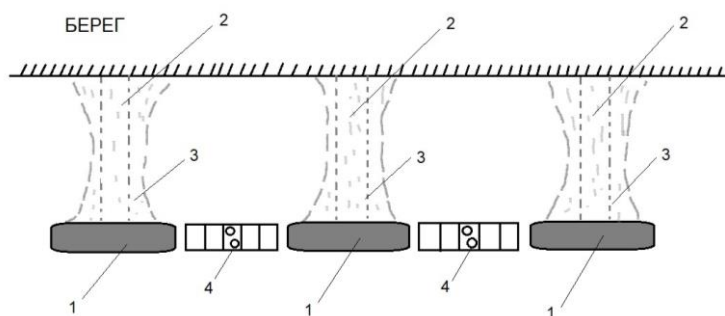


Рис. 6. Схема к пояснению этапов замыва пространства между берегом и островами:

1 – искусственные острова; 2 – технологические эстакады для создания островов;

3 – грунт томболо или искусственно намываемый грунт; 4 – секции волноломов, привлекающих наносы к берегу

Fig. 6. Scheme to explain the stages of washing out the space between the coast and the islands:

1 – artificial islands; 2 – technological overpasses for creating islands; 3 – tombolo soil or artificially washed soil; 4 – sections of breakwaters that attract sediment to the shore

Заключение. Рассмотрена общая технологическая схема, включающая возведение искусственных островов сравнительно небольших размеров, сохранение достаточных по ширине промежутков между ними для последующего размещения в них специальных сооружений, привлекающих наносы из открытого ветроволнового потока внутрь пространств между островами и берегом. Такая схема имеет ряд преимуществ, а именно: использование энергии ветра и течений для успокоения волн; привлечение наносов к пляжной территории и сохранение их в этой зоне; использование винтообразных течений для более эффективного гашения энергии волн и рассеивания переносимых ими твёрдых

частиц; возможность монтажа конструкций на берегу, перед их погружением в море и установке в прибреговой зоне; использование современных технологических материалов, обладающих такими свойствами как экономичность, долговечность, экологичность, необрастаемость в морской воде, высокая прочность, антикоррозийная и морозоустойчивость; к таковым относятся, например, стеклобазальтопластик и железобетон, работающий постоянно в водной среде. Подбирается определённая технологическая последовательность намыва межостровных пространств с учётом невозможности рассеивания частиц, зашедших в пространство между островами, – с одной стороны, и, с другой стороны, –

наличия некоторого тока воды, равномерно распределяющего зашедшие наносы. Такое управление процессом замыва пространства между островами и берегом может осуществляться путём регулирования высоты намываемых траверс при варьировании последовательности возведения самих островов, намыва естественных или искусственных кос и установки специальных сооружений для замыва межостровных пространств.

В заключение отметим также ещё важную мысль о том, что для подбора конкретных параметров и принятия окончательных технических решений в каждом конкретном случае необходимо проводить гидромеханические расчеты общей волновой ситуации данного конкретного региона и гидравлические лабораторные либо натурные исследования.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПТС по теме «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера и антропогенного воздействия» (№ госрегистрации 121122300072-3) и «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов» (№ госрегистрации 121122300074-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко Г.Г., Шишкина В.А., Гура Д.А., Чернова Н.В. Искусственно созданный остров: Российская практика // Научные труды КубГТУ. 2017. № 11. <http://ntk.kubstu.ru/file/1928>
2. Kizilova S.A. Prerequisites for the Construction of Artificial Island Territories of the XXI Century // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. No. 1 (42). P. 187–200. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/1kvart18/14_kizilova/index.php.

3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: GEOS, 2001. 272 с.

4. Леонтьев И.О. Бюджет наносов и прогноз развития морского берега // Океанология. 2008. Т. 48 (3). С. 467–476.

5. Леонтьев И.О. Равновесие берегового контура // Океанология. 2005. Т. 45 (5). С. 790–800.

6. Тлявлиня Г.В., Вялый Е.А. Применение природного камня в морском гидротехническом строительстве // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 2. С. 53–69. <http://ecological-safety.ru/repository/issues/2022/02/04/20220204.pdf>

7. Ничипорович А.А. Плотины из местных материалов. М., Стройиздат, 1973. 320 с.

8. Методическое пособие по укреплению грунтов методами струйной цементации, глубинным перемешиванием, инъекции растворами на основе микроцементов, манжетной инъекцией в режиме гидроразрывов. М., 2020. 83 с. https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp16_2020.pdf.

9. https://studme.org/297215/geografiya/razrushitelnaya_rabota_okeanov_morey, (дата обращения: 28.07.2023).

10. https://ru.wikipedia.org/wiki/Томболо_%28форма_рельефа%29 (дата обращения: 28.07.2023).

11. Щодро А.Е., Черных С.Л., Сорокин А.Н., Кабалин С.В. Волногаситель с колодцами-завихрителями: Заявка на изобретение: 2023107668, 28.03.2023.

12. Щодро А.Е., Черных С.Л., Сорокин А.Н., Кабалин С.В. Волногаситель: Патент на полезную модель RU 217766 U1.

13. Данелия Н.Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. М.: Колос, 1964. 336 с.

14. Арыкова А.И., Жулаев Р.Ж. Улучшенный тип водозабора с донной решетчатой галереей. Алма-Ата: Изд-во Акад. наук КазССР, 1961. 81 с.

CONTROL OF THE SHORELINE ACCRETION PROCESS DURING THE CREATION OF ARTIFICIAL ISLAND CONSTRUCTION THROUGH THE USE OF SEDIMENTS FROM DEEP HORIZONS

A.E. Shchodro¹, S.L. Chernykh¹, A.N. Sorokin²

¹Institute of Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

²IP "Sorokin A.N."

The article discusses technical aspects of the alluvium of beach areas due to sediments coming from remote areas of the sea shelf to the coast during a storm. It is proposed at first to build small artificial islands at some distance from the coastline, and then, using the “tombolo” effect or by some artificial methods, build traverses - artificial spits connecting the coast with the island; later to use the designs of wave-damping structures developed by the authors, installed in the gaps between the islands, to capture sediments from the wave flow and fill the inter-island area with sediments. The possibility of controlling the process – the intensity of such washing with the help of a rational selection of the height of the bridges – artificial spits between the islands and the beach is shown.

Keywords: beaches, sediment alluvium, tombolo, hydraulic structures, sediment transport.

REFERENCES

1. *Shevchenko G.G., Shishkina V.A., Gura D.A., and Chernova N.V.* Iskusstvenno sozdannyj ostrov: Rossijskaja praktika (Artificially created island: Russian practice). *Nauchnye trudy KubGTU*, 2017, No. 11. <http://ntk.kubstu.ru/file/1928>
2. *Kizilova S.A.* Prerequisites for the Construction of Artificial Island Territories of the XXI Century. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2018, No. 1 (42), pp. 187–200. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/1kvart18/14_kizilova/index.php.
3. *Leont'ev I.O.* Pribrezhnaja dinamika: volny, techenija, potoki nanosov (Coastal dynamics: waves, currents, sediment flows). Moscow: GEOS, 2001, 272 p.
4. *Leont'ev I.O.* Bjudzhet nanosov i prognoz razvitija morskogo berega (Sediment budget and sea-shore development forecast). *Okeanologija*, 2008, Vol. 48 (3), pp. 467–476.
5. *Leont'ev I.O.* Ravnovesie beregovogo kontura (Coastal Balance), *Okeanologija*, 2005, Vol. 45 (5), pp. 790–800.
6. *Tljavlina G.V. and Vjalyj E.A.* Primenenie prirodnoho kamnja v morskome gidrotehnicheskom stroitel'stve (Natural stone using in the offshore hydraulic engineering). *Jekologičeskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja*, 2022, No. 2, pp. 53–69. <http://ecological-safety.ru/repository/issues/2022/02/04/20220204.pdf>
7. *Nichiporovich A.A.* Plotiny iz mestnyh materialov (Dams made from local materials). Moscow: Strojizdat, 1973, 320 p.
8. Metodicheskoe posobie po ukrepleniju gruntov metodami strujnoj cementacii, glubinnym pemešivaniem, in"ekcii rastvorami na osnove mikro cementov, manzhetnoj in"ekciej v režime gidrorazryvov (Methodological manual on strengthening soils using jet cementation methods by deep mixing injection with solutions based on microcements cuff injection in the mode of hydraulic fracturing). Moscow, 2020, 83 p. https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp16_2020.pdf.
9. https://studme.org/297215/geografiya/razrushitelnaya_rabota_okeanov_morey (July 28, 2023).
10. https://ru.wikipedia.org/wiki/Tombolo_%28forma_rel'efa%29 (July 28, 2023).
11. *Shhodro A.E., Chernyh S.L., Sorokin A.N., and Kabalin S.V.* Volnogasitel' s kolodcami-zavihriteljami' (Wave damper with wells and swirlers. Application for invention), *Zajavka na izobrenie: 2023107668*, March 28, 2023.
12. *Shhodro A.E., Chernyh S.L., Sorokin A.N., and Kabalin S.V.* Volnogasitel' (Wave damper: Utility model patent.), Patent na poleznuju model' RU 217766 U1.
13. *Danelija N.F.* Vodozabornye sooruzhenija na rekah s obil'nymi donnymi nanosami (Water intake structures on rivers with abundant bottom sediments). Moscow: Kolos, 1964, 336 p.
14. *Arykova A.I. and Zhulaev R.Zh.* Uluchshennyj tip vodozabora s donnoj reshetchatoj galereej (Improved type of water intake with a bottom lattice gallery). Alma-Ata: Izd-vo Akad. nauk KazSSR, 1961, 81 p.