

УДК 591.524.11.574.47(262.5)

Сытник Н.А., Золотницкий А.П., Крючков В.Г.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МОРСКИХ ГИДРОБИОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИДИЙ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Аннотация. Для проектирования морских гидробиотехнических сооружений (МГБТС), обеспечивающих сбор спата мидий и их выращивание, была выполнена классификация МГБТС. Для условий северо-восточной части Черного моря предложено использовать коллекторы-носители непрерывные, пилообразные (КНП) и их модификации по размерам и типам субстратов, а также морские сооружения гребенчатого, линейного типа (СГЛ). Приведено описание всех основных узлов сооружений, способы их изготовления и технические характеристики, а также расчеты, подтверждающие надежность конструкций коллекторов и носителей, выполненных в рассматриваемых акваториях, с учетом возможных и экстремальных гидрометеорологических условий. Для сбора личинок и выращивания мидий на сооружениях КНП и СГЛ предложено использовать коллекторы веревочные с различными субстратными вставками (пенопластовыми, пластиковыми, из веревочных отрезков и др.), с подбираемыми величинами боковых поверхностей.

Ключевые слова: Керченский пролив, Четное море, мидия, культивирование, морские гидробиотехнические сооружения.

Sytnik N.A., Zolotnitsky A.P., Kryuchkov V.G.

TO THE QUESTION OF THE CHOICE OF MARINE HYDROBIOTECHNICAL STRUCTURES USED FOR CULTIVATION OF Mussels IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA

Abstract. For the design of marine hydrobiotechnical structures (MGBTs) that provide for the collection of mussel spates and their cultivation, the MGBTs classification was performed. For the conditions of the northeastern part of the Black Sea, it is proposed to use: continuous, sawtooth-carrier collectors (KNP) and their modifications in terms of sizes and types of substrates, as well as offshore, linear type marine structures (SGL). A description is given of all the main components of the structures, methods of their manufacture and technical characteristics, as well as calculations confirming the reliability of the designs of collectors and carriers performed in the considered water areas, taking into account possible and extreme hydrometeorological conditions. It was proposed to use rope collectors with various substrate inserts (foam, plastic, from rope segments, etc.) with selected values of lateral surfaces for collecting larvae and growing mussels at KNP and SGL structure.

Keywords: the Kerch Strait, Black Sea, mussel, culture, natural settlement, marine hydrobiotechnical facilities.

Введение. Марикультура моллюсков имеет важное экологическое и социально-экономическое значение [1]. Конхиокультура оказывает значительную роль в самоочищении шельфовой зоны, что приводит к снижению уровня ее эвтрофикации [2] и увеличению ассимиляционного потенциала акваторий, подверженных антропогенному воздействию.

Особое значение отводится марикультуре моллюсков в социально-экономическом плане — она позволяет обеспечить занятость населения, живущего у побережья морей и, тем самым, снизить социальную напряженность на рынке труда [3, 4].

Следует отметить, что развитие промышленной марикультуры моллюсков в бывшем СССР началось в Чёрном море. Именно здесь, на основе производственной проверки, с участием представителей Москвы, Севастополя, Керчи, Очакова, впервые был создан производственный научно-технический центр (ПНТЦ) «Керчьмоллюск» с масштабами выращивания 10 тыс. т мидий. Несколько позже были созданы НВК «Моллюск-индустрия», НЭКМ «Большой Утриш». В этих же районах по государственным программам работали Новороссийскрыбпром и ООО «Мидия» (Краснодар). Активно участвовали в работах по выращиванию мидий рыболовецкие колхозы Крыма.

В этих хозяйствах были использованы морские гидробиотехнические сооружения (МГБТС), которые обладали высокой технологичностью установок в море, надежностью при штормах и ледовых условиях и требующие минимального обслуживания, а также различные модификации морских ярусно-линейных сооружений типа СГЛ [5].

В связи с распадом СССР эти работы были прекращены, и, несмотря на многочисленные проекты возрождения таких хозяйств, (проекты «Мидийная ферма», 1992 г., «Керчьтехнополис», 1993 г., Оздоровительный Центр «Опук», 1993 г.), они не нашли своего продолжения, хотя для этого имелись все необходимые предпосылки.

После перехода Крыма под юрисдикцию Российской Федерации вновь возникла возможность возродить марикультуру моллюсков на Чёрном море и создать сеть морских хозяйств (ферм) на Чёрном море, что может внести весомый вклад в решение продовольственной программы России [1].

У берегов Крыма наиболее подходят для создания хозяйств марикультуры

акватории от м. Такиль до м. Чауда (более 50 км восточного побережья Крыма и 2500 га площади подходящих акваторий) (рис. 1). Здесь могут быть отработаны технологии функционирования морских ферм как в условиях относительно укрытого от сильного волнения мелководья (южная часть Керченского пролива), так и в условиях открытого для волнения относительно глубокого побережья (черноморское побережье Керченского полуострова).

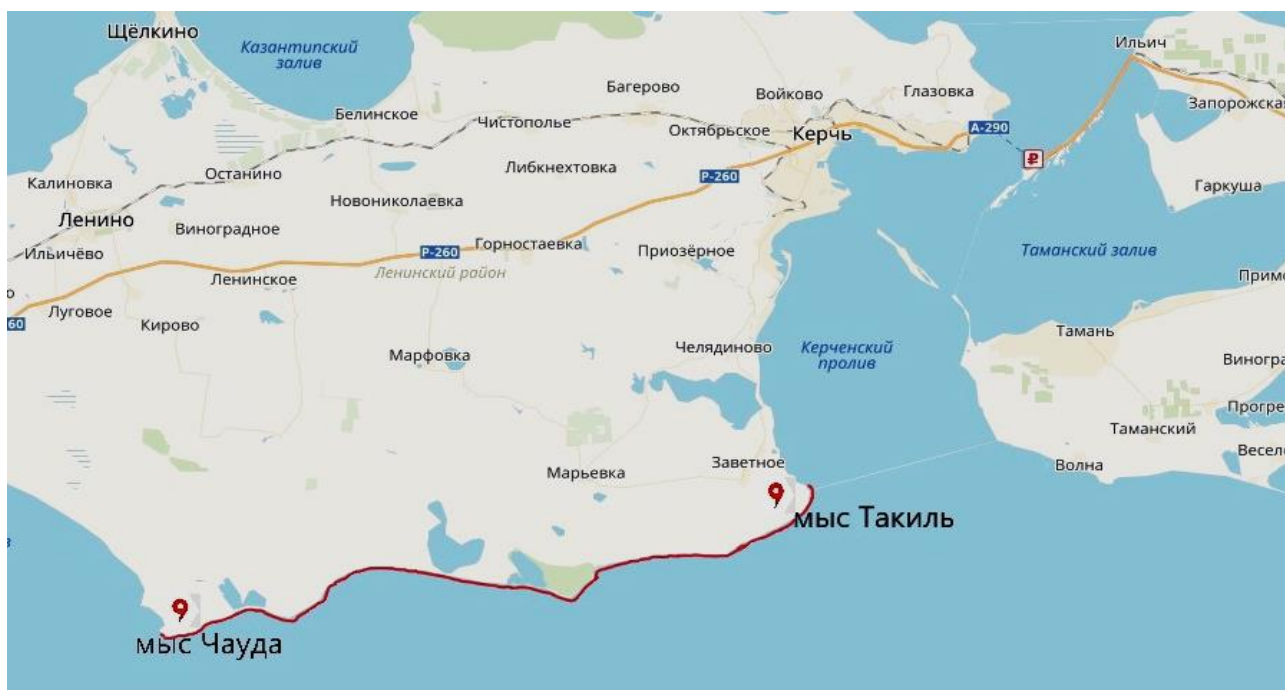


Рисунок 1 – Акватория для создания морской фермы по культивированию моллюсков в южной части Керченского пролива (от оз. Тобечик до м. Такиль и м. Чауда)

Целью исследования является выбор оптимальных схем морских гидробиотехнических сооружений для создания хозяйства по культивированию мидий в северо-восточной части Черного моря.

Материалы и методы исследования. При разработке рекомендаций по использованию морских гидробиотехнических средств (МГБТС) для выращивания мидий и устриц, основным материалом являются данные, полученные при обследовании акваторий, а также материалы, полученные в

результате опытного и опытно-промышленного выращивания мидий в Керченском проливе и предпроливном пространстве [6, 7]. Из анализа статистических данных гидрометеостанций определяется преимущественное направление наиболее продолжительных и сильных ветров. По гидрологическим материалам определяется поле постоянных течений в исследуемых акваториях. Для изученных условий эксплуатации разрабатывался наиболее оптимальная (по штормоустойчивости, производительности и себестоимости) конструктивная схема несущих элементов. Изучалась береговая черта, выполнялись эхолотом контрольные промеры глубин и рельефа поверхности дна.

Статистическая обработка полученных данных проводилась в соответствии с рекомендациями Г.Ф. Лакина [8] и П.Ф. Рокицкого [9].

Результаты исследования и их обсуждение. В соответствии конкретным условиям выбранной акватории (глубины, штормовая и ледовая обстановка, величины и направления постоянных течений, тип грунта и рельеф дна, плотность личинок мидий в пик оседания) подбирают наиболее оптимальные МГБТС для выращивания мидий [10, 11, 12, 13, 14]. Морские сооружения должны быть надежными и без существенных поломок использоваться несколько циклов выращивания. Они должны легко изготавливаться на берегу и технологично устанавливаться в море (монтироваться под водой), а далее быть технологичными в обслуживании (особенно при съеме «урожая» моллюсков и повторной подготовке МГТС для нового цикла выращивания) [11, 15].

Условия северо-восточной части Черного моря, которые учитываются при выборе МГБТС следующие: достаточная обеспеченность личинками мидий и кормовой базой; имеются необходимые глубины от 8 до 25 м (большое плато, более 1,2 тыс. га между мысами Такиль и Опук); наличие постоянных течений (0,2-0,3 м/с); отсутствие льда зимой; но имеют место сильные шторма, при наблюдаемых зимой ветрах 20-30 м/с. Район выращивания открыт для сильных ветров и поэтому штормоопасен.

Установленные на продолжительный срок в море МГБТС будут

воспринимать значительные волновые нагрузки. Удобные бухты у берегов восточного побережья Крыма отсутствуют. Необходимо учитывать, что берега – обрывистые, подвержены разрушению и мало пригодны для базирования (постройки индивидуальных причалов) обслуживающих плавсредств.

В соответствии с этим культивирование моллюсков в этом районе рекомендуется проводить на достаточно надежных, штормоустойчивых морских сооружениях. Поэтому необходимо выполнить расчеты штормоустойчивости наиболее подходящие конструкций МГБТС.

Для условий северо-восточной части Черного моря могут быть использованы: непрерывные коллекторы-носители пилообразные (КНП) и их модификации по размерам и типам субстратов, а также морские сооружения гребенчатого, линейного типа, широко используемые в открытых акваториях Европы и Азии и известных, как «Long-line».

КНП рекомендуется использовать на глубинах от 8 до 12 м, а морские сооружения типа СГЛ – на глубинах от 15 до 25 м. Необходимо учитывать, что цикл выращивания мидий в этом районе превышает год и для получения планируемых объемов выращивания ежегодно необходимо будет в воду устанавливать удвоенное количество морских сооружений и иметь для этого соответствующие площади акваторий.

Коллектор-носитель пилообразный представлен на рисунке 2 [5].

Надежность сооружения, в первую очередь, обеспечивается надежностью удержания сооружения грузами во время шторма. Таким образом, необходимо определить массу удерживающих грузов, которые не будут перемещаться во время сильного волнения.

На каждый отдельный груз действует усилие в поводке, которое возникает из-за наличия нагрузок: суммарной величины плавучестей одного поплавка и собственной плавучести субстратной полупетли (66 субстратных и 6 удерживающих вставок) и нагрузок, возникающих из-за наличия сопротивлений

полупетли с мидиями ($l = 7,2$ м) и поплавок, возникающих при обтекании движущимися потоками воды [15].

По максимальному ветровому воздействию, имеющему место один раз в году и наблюдаемому 5 последовательных лет определяют расчётные характеристики волнения: высоту волны – h ; длину волны – λ ; и период – τ .

Для северо-восточной части Черного моря принята расчетная скорость ветра $W = 30$ м/с. Среднюю высоту волны в прибрежных районах определяют по формуле 1:

$$h = 0,052 H_{\text{ср}}^{3/4} \cdot W^{1/2}, \quad (1)$$

где $H_{\text{ср}} = 8,0$ м – глубина места для эксплуатации КНП;

$W = 30$ м/с – расчетная скорость ветра;

$$h = 0,052 \cdot 8,0^{3/4} \cdot 30^{1/2} = 0,052 \cdot 4,75 \cdot 5,47 = 1,4 \text{ м.}$$

Длину волны определяют по формуле 2:

$$\lambda = 3,33 \cdot H_{\text{ср}}, \quad (2)$$

$$\lambda = 3,33 \cdot 8,0 = 27,0 \text{ (м).}$$

Период волнения определяли по формуле 3:

$$\tau = R_n = \left(\frac{2\pi\lambda}{g} \right)^{1/2}, \quad (3)$$

где τ – период волнения, с;

R_n – плавучесть субстрата;

λ – длина волны, м.

$$\text{Таким образом, } \tau \approx 0,8 \sqrt{\lambda} = 0,8 \cdot 5,2 = 4,2 \text{ с.}$$

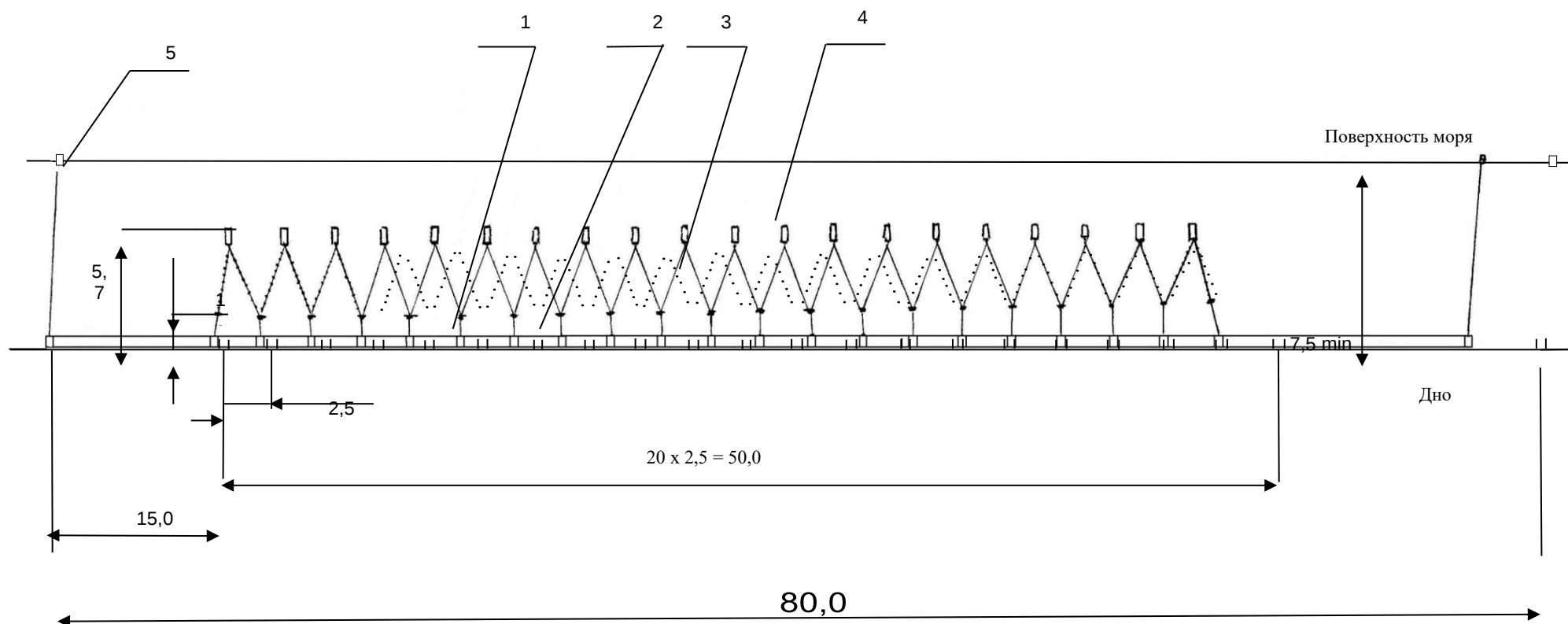


Рисунок 2 – Коллектор-носитель пилообразный (КНП)

1 – хребтина несущая; 2 – груз; 3 – субстратная часть; 4 – поплавок; 5 – буй указательный с буй-линем (размер в м)

В расчётах определения величин сопротивлений элементов сооружения потоку жидкости используют значения расчётных скоростей движения частичек воды на поверхности V_0 и на глубинах расположения элементов расчета – $z = 1; 2; 3; 4$ (метров) и соответствующие скорости определяют по формулам 4, 5:

$$V_0 = \frac{\pi h}{\tau}, \quad (4)$$

$$V_z = V_{0x} e^{\frac{-2\pi z}{\lambda}}, \quad (5)$$

где V_0 – расчётная скорость движения частичек воды на поверхности, м/с;

V_z – расчётная скорость движения частиц воды на глубинах z , м/с;

$\pi = 3,14$;

$e = 2,718$;

$z = 1; 2; 3; 4$, м – глубина расположения расчетного элемента;

h, τ, λ – параметры волнения.

Расчетные значения параметров штормового волнения:

h – высота волны – 1,4 м;

λ – длина волны – 27,0 м;

τ – период волнения – 4,2 с.

Дальнейший расчет представлен в таблице 1.

Расчеты проведены для варианта, когда одновременно учитываются полные величины плавучестей и сопротивления от биомассы мидий, чего на практике не бывает, но что обеспечивает некоторый запас надежности эксплуатации КНП.

Сооружение П-образное гребенчатого типа (одна из его модификаций) представляет собой гибкую П-образную конструкцию (рис. 3).

Рекомендуемый СГЛ относится к гибкому типу мидийных сооружений с горизонтальным расположением несущих плавучих элементов, удерживаемых наклонными оттяжками на краях и вертикальными оттугами в средней части, с тяжелыми грузами на грунте.

Таблица 1 – Расчеты, подтверждающие надежность конструкции КНП

№ п/п	Наименование расчетной величины	Формула	Расчетные действия	Ед. изм.
1.	M_r – масса удерживающего груза (в воде) k – коэффициент запаса $T_{\max}$ – усилие в грузовом поводке	$M_r = k \cdot T_{\max}$ $k = 1,5$	$M_r = 1,5 \cdot 19,878 = 29,8$ (расчет см, ниже)	кг
2.	$T_{\max}$ – усилие в грузовом поводке	$T_{\max} = \sqrt{(\sum P)^2 + (\sum R)^2}$		
3.	$\sum P$ – суммы величин плавучестей субстрата (P_c) и поплавок (P_n);	$\sum P = P_c + P_n$	$\sum P = 12 + 7,31 = 19,31$	кгс
4.	P_n – плавучесть субстрата	$P_c = P'_c + P''_c$	$P_c = 5,36 + 1,95 = 7,31$	кгс
5.	P'_c – величина плавучести субстратных вставок	$P'_c = m_c \cdot n_c \cdot k_n$	$P'_c = 20,3 \cdot 66 \cdot 4 = 5,36$	кгс
6.	m_c – масса субстратной вставки	20,3		г
7.	n_c – количество субстратных вставок	66		шт.
8.	k_n – удельная плавучесть пенопласта	4		
9.	P''_c – с величина плавучести удерживающих вставок; m_c – масса удерживающей вставки; n_c – количество удерживающих вставок	$P''_c = m''_c \cdot n''_c \cdot k_n$ 81,46	$P''_c = 81,4 \cdot 6 \cdot 4 = 1,95$	кгс г шт
10.	P_n – плавучесть поплавков	$P_n = K_y \cdot \frac{B_m}{4} \cdot 1k$	$P_n = 1,8 \cdot \frac{5,77}{4} \cdot 7,2 = 18,7$	
11.	K_y – коэффициент, учитывающий массу обрастателей и периодические увеличения биомассы мидий на коллекторе	1,8		
12.	L_k – длина полупетли коллектора (3,6 x 2)	7,2		м
13.	B'_m – биомасса мидий на 1 м пог, коллектора	$B'_m = 29,7 \cdot \omega^{(0,97 \pm 0,08)}$	$B'_m = (29,7 + 4,1) \cdot 0,138^{1,05} = 4,22$ $B'_m = (29,7 + 4,1) \cdot 0,138^{0,89} = 5,77$	кг
14.	Максимальная биомасса мидий на 1 м пог. кол.	$B_m = K_y \cdot B'_m$	$B_m = 1,8 \cdot 5,77 = 10,4$	кг
15.	ω – коэффициент (безразмерный) величины боковой поверхности на 1 м пог, коллектора в м ² , отнесенный к 1 м ² поверхности	$B_m = K_y \cdot B'_m$		кг
16.	B_m – биомасса мидий на полупетле	$B_m = B'_m \cdot 1k$	$B_m = 10,4 \cdot 7,2 = 74,8$	кг

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование расчетной величины	Формула	Расчетные действия	Ед, изм,
17.	Плавучесть полупетли (P_n) – суммарная для удержания всей биомассы мидий, с учетом уменьшения в воде в 4 раза	$P'_n = \frac{B_m}{4}$	$P'_n = \frac{74,8}{4} = 18,7$	кгс
18.	Суммарная плавучесть $\sum P$ полупетли	$\sum P = P_c + P_n$	$\sum P = 7,3 + 12 = 19,3$	кгс
19.	Сопротивление поплавка $\sum R_n$ движущемуся потоку частиц воды	$R_n = c_n \cdot \frac{\rho_v}{2g} \cdot F_n \cdot V_p^2$	$R_n = 0,5 \cdot \frac{1028}{2 \cdot 9,8} \cdot 0,12 \cdot \times \times = 0,881$	кгс
20.	c_n – коэффициент гидродинамического сопротивления поплавка	$c_n = 0,5$		
21.	ρ_v – плотность морской воды	$\rho_v = 1028$		кг/м ³
22.	g – ускорение силы тяжести	$g = 9,8$		кг/с ²
23.	F_n – площадь проекции поплавка на плоскость перпендикулярную направлению течения	$F_n = D_n \cdot 4L_n$	$F_n = 0,16 \cdot 4 \cdot 0,195 = 0,12$	м ²
24.	V_p – расчетная скорость течения частичек воды на глубине (z) размещения поплавка ($z = 5,0$ м)	$V_p = V_0 \cdot e^{-2\frac{\pi \cdot z}{\lambda}}$	$V_p = 1,04 \cdot e^{-2\frac{3,14 \cdot 2,9}{27}} = 0,5$	м/с
25.	V_0 – скорость частиц на поверхности воды	$V_0 = \frac{\pi \cdot h}{\tau}$	$V_0 = \frac{3,14 \cdot 1,4}{4,2} = 1,04$	
26.	h – высота волны	$h = 1,4$		м
27.	τ – период волнения	$\tau = 4,2$		с
28.	λ – длина волны Расчетные значения (h , τ , λ) при ветре - 30,0 м/с, глубине -8,0 м	$\lambda = 27$		м
29.	Сопротивление коллектора (R_k) половины полупетли	$R_k = c_k \cdot \frac{P_b}{2g} \cdot F_k \cdot V_p^2$	$R_k = 0,75 \cdot \frac{1 - 28}{2 \cdot 9,8} \cdot 0,56 \cdot 0,295^2 = 1,92$	кгс
30.	c_k – коэффициент гидродинамического сопротивления коллектора	$c_k = 0,75$		

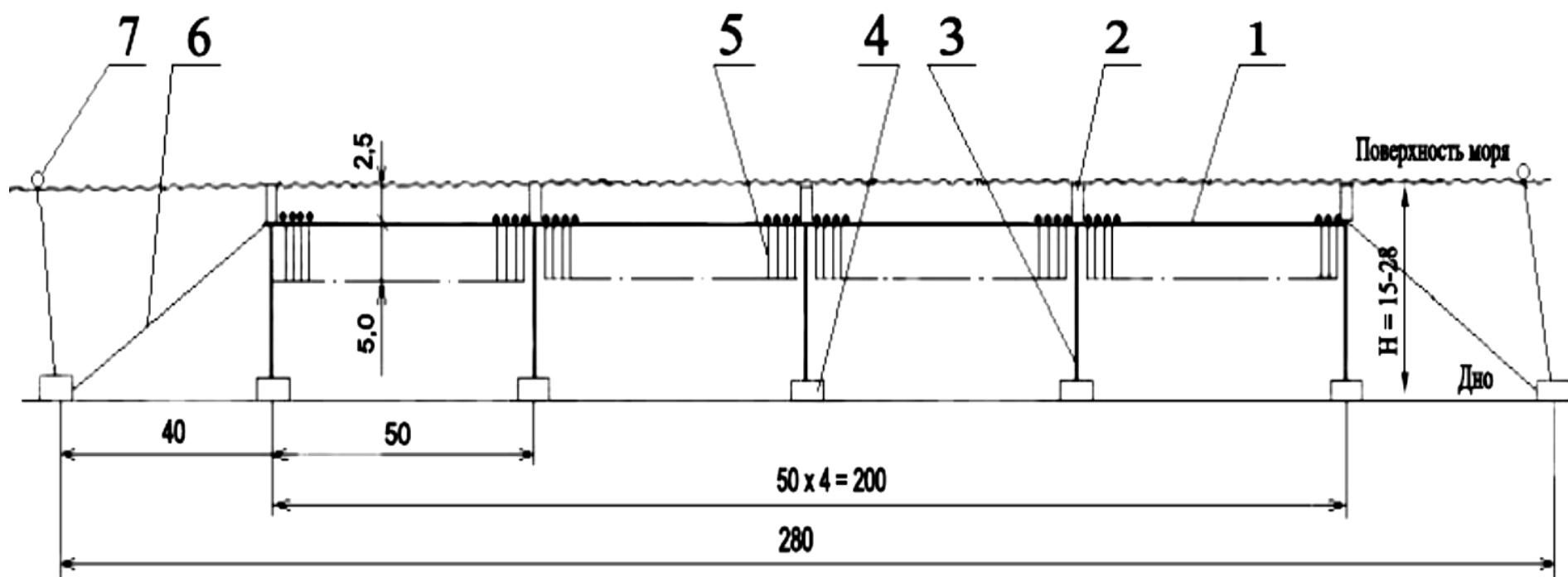


Рисунок 3 – Сооружение П-образное гребенчатого типа (СГЛ)

1 – хребтина несущая, с наплавами; 2 – буй карандашеобразный; 3 – оттуга; 4 – груз; 5 – коллектор;
6 – оттяжка; 7 – буй-линь указательный (размеры в м)

Сооружение должно эксплуатироваться в течение нескольких циклов выращивания, поэтому за расчетные принимают нагрузки от шторма со следующими расчетными параметрами волнения: высота волны $h = 2,2$ м, длина волны $\lambda = 50$ м, период $\tau = 5,7$ с. Практически с достаточной точностью скорости движения воды на поверхности и на глубине определяют по формулам 4 и 5, представленным выше. В результате вычислений получены значения: $V_0 = 1,21$ м/с; $V_{1,5} = 1,002$ м/с; $V_{2,5} = 0,884$ м/с; $V_{5,0} = 0,645$ м/с, что необходимо для определения величин сопротивлений, находящихся в толще воды биев, наплавов (хребтин) и коллекторов.

В море сооружение подвергается долговременному многократному волновому воздействию. Длительность экспозиции (один цикл выращивания 1,5 г) и изменяющаяся (нарастающая) биомасса мидий осложняют эксплуатацию и требует систематического обслуживания сооружения для исключения и ремонта поломок.

При этом сохранность урожая мидий на коллекторах достигается за счет сохранения прочности всех соединительных узлов и подвески необходимого количества поплавков, но которые при волнении и оказывают основное возмущающее воздействие.

Все части сооружения оказывают сопротивление потоку воды, причем направление скорости периодически изменяется в пространстве и по времени. В сооружении, при его размерах сопоставимых с длиной волны, внешние нагрузки воздействуют отдельно по времени, суммируются или взаимоуничтожаются и точный динамический расчет с определением нагрузок в каждый момент времени в любых точках очень затруднен. Для обеспечения штормоустойчивости мидийного сооружения при предполагаемом урожае и оптимальных подборе величины плавучести и системы размещения поплавков (с необходимым, возможным их заглублением и равномерным распределением по длине несущих элементов) достаточно правильно рассчитать массу удерживающих якорей и ответственно отнестись к узлам соединений элементов

сооружения.

В расчетах массы якорей делают допущения и определяют нагрузки при расчетных скоростях потока воды от полной плавучести (не компенсированной биомассой мидий), суммарного сопротивления коллекторов с полным урожаем мидий и сопротивлений основных элементов сооружения.

Расчет массы якорей проводят по формуле 6:

$$M_{\Gamma} = \frac{P_{\Gamma}}{K_{\text{я}}} + 1,7P_{\text{в}}, \quad (6)$$

где M_{Γ} – масса якоря в воде, кг.;

P_{Γ} – горизонтальная составляющая нагрузки на якорь, кгс.;

$P_{\text{в}}$ – вертикальная составляющая, кгс.;

$K_{\text{я}} = 1,3$ – коэффициент держащей силы якоря с углублением в днище, установленного на песчаном или песчано-илистом грунте.

Необходимо отметить, что морские сооружения для выращивания мидий, установленные в море, являются концентраторами аборигенной биоты. Вокруг мидийных коллекторов увеличивается количество и биоразнообразие гидробионтов. С целью выращивания моллюсков рыб и водорослей (в поликультуре) в ЮгНИРО разработано комплексное морское сооружение (КМС) и модульное сооружение для одновременного содержания на коллекторах мелких особей (молоди) и мидий крупных (товарных) размеров [16, 17].

Во многих районах Черного моря проводили широкомасштабные, многолетние, комплексные исследования (гидробиологические и технико-технологические) выращивания мидий и было испытано большое количество разных конструкций коллекторов. Хорошо себя зарекомендовали базовые веревочно-пенопластовые мидийные коллекторы. Для практического использования (для МГБТС типов СГЛ и КНП) разработан «непрерывно-процессный» универсальный мидийный коллектор, легко адаптируемый, с быстрым изготовлением необходимой боковой поверхности и собираемый из

базовых элементов, например, изготавливаемые из делевых полос и оснащенный вставными субстратными элементами (рис. 4) [14].

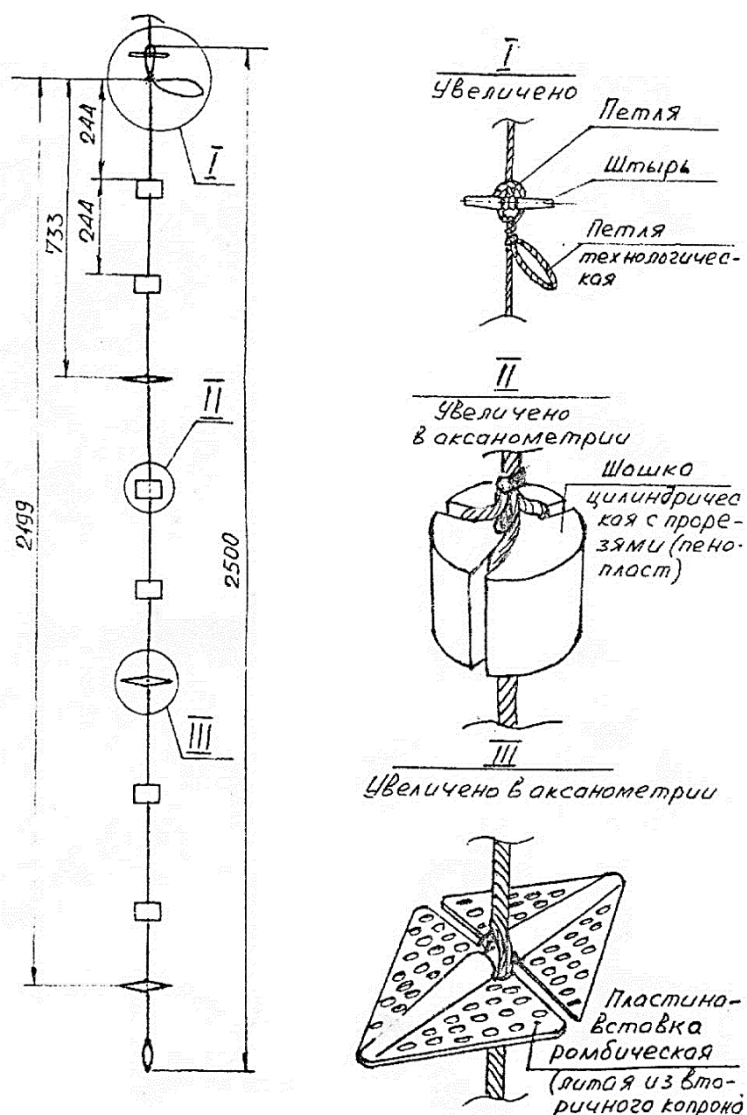


Рисунок 4 – Коллектор (рекомендуемый) комбинированный (два вида вставок) для выращивания мидий

К сожалению, пока в России отсутствуют типовые проекты создания хозяйств, промышленное производство частей МГБТС (в т. ч. поплавков, грузов, коллекторов и др. частей), специальных обслуживающих плавсредств и технологического оборудования, используемого для обслуживания и обработки моллюсков. Поэтому в хозяйствах приходится, изготавливать большинство частей технического комплекса самостоятельно, что конечно сдерживает эффективность и масштабы внедрения разработанных биотехнологий.

Выводы. Для проектирования морских гидробиотехнических сооружений (МГБТС), обеспечивающих сбор спата мидий и их выращивание, был выполнен анализ оптимальных для условий северо-восточной части Черного моря МГБТС. Предложено использовать коллекторы-носители непрерывные, пилообразные (КНП) и их модификации по размерам и типам субстратов, а также морские сооружения гребенчатого, линейного типа, широко используемые в открытых морских акваториях Европы и Азии и известные как «Long-line». В северо-восточной части Черного моря КНП и его модификации субстратной части рекомендуется использовать на глубинах от 6 до 12 м, а морские сооружения типа СГЛ с гребенчатым расположением коллекторов и его модификации – на глубинах от 12 до 22 м.

Для сбора личинок и выращивания мидий на сооружениях КНП и СГЛ предложено использовать коллекторы веревочные с различными субстратными вставками (пенопластовыми, пластиковыми, из веревочных отрезков и др.), с подбираемыми величинами боковых поверхностей.

Список использованной литературы:

1. Сытник Н.А., Юрченко А.А., Тарасова В.В. Санитарно-токсикологическая характеристика Керченского пролива и предпроливной зоны Черного моря как районов планируемых для развития марикультуры мидий // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2018. Вып. 3. С. 15-29.
2. Fishery and Aquaculture Statistics // FAO of the United Nations. Rome. 2010. 74 p.
3. Stickney R.R. Encyclopedia of Aquaculture. N-Y, 2000. 1064 p.
4. Комитет по всемирной продовольственной безопасности ФАО. URL: <http://www.fao.org/cfs/cfs-home/en/> (дата обращения: 23.05.2020).
5. Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романыхева О.Д., Блинова Е.И., Сальников Н.Е. Морская аквакультура. М.: Агропромиздат, 1985. 253 с.
6. Лоция Черного моря. Л.: Гидрометиздат, 1965. 520 с.
7. Стоценко А.А. Гидробиотехнические сооружения. Владивосток: Изд. Дальневосточного университета, 1984. 136 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1973. 343 с.
9. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск.: Высшэйшая школа, 1967. 328 с.
10. Лавровская Н.Ф. Необходимые условия при выборе акваторий под выращивание беспозвоночных и водорослей // Экспресс-информация. Серия: Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1979. Вып. 2. 13 с.
11. Крючков В.Г. Создание хозяйств марикультуры в прибрежных акваториях Чёрного моря // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане. 2011. Т. 49. С. 72-77.

12. Крючков В.Г. Гидробиотехнические сооружения для мидийных хозяйств Азово-Черноморского бассейна // Рыбное хозяйство. Обзорная информация ВНИЭРХ. Серия: Марикультура. М., 1990. 66 с.
13. Крючков В.Г. Организация хозяйства по выращиванию мидий // Информационные материалы. Обзорная информация ВНИИЭРХ. Серия: Аквакультура. М., 1992. Вып. 1. 27 с.
14. Характеристика океанографического режима и экологического состояния акваторий, предназначенных к использованию для крупномасштабного культивирования моллюсков: отчет о НИР / ЮгНИРО; Крючков В.Г., Золотницкий А.П., Солодовников А.А., Авдеева Т.М. и др. Керчь, 2005. 58 с. № г. р. 0105U007327.
15. Крючков, В.Г. Методическое пособие по изучению морских гидробиотехнических сооружений для выращивания мидий. Керчь: Изд-во КГМТУ, Керчь. 2007. 56 с.
16. Патент № 85267 Украина. Модуль устройства для выращивания мидий / В.Г. Крючков. 2013. Бюл. № 21.
17. Крючков В.Г. Коллектор для выращивания мидий // Труды ЮгНИРО. 2013. Т. 51. С. 133-144.

References:

1. Sytnik N.A., Yurchenko A.A., Tarasova V.V. Sanitarno-toksikologicheskaya harakteristika Kerchenskogo proliva i predprolivnoj zony Chernogo morya kak rajonov planiruemyh dlya razvitiya marikul'tury midij [Sanitary and toxicological characteristics of the Kerch Strait and the pre-strait zone of the Black Sea as areas planned for the development of mussel mariculture]. *Vestnik Kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University], 2018, issue 3, pp. 15-29. (In Russian).
2. Fishery and Aquaculture Statistics. FAO of the United Nations. Rome, 2010, 74 p. (In English).
3. Stickney R.R. Encyclopedia of Aquaculture. N-Y, 2000, 1064 p. (In English).
4. *Komitet po vseмирnoj prodovol'stvennoj bezopasnosti FAO* [Committee on World Food Security FAO]. Available at: <http://www.fao.org/cfs/cfs-home/en/> (accessed 23.05.2020).
5. Moiseev P.A., Karpevich A.F., Romanicheva O.D., Blinova E.I., Salnikov N.E. Morskaya akvakul'tura [Marine aquaculture]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 253 p. (In Russian).
6. Lociya Chernogo morya [Pilotage of the Black Sea]. Leningrad, Gidrometizdat Publ., 1965, 520 p. (In Russian).
7. Stotsenko A.A. *Gidrobiotekhnicheskie sooruzheniya* [Hydrobiotechnical facilities]. Vladivostok, Far Eastern University Publ., 1984, 136 p. (In Russian).
8. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1973, 343 p. (In Russian).
9. Rokitsky P.F. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. Minsk, Vyshejschaya shkola Publ., 1967, 328 p. (In Russian).
10. Lavrovskaya N.F. Neobhodimye usloviya pri vybore akvatorij pod vyrashchivanie bespozvonochnyh i vodoroslej [Necessary conditions when choosing water areas for the cultivation of invertebrates and algae]. *Ekspress-informaciya. Seriya: Rybohozyajstvennoe ispol'zovanie resursov Mirovogo okeana* [Express information. Series: Fisheries management of the world ocean resources]. Moscow, TSNIITEIRH Publ., 1979, vol. 2, 13 p. (In Russian).
11. Kryuchkov V.G. Sozdanie hozyajstv marikul'tury v pribrezhnyh akvatoriyah Chyornogo morya [Creation of mariculture farms in the coastal waters of the Black Sea]. *Osnovnye rezul'taty kompleksnyh issledovanij v Azovo-Chernomorskom bassejne i Mirovom okeane* [The main results of comprehensive research in the Azov-Black Sea basin and the World Ocean], 2011, vol. 49, pp. 72-77. (In Russian).
12. Kryuchkov V.G. *Gidrobiotekhnicheskie sooruzheniya dlya midijnyh hozyajstv Azovo-Chernomorskogo bassejna* [Hydrobiotechnical structures for mussel farms in the Azov-Black Sea basin]. *Rybnoe hozyajstvo. Obzornaya informaciya VNIERH. Seriya: Marikul'tura* [Fish industry. Overview of VNIERH. Series: Mariculture]. Moscow, 1990, 66 p. (In Russian).

13. Kryuchkov V.G. Organizatsiya hozyajstva po vyrashchivaniyu midij [Organization of mussel farming]. *Informacionnye materialy. Obzornaya informatsiya VNIERH. Seriya: Akvakul'tura* [Information materials. Overview of VNIERH. Series: Aquaculture]. Moscow, 1992, vol. 1, 27 p. (In Russian).
14. Kryuchkov V.G., Zolotnitsky A.P., Solodovnikov A.A., Avdeeva T.M. (et al.) *Otchet o NIR «Harakteristika okeanograficheskogo rezhima i ekologicheskogo sostoyaniya akvatorij, prednaznachennyh k ispol'zovaniyu dlya krupnomasshtabnogo kul'tivirovaniya mollyuskov»* [Report on research “Characteristics of the oceanographic regime and ecological status of water areas intended for use for large-scale cultivation of mollusks”]. Kerch, YugNIRO Publ., 2005, 58 p. No. State Reg. 0105U007327.
15. Kryuchkov V.G. *Metodicheskoe posobie po izucheniyu morskikh gidrobiotekhnicheskikh sooruzhenij dlya vyrashchivaniya midij* [Methodological manual for the study of marine hydrobiotechnical structures for growing mussels]. Kerch, KSMTU Publ., 2007, 56 p. (In Russian).
16. Kryuchkov V.G. *Modul' ustrojstva dlya vyrashchivaniya midij* [The module of the device for growing mussels]. Patent of Ukraine no. 85267, 2013. (In Russian)
17. Kryuchkov V.G. Kollektor dlya vyrashchivaniya midij [The collector for growing mussels]. *Trudy YUGNIRO* [Works Of YugNIRO], 2013, vol. 51, pp. 133-144. (In Russian).

Сведения об авторах / Information about authors

Сытник Наталья Александровна	канд. биол. наук, доцент кафедры экологии моря Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 amtek-kerch@mail.ru
Sytnik Natalya Aleksandrovna	Ph.D. (Biol.), Associate Professor of the Department of marine ecology Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 amtek-kerch@mail.ru
Золотницкий Александр Петрович	д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории марикультуры Керченское отделение Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2 zap6@mail.ru
Zolotnitsky Alexander Petrovich	Dr.Sci. (Biol), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Mariculture Kerch branch of the Azov-Black Sea branch of FSBIU “VNIRO” (“AzNIIRKh”) 298300, Republic of Crimea, Kerch, Sverdlova str., 2 zap6@mail.ru
Крючков Виктор Георгиевич	Ведущий специалист лаборатории марикультуры Отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») 298300, Республика Крым, г. Керчь, ул. Свердлова, 2 zap6@mail.ru
Kryuchkov Victor Georgievich	Leading Specialist of the Laboratory of Mariculture Kerch branch of the Azov-Black Sea branch of FSBIU “VNIRO” (“AzNIIRKh”) 298300, Republic of Crimea, Kerch, Sverdlova str., 2 zap6@mail.ru