

On artificial reefs

Krasnov E. V.

SUMMARY

The construction of reefs of reinforced concrete, metal scrap, worn-out tyres and other material makes the living conditions better for fish and invertebrates since the substrate surface increases and some additional protection against waves and predators is provided. They may be also used as breakwaters protecting fish-cultural farms and natural spawning grounds.

It is suggested that artificial reefs should be constructed in the Peter the Great Bay, in the Okhotsk Sea, in the northwest part of the Black Sea and some other areas to increase their bioproductivity.

УДК 639.3.04 + 639.3.06:626.887

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАВУЧИХ ВОЛНОЛОМОВ В МОРСКОМ РЫБОВОДСТВЕ

Р. Ф. Коган (ЦНИИС), О. Д. Романычева (ВНИРО)

Мелководные участки открытых морских побережий благоприятны для садкового выращивания рыб, поскольку вся толща воды хорошо прогревается и освещается солнцем; среднестатистические характеристики биологических режимов достаточно устойчивы; морские течения вдоль берега обеспечивают обмен воды на акватории, занятой рыбными садками, и ее очистку; кормовая база, включающая компоненты, которые пока невозможно включить в искусственные корма, богата; расширение производственных площадей не встречает больших трудностей и т. д.

Однако именно на мелководье рыбоводное хозяйство в наибольшей степени страдает от волнения, что связано с особенностями взаимодействия морских волн с дном. При подходе к мелководью изменяется форма и структура волн — гребни заостряются, а впадины делаются более пологими. На глубинах менее половины длины волны гребни начинают забуруниваться, волны становятся короче и крутизна их возрастает. При достижении глубин, равных одной-двум высотам волн, гребни запрокидываются, волны разрушаются и образуются мощные волно-прибойные потоки. Для этих потоков характерно резко выраженное возрастание местных давлений, сопровождаемых сильными ударами о преграду. Заякоренные садки, представляющие собой преграду на пути такого потока, испытывают большое давление и часто срываются с якорей. Штормы, нарушающие нормальную эксплуатацию рыбоводного хозяйства на открытых акваториях, во многих районах длятся значительную часть года. Поэтому прибрежные зоны морей, отведенные для садкового рыбоводства, необходимо защитить от штормовых волн.

Большое разнообразие гидрогеологических и биологических условий используемых акваторий, особенностей садкового выращивания рыб требуют индивидуального подхода к этой проблеме. Целесообразность использования какого-либо типа волнолома в каждом случае должна быть обоснована технико-экономически. Однако во всех случаях конструкция волноломов должна отвечать следующим основным требованиям: не нарушать естественные установившиеся режимы вод-

ной среды (биологические, температурные, соленость, течение и т. д.) и геологические условия на защищаемой акватории; обеспечивать необходимую степень волногашения; не сказываться на рентабельности хозяйства; допускать увеличение размеров акваторий без роста дополнительных капиталовложений; обеспечивать нормальную эксплуатацию при различной ледовой обстановке.

В той или иной мере этим требованиям могут отвечать стационарные волноломы волнонепроницаемой и сквозной конструкции, волноломы качающиеся и плавучие, пневматические и гидравлические.

Наиболее надежным средством защиты от штормовых волн являются гравитационные волноломы (рис. 1, I), выполняемые в виде сплошной волнонепроницаемой стенки (каменная наброска, бетонные блоки, массивы-гиганты). Полностью отражая волны, они, однако, способствуют изменению условий обитания морских организмов на огражденной акватории, что приводит к неожиданным и во многих случаях нежелательным последствиям; являясь препятствием на пути перемещений наносных грунтов вдоль берега, волноломы могут служить причиной переформирования береговой линии и нарушить нормальную эксплуатацию береговых объектов, кроме того, они дороги. В силу этих причин возможности применения волноломов волнонепроницаемой конструкции в морском садковом рыбоводстве, видимо, ограничены.

Стационарные волноломы сквозной конструкции (см. рис. 1, II) в отличие от сплошных волнонепроницаемых стенок, обеспечивая необходимую степень волногашения, не изменяют биологических режимов защищаемой акватории, почти не влияют на перемещения наносных грунтов.

Сквозной волнолом состоит из волногасителя I, располагаемого в верхнем слое воды, и опорных конструкций (свай, оболочек и др.), предназначенных для крепления гасителя. В качестве волногасителя применяются экраны, понтоны, решетки и другие конструкции. Основными параметрами сквозного оградительного сооружения, определяющими его волнозащитное действие, являются заглубление верхнего строения под воду или его осадка и возвышение его над водой. Из этих двух параметров наибольшее значение имеет осадка рабочей части волнолома, которая в значительной мере обеспечивает требуемую эффективность волногашения. Эти волноломы несколько дешевле гравитационных. Потребность в постепенном расширении производственных площадей развивающегося рыбководческого хозяйства вызывает необходимость перемещения волнозащитных устройств и увеличения периметра всего ограждения. Жесткое крепление стационарного волнолома на акватории усложняет эту задачу и требует больших дополнительных капиталовложений. К тому же эксплуатация таких волноломов сильно осложняется зимой, когда на акватории образуется мощный ледовый покров. По указанным соображениям стационарные волноломы сквозной конструкции в настоящее время, по мнению авторов, не найдут широкого применения.

Стремление уменьшить воздействие волновых нагрузок на конструкцию волнозащитных устройств привело к созданию «качающегося волнолома», состоящего из отдельных звеньев, каждое из которых включает в себя плавучий волногасящий элемент различной конфигурации, крепящийся с помощью жестких стоек через шарнир к массивной опоре, установленной на дне акватории. Качающиеся волноломы (см. рис. 1, III) изучены мало. Авторам неизвестны попытки использования их на практике. Однако результаты исследований на моделях в волновом лотке говорят о хороших волногасящих свойствах волноломов такого типа. Самые тяжелые ледовые условия на акватории не

помеха для их эксплуатации, поскольку в период ледостава они опускаются на дно (см. рис. 1, III).

Установка качающихся волноломов на акватории связана с большими трудностями вследствие необходимости обеспечения строгой со-

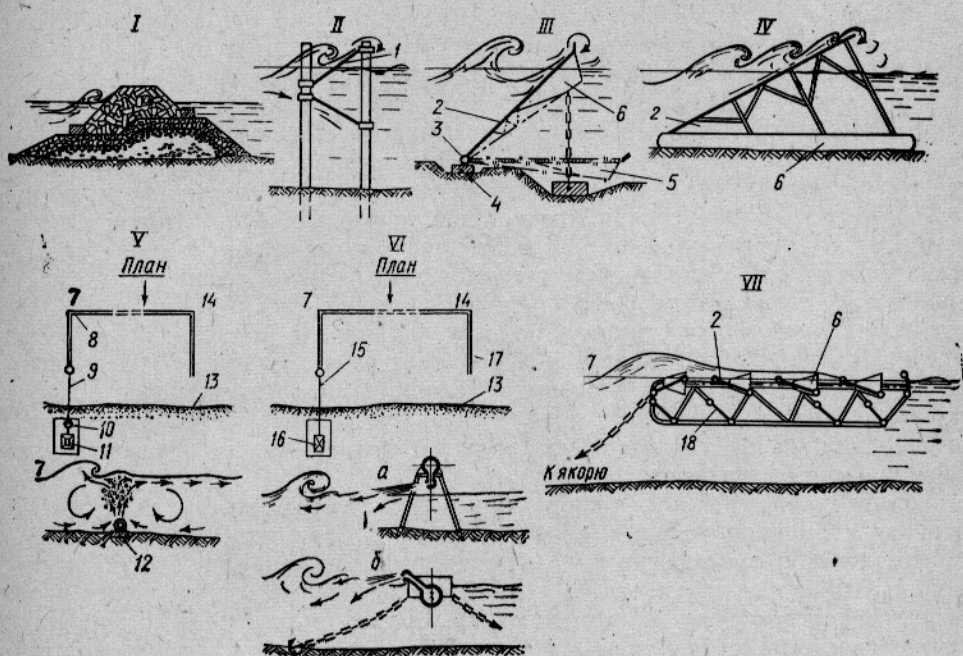


Рис. 1. Различные типы волноломов:

I — гравитационный, II — стационарный сквозной конструкции, III — качающийся, IV — с наклонным волногасителем, V — пневматический, VI — гидравлический (а — стационарный, б — плавучий), VII — плавучий; 1 — волногасящий экран; 2 — волногаситель; 3 — шарнир; 4 — опора; 5 — волнолом опущен на дно; 6 — плавучесть; 7 — море; 8 — перфорированная труба; 9 — магистральный трубопровод; 10 — ресивер; 11 — компрессор; 12 — фундамент; 13 — берег; 14 — волны; 15 — соединительный трубопровод; 16 — насос; 17 — рабочий трубопровод; 18 — стабилизаторы качки.

осности опорных шарниров многих звеньев волнолома при различных рельефе дна и грунтовых условиях. Расположение шарниров под водой делает невозможным прямые наблюдения за их состоянием, а отсутствие технических решений, обеспечивающих надежную и долговечную работу опорных устройств при больших нагрузках, не позволяет рекомендовать применение качающихся волноломов в настоящее время.

Интересна конструкция волнолома из отдельных звеньев, занимающего промежуточное положение между стационарным и плавучим устройствами, выполненного в виде платформы-понтон, который соединен металлическими трубами с волногасящим щитом, наклонным к горизонту под углом 30° (см. рис. 1, IV). Размеры одного звена волнолома $11,4 \times 4,5 \times 2,7$ м, осадка в плавучем состоянии 60—65 см. Волнолом предназначен для гашения волн высотой 2,1 м на глубине 4,5 м. Волнолом с заполненными водой понтонами, погруженный на дно, работает как стационарный. В случае необходимости понтоны звеньев продувают сжатым воздухом, они всплывают и волнолом транспортируют. Он обладает хорошими волногасящими качествами, однако другие эксплуатационные свойства не позволяют рекомендовать его для широкого применения. Так, стоимость его зависит от глубины защищаемой акватории; значительные колебания уровня воды на акватории существенно влияют на эффективность волногашения, наличие слабых грунтов не позволяет устанавливать звенья волнолома на дно.

Постоянным волнозащитным устройством могут служить сравнительно простые пневматические волноломы (см. рис. 1, V), состоящие в основном из компрессорной установки с необходимым комплексом механизмов, устройств и приборов, ресивера, перфорированных рабочих труб, магистрального трубопровода, соединяющего воздухонагнетающую (компрессорную) установку с перфорированными трубами.

Компрессорная установка подает сжатый воздух в рабочие трубы только в период волнения, представляющего опасность для защищаемого объекта. Воздух, выходя из отверстий в рабочих трубах, в виде огромного количества небольших пузырьков, образует по всей длине волнолома конусообразную завесу. Поднимаясь сплошным потоком, пузырьки воздуха увлекают за собой окружающие массы воды, в результате чего образуется вертикальный поток водно-воздушной смеси, который достигнув поверхности воды, расходится в обе стороны от линии волнолома. Непрерывное перемещение массы воды вызывает в нижних ее слоях компенсационные течения, направленные со всех сторон к рабочей части волнолома и к границам воздушной завесы. П. С. Никеров (1965) и другие исследователи показали, что основным волногасящим фактором в пневматическом волноломе является встречное поверхностное течение; роль пузырьков воздуха здесь заключается в основном в создании восходящего потока воды, вызывающего образование поверхностного течения.

Взаимодействие пузырьков воздуха с окружающей водой существенно улучшает условия обитания рыб на защищаемой акватории, поскольку образуются донные и поверхностные течения, способствующие увеличению кратности обмена воды в рыбных садках; пузырьки воздуха способствуют насыщению кислородом масс воды, переносимых течениями к рыбным садкам; круговорот воды, образованный донными и поверхностными течениями, способствует выравниванию температур в толще воды.

Кроме того, при работе пневматические волноломы не пропускают сквозь себя вещества с меньшим, чем у воды удельным весом: зимой поверхность воды под волноломом не покрывается льдом даже в сильные морозы. Исследования показали, что двух-, трехрядная воздушная завеса может прекратить или заметно уменьшить поступление соленой морской воды на защищаемую акваторию с сильно опресненной водой, что может оказаться полезным для условий Таганрогского залива с меньшей соленостью воды, чем в Азовском море.

Отсутствие в пневматическом волноломе конструкций, выступающих над поверхностью воды, делает перспективным его применение на замерзающих акваториях.

Стоимость волнолома (включая оборудование и механизмы) невелика и, по мнению японских специалистов, составляет от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ стоимости гравитационного волнолома из бетона.

Однако эффективность волногашения пневматического волнолома на мелководье, которое в настоящее время осваивается морским садковым рыбоводством, мала, что связан как с особенностями волнового потока на мелководье, так и с уменьшением глубины заложения рабочей (перфорированной) трубы, от которой в решающей степени зависят скорость, толщина и турбулизирующие свойства поверхностного потока, производящего гашение набегающих волн.

Широкому применению пневматического волнолома препятствуют также большие эксплуатационные расходы. Потребность в огромном расходе воздуха и большая мощность компрессорно-силовой установки снижают ценность пневматического волнолома для морского садкового рыбоводства на современном этапе его развития. И наконец,

морские организмы, разрастаясь на внешней и внутренней поверхностях рабочих труб пневматического волнолома, перекрывают отверстия для выхода воздуха и закупоривают трубы, что может вывести волнолом из рабочего состояния и вызвать аварийную ситуацию.

Принцип разрушения волн встречным потоком использован в гидравлических волноломах (Новые облегченные конструкции оградительных сооружений морских портов, 1965). Гидравлический волнолом (см. рис. 1, VI), похожий по конструктивной схеме на пневматический, состоит из насосной станции, рабочего трубопровода с отверстиями и магистрального (соединительного) трубопровода. Волнолом может выполняться в стационарном или плавучем варианте. Гидравлические волноломы не изменяют условий защищаемой акватории; строительная стоимость их невелика. Однако их нельзя рекомендовать для садового рыбоводства, поскольку для обеспечения требуемой степени волногашения необходимы большие затраты энергии; коэффициент полезного действия установки не превышает 14%; стоимость их эксплуатации высока.

В последние годы предложены волноломы из мягких оболочек. Однако их высокая стоимость и дефицитность материала конструкции не позволяют им в настоящее время при многих достоинствах конкурировать с волноломами, конструкция которых может быть выполнена из металла, дерева или бетона.

Плавучие волноломы — самый представительный класс волнозащитных устройств, и в последние годы интерес к ним заметно возрос. Это объясняется их эксплуатационными и экономическими преимуществами перед другими типами волноломов. Плавучие волноломы особенно эффективны при гашении коротких и крутых волн, которые мешают нормальной эксплуатации рыбных садков. Плавучие волноломы не нарушают естественных условий, сложившихся на защищаемых акваториях, они пригодны для акватории любой формы и не препятствуют изменению ее размеров; стоимость их конструкции и эксплуатации мало зависит от гидрогеологических условий на акватории; выполнять их можно из недефицитных материалов; колебания уровня воды мало влияют на их волногасящие качества; зимой их либо вытаскивают на берег, либо затапливают.

Принцип гашения волн плавучими волноломами основан на явлении концентрации большей части волновой энергии в верхних слоях воды и ее резком уменьшении с глубиной. Заякоренные плавучие волноломы разрушают энергию волнового потока верхних слоев воды, а незначительная часть энергии волнового движения глубинных слоев воды не вызывает опасного волнения.

Плавучие волноломы гасят волновую энергию отражением, разрушением гребней волн, а также при помощи явления резонанса. Конструкция плавучего волнолома определяется тем, какой из этих способов должен превалировать. По мнению многих специалистов, наиболее перспективны плавучие волноломы, приспособленные для разрушения волн (рис. 1, VII).

Звенья плавучих волноломов соединены межзвеньевыми устройствами различной конструкции. Каждое звено волнолома включает в себя волногасящие элементы, элементы, создающие плавучесть, разные по форме и расположению на корпусе звена волнолома, стабилизаторы качки, несущие связи корпуса звена.

Волногасящие элементы перехватывают часть волнового потока, преобразуют его в поток со струйным течением и отклоняют в нижележащие слои воды, создавая глубоко проникающие течения различных направлений и мощные вихревые образования. Это приводит к сильнейшей турбулизации и аэрации масс жидкости по глубине, к ак-

тивному разрушению орбитальных колебаний частиц жидкости в волне. Плавающие волноломы могут уменьшить высоту исходной волны на 70—80%, однако они не могут существенно изменить ее длину. Поэтому волноломы, во-первых, должны обеспечивать требуемое снижение высоты набегающих волн, а во-вторых, размеры плавающих оснований садков (по отношению к длине исходных волн) должны обеспечивать нормальную эксплуатацию садков.

Плавающие волноломы из всех волнозащитных ограждений в наибольшей мере отвечают требованиям морского садкового рыбоводства на современном этапе его развития. Их успешно применяют для защиты от волн акваторий, используемых рыбоводными хозяйствами. На юго-восточном побережье Аляски, например, эксплуатируется волнолом из объединенных между собой в блоки размером 6,4 на 18 м закоренных железобетонных понтонов. Расположенный по кругу он защищает выростные бассейны и рыболовецкие суда от волн высотой до 0,9 м. Плавающий волнолом конструкции Касаока (Япония) защищает от волн бухту, акватория которой используется для марикультуры (рис. 2).

При конструировании плавающих волноломов учитывают гидрогеологические особенности акваторий, используемых для размещения садков, и современное состояние производственных баз рыбоводных хозяйств.

Конструкция волнолома и схема его закоренения определяются расположением рыбных садков на акватории и направлением перемещения волн при штормах. Длина волнолома должна быть такой, чтобы все садки располагались в зоне волновой тени с требуемой степенью гашения энергии набегающих волн.

При конструировании звена волнолома (рис. 3) учитывают не только требования волногашения, но и возможности изготовления и условия его эксплуатации. Так, габариты и масса звена плавающего волнолома должны быть такими, чтобы его можно было поднять на берег в условиях малой механизации. Осадка звеньев волнолома должна обеспечивать нормальную эксплуатацию волнолома при сгонно-нагонных явлениях, вытаскивание звеньев волнолома на берег в условиях обширного мелководья, очистку на плаву подводной части конструкции от морского обрастания без применения водолазных работ.

Необходимое для волногашения водоизмещение волнолома достигается его балластировкой водой, увеличением массы воды, присоединенной при качке. Запас водоизмещения каждого звена должен обеспечивать нормальное функционирование волнолома в течение всего навигационного периода с учетом возможности его обрастания морскими организмами и наноса ила при штормах. Звено волнолома должно быть достаточно устойчивым во всех случаях эксплуатации.

Надежность и эффективность работы плавающего волнолома во многом зависит от межзвеньевых соединений. Их конструкция должна быть простой и удобной в обслуживании.

Якорные устройства должны обеспечивать надежную стоянку волнолома при нагрузках, соответствующих неблагоприятным сочетаниям ветро-волновых режимов и течений. Схемы закоренения плавающих волноломов должны быть по возможности более простыми, предпочтительно меньшее число якорных цепей при больших их калибрах. Якорные системы должны удерживать волнолом в заданном положении не только при фронтальном, но и при косом подходе волн к волнолому, не допуская его дрейфа. В качестве якорных связей рекомендуется применять литые якорные цепи; якоря можно использовать гравитационные, свайные и кольцевые. Желательна эксплуата-

ция якорных устройств в течение нескольких лет без извлечения их из воды.

Каждое звено плавучего волнолома должно иметь швартовные устройства для лодок или катеров службы технического надзора. Швартовка других плавсредств к волнолому запрещается.

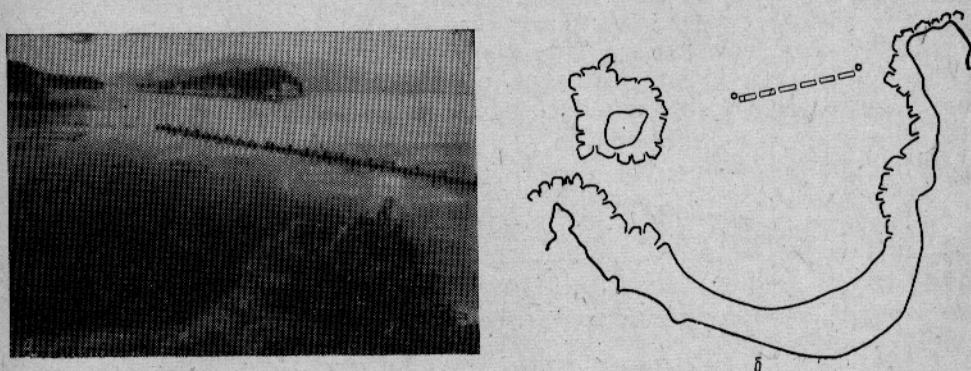


Рис. 2. Плавучий японский волнолом в заливе;
а — общий вид; б — схема.

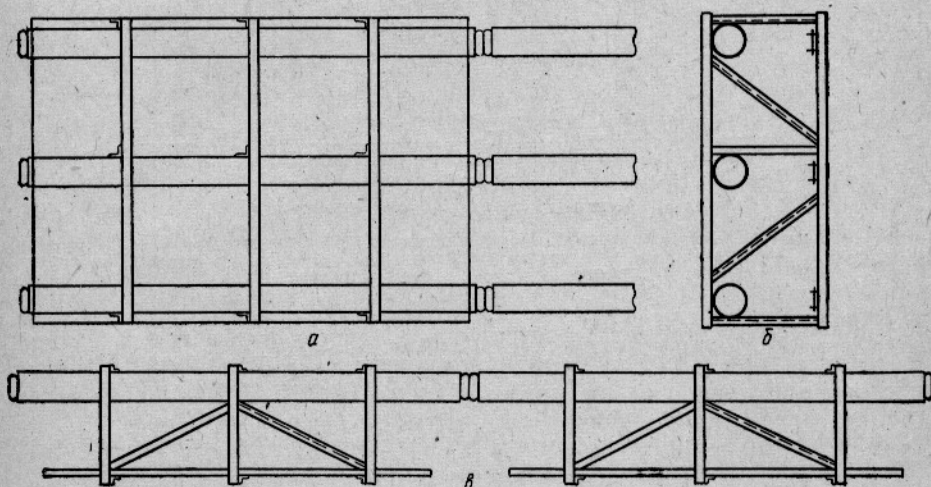


Рис. 3. Звено плавучего японского волнолома:
а — общий вид; б — вид спереди; в — сбоку.

При разработках проектной документации и строительстве плавучего волнолома необходимо использовать рекомендации и нормы, составленные Регистром СССР применительно к судовым конструкциям.

Для одной из бухт Таганрогского залива Азовского моря в ЦНИИС была разработана конструкция плавучего волнолома, рассчитанного на гашение ветровых волн высотой до 1,5 м и длиной до 12 м. Волнолом состоит из однотипных звеньев, соединяемых шарнирами и оборудованных устройствами для заякорения, буксировки и швартовки. Главные размерения волнолома определяются условиями получения необходимой площади волновой тени, в которой размещаются рыбные садки, и гидрогеологической обстановкой. При волнении, характеризуемом параметрами, не превышающими расчетных, за волноломом образуется волновая тень параболического очертания, в пре-

делах которой высота волны составляет 30—35% высоты исходной волны. Глубина волновой тени составляет примерно 1,2—1,5 длины волнолома (L) по фронту волны.

Каждое звено волнолома (рис. 4) включает в себя носовой вакуумный стабилизатор, выполняющий одновременно функции потокообразующего элемента, потоконаправляющий элемент, систему вихреобразующих плоскостей и кормовой вакуумный стабилизатор и трубчатые плавучести. Носовой и кормовой вакуумные стабилизаторы снабжены обратными клапанами для пропуска воздуха. В каждой плавучести с носа и кормы установлены балластные цистерны.

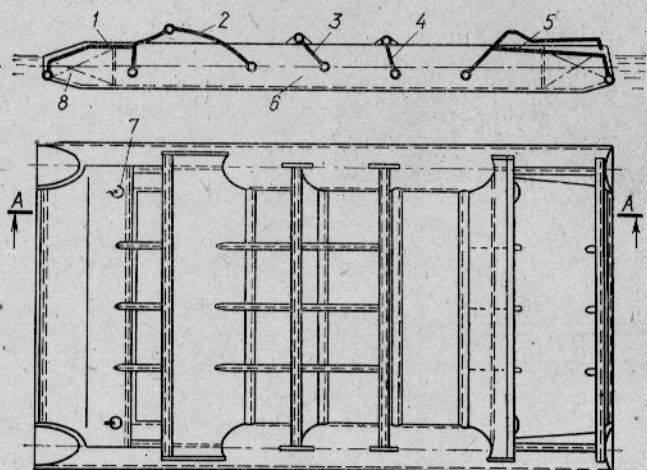


Рис. 4. Плавающий волнолом ЦНИИС:

1 — носовой вакуумный стабилизатор; 2 — потоконаправляющий элемент; 3 и 4 — вихреобразующие плоскости; 5 — кормовой вакуумный стабилизатор; 6 — трубчатые плавучести; 7 — обратные клапаны для пропуска воздуха; 8 — балластные цистерны.

Корпус звена волнолома строят в основном из листовой и сортовой стали марки «В Ст 3 сп» в соответствии с ГОСТ 380—71, поддерживающие понтоны — из труб 630×4 по ГОСТ 10704—63, волногасящие элементы и переборки балластных цистерн — из листовой стали толщиной 3 мм.

Главные размерения звена волнолома

Длина (по лучу волны), м	8,0
Ширина (по фронту волны), м	4,5
Осадка, м	0,5
Общее весовое водоизмещение звена волнолома (с учетом балласта), т	3,6

Звено волнолома не должно иметь ни крена, ни дифферента, однако незначительный дифферент на нос временно допускается.

Продольная прочность звена волнолома обеспечивается трубчатыми понтонами, поперечная — конструкциями волногасящих элементов. Каждые два соседних звена волнолома соединены двумя межзвеньевыми шарнирами, установленными по концам звеньев.

Схема постановки волнолома на якорную стоянку должна обеспечивать точную фиксацию волнолома на акватории, а также возможность свободного размещения рыбных садков в пределах волновой тени, образуемой волноломом. Волнолом заякоривается при помощи носовых и кормовых якорных связей, каждая из которых состоит из якоря, бриделя, швартовой бочки и швартовов. Рекомендуются ме-

таллические винтовые якоря, которые при незначительной массе (не более 0,2 т) обладают большой удерживающей силой (до 60 т), обеспечивая длительную надежную эксплуатацию заякоренного волнолома, надежную работу якорных связей под любым углом, отсутствие всякого «дрейфа», возможность довольно точной установки на акватории. Конструкция этих якорей проста, устанавливают их зимой со льда. Бридель изготавливают из литых якорных цепей калибра 49 по ГОСТ 6348—65 длиной 30—35 м. Калибр якорных цепей зависит не только от внешних нагрузок. Вследствие трудоемкости установки якорей и растяжки якорных цепей необходимы такие конструкции, которые позволят эксплуатировать их без извлечения из воды в течение нескольких лет. Поэтому цепь бриделя имеет запасы на коррозию и истирание.

Металлические швартовные бочки имеют балластные отсеки, балласт в которых используется для поддержания заданной рабочей осадки бочки, затопления бочки зимой, всплытия при осмотрах, ремонтах и окраске. Общее водоизмещение швартовной бочки (с учетом балласта) обеспечивает поддержание провисающей части бриделя. В период становления льда на акватории швартовные бочки затапливают. Запас плавучести бочки позволяет поддерживать свободно провисающий отрезок цепи длиной примерно 1 м, что не позволяет бочке лечь на дно и заилиться. Глубина в месте затопления бочки должна исключать возможность ее примерзания к нижней кромке льда. К бочкам волнолом крепится швартовным стальным канатом, диаметр которого выбирают по разрывному усилию с коэффициентом запаса не менее 5.

Для большей части прибрежных мелководий Азовского и Балтийского морей с благоприятными для рыб условиями обитания целесообразно использовать плавучий волнолом ЦНИИС (А. С. № 541917, 1975), конструкция которого в полной мере отвечает приведенным требованиям: он имеет малую осадку, хорошие волногасящие свойства при относительно малой массе, приемлемые якорные нагрузки и недорог в изготовлении. К тому же при его взаимодействии с волной возникает сильнейшая турбулентность водных масс в районе установки волнолома, что насыщает воду кислородом на значительную глубину и образует слабые горизонтальные потоки, способствующие лучшему обмену воды в рыбных садках.

Волногасящие свойства плавучего волнолома изучались на его модели, составленной из пяти звеньев и объединенных между собой упругими межзвеньевыми соединениями (рис. 5). Каждое звено модели волнолома выполнялось в масштабе 1:5.

Габариты звена модели волнолома

Размер, см	
по лучу волны b	160
по фронту волны l	88
Осадка средняя в полном грузу (с балластом) T_0 , см	9,3
Высота H , см	18
Диаметр плавучестей d , см	12,6
Водоизмещение в полном грузу D , кг	32

Исследования проводились в волновом бассейне (19,7×13,6 м) Черноморского отделения ЦНИИС глубиной 0,42 м с бетонным горизонтальным дном. Волнение создавалось при помощи волнопродуктора типа «качающегося щита». Со стороны, противоположной волнопродуктору, из камней насыпали откосный волногаситель с уклоном 1:3 и высотой 60 см.

Изучали характер волновых колебаний за волноломом и определяли площадь волновой тени при разной степени волногашения при фронтальном подходе волн к волнолому. Высота волн 14—17 см, длина = 200—300 см.

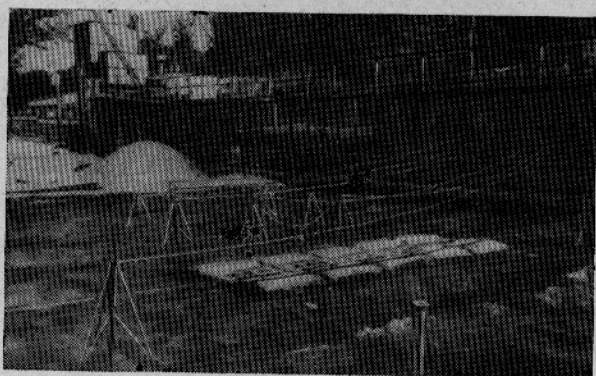


Рис. 5. Испытание плавучего волнолома в волновом бассейне ЦНИИС.

Структура и конфигурация волновой тени (рис. 6) зависят от дифракции и интерференции волн за плавучим волноломом. В зоне волновой тени взаимодействуют волны, дифрагирующие с обоих концов волнолома, и волна, проникшая через тело волнолома, которая не по всей длине испытывает одинаковое гашение. По краям волнолома гашение менее эффективно, чем в его средней части, вследствие более сильной качки концевых звеньев волнолома.

Установлено, что при правильном регулярном волнении колебания взволнованной поверхности воды за волноломом в каждой отдельной точке носят постоянный характер, что позволило построить планы изолиний коэффициентов проникания K_p , представляющие собой отношение амплитуд колебаний поверхности воды за волноломом к высоте исходной волны и характеризующие площадь волновой тени с гашением энергии исходного волнения не менее заданного. Планы изолиний строились для значений K_p , равных 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и при отношениях ширины волнолома к длине волны $\left(\frac{b}{\lambda}\right)$ равных 0,65 и 0,8. На рис. 7 приведен пример плана изолиний коэффициентов проникания K_p . Поверхность в пределах волновой тени колеблется с периодом исходной волны, но не совпадает по фазе с колебаниями взволнованной поверхности в точках, расположенных вне пределов волновой тени. Амплитуды колебаний взволнованной поверхности внутри волновой тени плавно возрастают из центра волновой тени и довольно резко — на ее внешних границах. Это хорошо видно на планах изолиний коэффициентов K_p . На границах волновой тени изолинии располагаются очень густо.

В общем случае область наилучшего гашения находится на некотором расстоянии от кормы волнолома на геометрической оси площади волновой тени. Величина площади области наилучшего гашения и положение ее относительно кормы волнолома зависят в основном от отношений $\frac{b}{\lambda}$ и $\frac{L}{\lambda}$.

Наибольший интерес с точки зрения защиты рыбных садков представляют характеристики волновой тени при гашении энергии исход-

ной волны не менее чем на 60%, что соответствует значению коэффициента проникания $K_n = 0,4$.

Удалось с достаточной степенью точности аппроксимировать интересующую нас зону волновой тени с гашением в 60% и более условным прямоугольником. Площадь F этого прямоугольника равна действительной площади волновой тени, имеющей сложное криволинейное

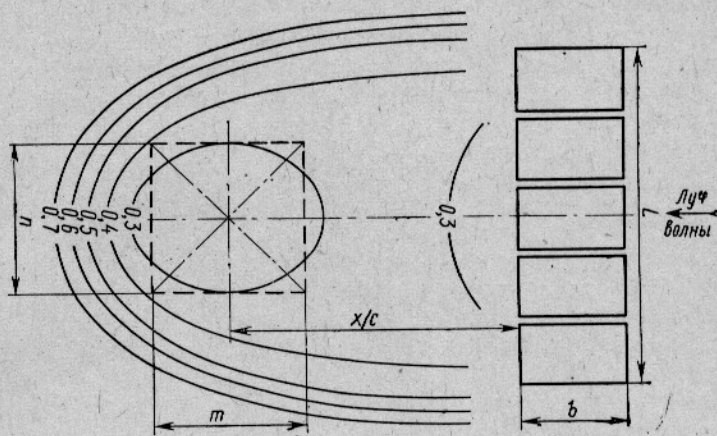


Рис. 6. Форма площади волновой тени при различных значениях коэффициента проникания (K_n)

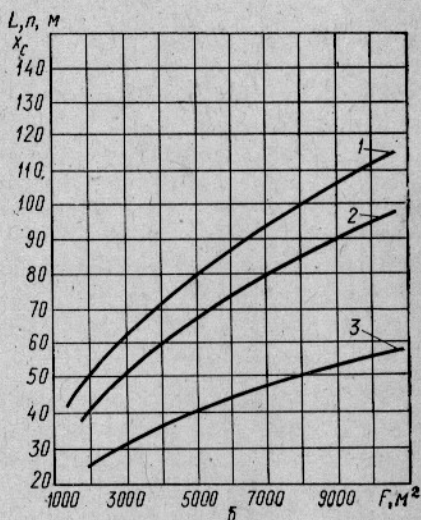
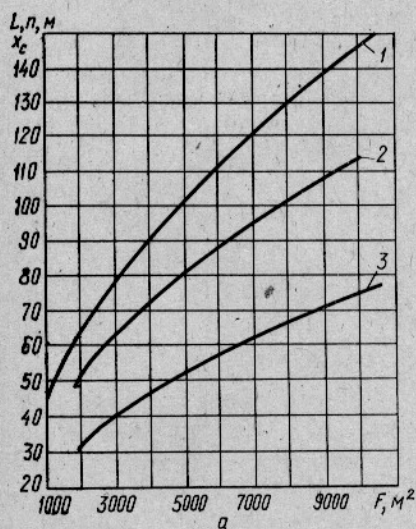


Рис. 7. Графики зависимости площади волновой тени от длины волны и положение ее центра тяжести ($a - \frac{b}{\lambda} = 0,65$, $\sigma - \frac{b}{\lambda} = 0,8$):
1 — L ; 2 — n ; 3 — x_c

очертание. Ширина прямоугольника n принимается равной действительной ширине волновой тени на уровне ее геометрического центра, а высота m находится расчетным путем, как частное от деления площади волновой тени на ее ширину. Координата x_c определяет положение центра тяжести площади волновой тени относительно кормы волнолома. Характеристики волновой тени и длину волнолома по фронту волны определяют при помощи зависимостей $L = f_1(F)$, $n = f_2(F)$,

$x_c = f_3(F)$, приведенных при значениях $\frac{b}{\lambda}$, равных 0,65 и 0,8 (см. рис. 7). При помощи графиков можно определить необходимую длину волнолома L и его положение относительно защищаемой группы рыбных садков, а также дать характеристику волновой тени при изменении параметров исходного волнения в пределах значений отношения $\frac{b}{\lambda} = 0,65 \div 0,8$.

Возможность выбора размеров плавучих волноломов позволяет предварительно оценить экономическую эффективность их применения, так как зная размеры волнолома и его конструкцию, можно определить ориентировочные затраты материалов на его изготовление по укрупненным показателям.

ВЫВОДЫ

1. Гидрологический и гидробиологический режимы мелководных прибрежных участков морских побережий благоприятны для садкового выращивания рыб. Однако на мелководье рыбоводные хозяйства страдают от волнения, что связано с особенностью взаимодействия морских волн с дном.

2. Для защиты акваторий, используемых для садкового рыбоводства, можно применять различные волноломы: гравитационные, качающиеся, пневматические, гидравлические, плавающие.

3. Из всех волнозащитных ограждений плавучие волноломы в наибольшей мере отвечают требованиям садкового рыбоводства на современном этапе.

4. Конструкция плавучих волноломов должна учитывать возможности изготовления и условия их эксплуатации, гидрогеологические особенности акваторий, современное состояние производственных баз рыбоводных хозяйств.

5. Для большей части прибрежных районов Азовского и Балтийского морей целесообразно использовать плавучий волнолом системы ЦНИИС, конструкция которого в полной мере отвечает необходимым требованиям: имеет малую осадку, хорошие волногасящие свойства при небольшой массе, приемлемые якорные нагрузки и относительно недорог в изготовлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- А. С. № 541917 — Б. И. 1975, № 1.
 Никеров П. С. Пневматический волнолом. — М.: Транспорт, 1965.—134 с.
 Новые облегченные конструкции оградительных сооружений морских портов. М.: СоюзморНИИПРОЕКТ. 1965.—153 с.
 Floating breakwaters: useful, but expensive. „Civ. Eng.“ (USA), 44, № 9, 1974, p. 22.

The use of breakwaters in mariculture

Kogan R. F., Romanycheva O. D.

SUMMARY

Anchored fish-cultural cages block up the flow and under its pressure they get often unchanged. They may be protected from waves with breakwaters in the inshore area.

Various types of breakwaters, e. g. gravitation, stationary, swinging, pneumatic, floating, hydraulic, with an inclined wave-damper can be used to protect certain areas chosen for maricultural projects. However the priority is given to floating breakwaters which are the most economic and effective for damping waves.