

**ПРОМЫСЛОВО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПЕЛАГИЧЕСКИХ ТРАЛОВ***Инж. С. Б. ГЮЛЬБАДАМОВ*

Современные орудия рыболовства представляют собой весьма сложные технические сооружения, состоящие из различных гибких нитей, с соответствующим вооружением и оснасткой. Технические основы проектирования орудий лова, разработанные проф. Ф. И. Барановым и его последователями, в достаточной степени обеспечивают правильный выбор и расчет основных конструктивных элементов и узлов различных рыболовных сооружений и широко используются в практике.

Однако для обеспечения эффективных промысловых качеств разрабатываемых орудий лова, помимо этого, необходимо учитывать и специфические особенности поведения и распределения рыб в конкретных условиях их обитания.

С применением в практике рыболовства гидроакустических приборов стало возможным значительно глубже изучить поведение рыб в зоне различных орудий лова и, в частности, в зоне пелагических тралов, что, в свою очередь, позволило правильно подойти к выбору их основных параметров и установить связь между наиболее характерными биологическими показателями рыбы и конструктивными элементами соответствующего орудия лова. Этому вопросу и посвящена настоящая работа.

В качестве примера нами избрана хамса Черного моря, так как в настоящее время мы располагаем наиболее полными данными о поведении и распределении этой рыбы в период тралового промысла.

**ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ  
ОСОБЕННОСТИ ОРУДИЯ ЛОВА**

Конструирование орудий рыболовства связано со знанием основных биологических особенностей поведения объекта лова.

Как при разработке конструкций машин или приборов исходят из определенных технических условий, предъявляемых к данному механизму, так и при проектировании орудий лова рыбы необходимо исходить из тех специфических особенностей поведения, которые присущи избранному объекту лова в определенных условиях его обитания. Так, при разработке конструкции обкидных неводов, как правило, принимают во внимание не только размер рыбы, но и величину образуемых ею скоплений (косяков), их плотность, а также характерные для данной рыбы глубины распределения и другие особенности ее поведения.

Известно, что при окружении кефали кошельковым неводом она в поисках выхода пытается перепрыгнуть через верхнюю подбору, поэтому к последней пристраивают козырьки.

Указанные особенности определяют основные конструктивные элементы (параметры) данного орудия лова. При конструировании обкид-

ных неводов учитываются и такие факторы, как размеры судов, предназначенных для работы этими неводами, и скорость хода при циркуляции (при замете невода).

Следовательно, между конструкцией орудия лова и поведением рыб существует определенная связь.

Очевидно, для каждого вида рыб технические характеристики орудий лова будут различны. Например, в отличие от обкидных неводов в ставных орудиях лова, вероятно, часть указанных факторов не будет иметь принципиального значения и, наоборот, включатся какие-то новые факторы, характерные для лова ставными неводами.

Аналогичным образом параметры тралящих орудий лова должны определяться тем комплексом биологических и физиологических особенностей, которые свойственны тому или иному объекту тралового промысла.

Естественно, что не все элементы конструкции трала определяются только биологическими особенностями рыб, но последние, на наш взгляд, играют главенствующую роль.

До настоящего времени обоснованию основных параметров орудий лова не уделялось достаточного внимания.

Существующий метод проектирования тралов базируется как на данных сравнительных испытаний различных конструкций тралящих орудий лова, так и на ряде условных предположений и допущений. Известны отдельные попытки обоснования какого-либо определенного параметра в конструкции трала (например, размера ячеи или длины сетного мешка), но эти работы не имеют большого значения, потому что не дают исчерпывающего решения задачи. В том или ином случае рассматривается один или два параметра вне связи с остальными, хотя бы и основными параметрами данного орудия лова или же с факторами, их обуславливающими.

Попытаемся выяснить, какие факторы определяют конструктивные особенности таких орудий лова, как трал.

Различные рыбы обитают на разных глубинах: одни держатся в непосредственной близости от дна (донные рыбы), другие почти постоянно находятся в толще воды на той или иной глубине от поверхности моря. Следовательно, в первую очередь необходимо знать глубины распределения объектов лова или характер их распределения.

Далее, каждому виду рыбы свойственна определенная длина и форма тела, с учетом которых должны подбираться соответствующие размеры ячеи в сетематериалах, предназначенных для изготовления орудий лова. Рыбы большей частью ведут стайный образ жизни, причем размеры таких групп у разных рыб различны, поэтому нужно выяснить, какие размеры стай или скоплений характерны для избранного объекта лова.

Кроме того, разные рыбы перемещаются с различными скоростями, обладают различным зрительным и слуховым восприятием, по-разному реагируют на те или иные раздражители и т. д.

Резюмируя вышесказанное, можем перечислить основные факторы, которые следует учитывать при конструировании тралов, а именно: характер распределения рыб; наиболее часто встречающиеся размеры рыб; размеры стай (косяков) рыб; скорость перемещения косяков в воде при обычных условиях и в момент испуга, т. е. «скорость бросков рыбы»; величина «бросков» или же продолжительность этого процесса; зрительная способность объекта лова, т. е. дальность видения рыбы в воде; реакция рыбы на звуковые раздражители и дальность восприятия ею звуков; реакция рыбы на сетное полотно, движущееся в воде с некоторой скоростью; некоторые специфические особенности в поведении рыбы при встрече с препятствиями.

От правильности выбора основных моментов, характеризующих объект лова, несомненно, зависят технические и промысловые качества трала. Поэтому дальнейшая наша задача сводится к тому, чтобы при обосновании технических параметров трала найти наиболее рациональные формы связи их с характерными особенностями объекта лова и определить оптимальные размеры этих параметров.

#### АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ РЫБ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КОНСТРУКЦИЮ ТРАЛА

Как отмечалось, основной биологической особенностью в поведении рыбы, определяющей тип тралящего орудия лова, является ее распределение в толще воды. В зависимости от этого различают тралы донные, придонные и плавные, или разноглубинные, предназначенные для лова

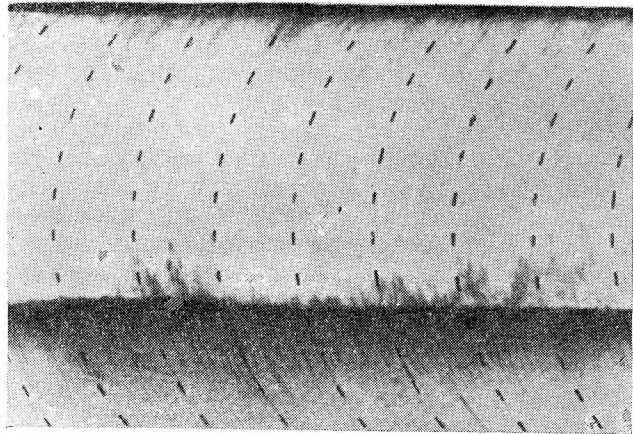


Рис. 1. Эхозапись косяков трески в Баренцевом море.

на соответствующих глубинах. Донные рыбы, как правило, часто держатся у дна (камбаловые, тресковые и другие), причем нижний край их косяков прикасается к грунту, поэтому тралы, предназначенные для их лова, характеризуются сравнительно небольшим вертикальным раскрытием устья сетного мешка и возможно большим горизонтальным раскрытием, рассчитанным на охват сетью и дополнительными распорными устройствами максимальной площади дна.

На рис. 1 приведена эхозапись донного скопления трески в Баренцевом море. Как видно из этой записи, рыба находится в непосредственной близости от грунта, причем высота косяка равна в среднем 5—8 м. Современные донные тресковые тралы имеют вертикальное раскрытие устья сетного мешка 1,8—2,5 м, что обеспечивает лов донных рыб только в узкопридонной полосе, что далеко не достаточно.

Большинство стайных рыб обитает не у дна, а в самой толще воды, и, естественно, они не могут быть обловлены обычными донными тралами.

Трал для лова пелагических рыб должен ловить как в толще воды, так и в придонных слоях. На рис. 2—4 представлены фотокопии записей концентраций различных пелагических рыб (ставрида, сельдь, хамса), находящихся на разных горизонтах воды. Таким образом, пелагические рыбы могут распределяться в различных слоях воды.

Следовательно, характер распределения рыбы в толще воды является тем основным фактором, который определяет тип трала. В соответствии с этим в дальнейшем мы будем различать два типа тралов: а) донные,

предназначенные для лова различных донных рыб, и б) разноглубинные, предназначенные для лова пелагических рыб.

Тралы второго типа следовало бы называть не разноглубинными, или плавными (как это практикуется в настоящее время у нас и отчасти за границей), а пелагическими, что больше соответствует их назначению, так как они предназначены для лова рыб в пелагиали (толще воды).

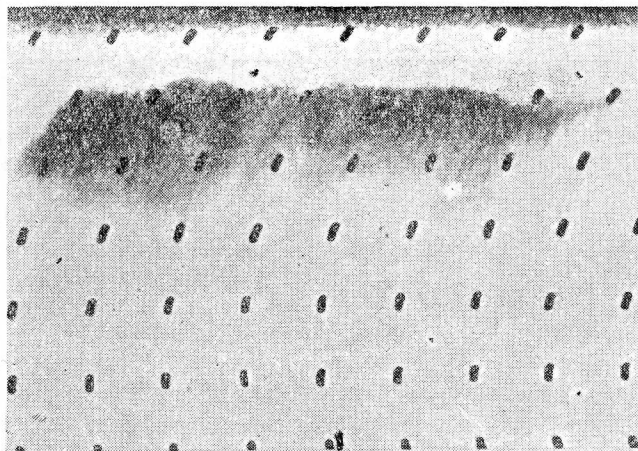


Рис. 2. Эхозапись скопления ставриды в Черном море.

Следующим важным фактором, характеризующим распределение и поведение объекта тралового лова, являются модальные размеры отдельных стай рыбы в определенный момент их жизни.

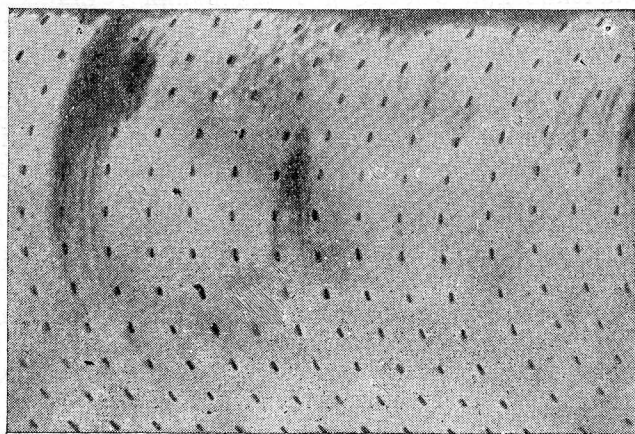


Рис. 3. Эхозапись косяков сельди в Северном море.

При разработке трала для лова пелагических рыб этот фактор имеет большое значение.

Предположим, что наиболее часто встречающиеся размеры косяков рыбы (например, хамсы) имеют площадь поперечного сечения  $1500 \text{ м}^2$ . При этом площадь устья сетного мешка трала равна всего  $150 \text{ м}^2$ . При встрече трала с косяком указанных размеров рыба с ярко выраженным инстинктом стайности, естественно, будет обловлена плохо.

Очевидно, для эффективного лова пелагической рыбы тралом площадь его устья должна быть несколько больше, чем площадь косяка рыбы оптимальных размеров.

Аналогичным образом должны быть подобраны и размеры ячей в каждом отдельном участке сетного мешка. При этом в отличие от отцеживающих или объеживающих орудий лова размеры ячей в передних частях сетного тралового мешка могут быть в несколько раз больше, чем ячея в удерживающей части трала.

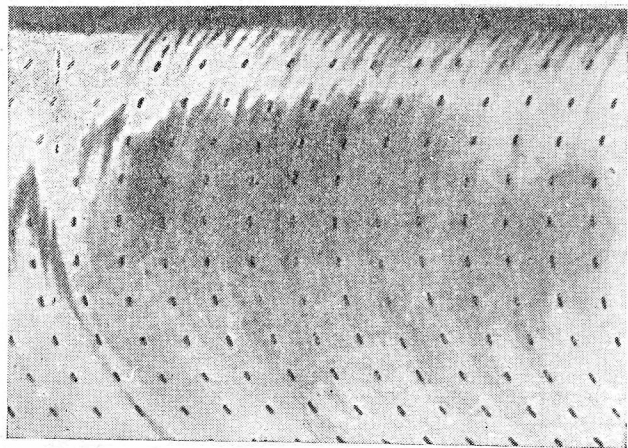


Рис. 4. Эхозапись скопления хамсы в южной части Черного моря.

Большое значение при выборе и обосновании технических параметров трала имеет также учет такого фактора, как скорость перемещения косяков рыбы (или скорость бросков ее в момент встречи с каким-либо препятствием). От скорости перемещения (или бросков) рыбы будут зависеть такие параметры тралящего орудия лова, как расстояние от плоскости устья сетного мешка до распорных досок (или каких-либо других деталей вооружения трала), площадь устья трала, длина сетного мешка и др. В соответствии со скоростью перемещения рыбы определяется и оптимальная скорость буксировки трала, так как чем быстрее перемещается рыба, тем с большей скоростью следует буксировать трал, чтобы обеспечить эффективный лов данной рыбы.

При разработке конструкции трала для лова пелагических рыб должны быть учтены также такие специфические особенности в поведении рыб, как реакция их на различные цвета, различная степень восприятия ими звуковых и световых сигналов в разное время и т. д.

Таким образом, факторы, определяющие конструктивные особенности трала для лова пелагических рыб, отличаются не только от аналогичных факторов для обоснования конструкций обкидных, ставных или других орудий промышленного рыболовства, но и от тех, которые определяют конструкцию донного трала.

Надо полагать, что для тралов одного и того же типа, но предназначенных для лова разных рыб, комплекс этих факторов также будет различен.

Перейдем к непосредственному рассмотрению отдельных моментов в поведении рыбы и установлению взаимосвязей между ними и техническими параметрами трала.

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ЯЧЕЙ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ СЕТНОГО МЕШКА ТРАЛА

При разработке конструкции того или иного орудия лова, в частности трала, важным фактором является размер объекта лова — рыбы.

Ф. И. Баранов [9], разрабатывая теорию лова рыбы жаберными сетями, указывает, что основным условием лова рыбы жаберными сетями является то, чтобы рыба имела такие размеры, при которых не могла бы пройти сквозь ячейе сети. Для жаберных сетей экспериментальным путем была найдена следующая зависимость между размерами ячейи и добываемой рыбы:

$$a = kL,$$

где:  $a$  — шаг ячейи сетей в мм;

$L$  — оптимальная длина рыбы в мм;

$k$  — некоторый коэффициент, характеризующий объект лова.

Было установлено, что для «широких рыб» (сазан, лещ, карась) величина  $k=0,20$ ; для таких рыб, как плотва, сиг  $k=0,15$ , и для «узких» рыб (судак, скумбрия, кефаль)  $k=0,10$ .

Для сельдевых рыб (в частности, для каспийских сельдей) эта формула будет иметь следующий вид:

$$a = (0,12 \div 0,13)L.$$

Известна и другая формула Ф. И. Баранова [9], определяющая зависимость между ячейей и рыбой, но здесь принимается во внимание не длина объекта лова  $L$ , а вес рыбы  $P$ :

$$a = k_1 \sqrt[3]{P}^*,$$

где  $k_1$  — коэффициент, характерный для той или иной группы рыб; для вышеперечисленных рыб величина  $k$  соответственно будет равна 7,0; 6,0 и 5,0. Например, для «широких» рыб формула эта принимает вид

$$a = 7,0 \sqrt[3]{P}.$$

Как же подойти к вопросу выбора оптимальных размеров ячейи в других орудиях лова?

Известно, что для обкидных неводов вся площадь сетного полотна подразделяется на две части — направляющую и удерживающую, причем последняя (в практике называемая обычно «притон») у кольцевых неводов располагается в центре его, а у кошельковых — ближе к одной из его сторон (к пятному клячу). Для удерживающей части неводов размер ячейи, очевидно, должен быть таким, чтобы рыба данного вида не могла пройти сквозь ячейе, но и не объеживалась. Для этого периметр наибольшего поперечного сечения рыбы данного вида должен быть в 4 раза больше размера ячейи.

Если обозначить через  $a_0$  оптимальный размер ячейи (для какого-либо конкретного объекта лова) в удерживающей части невода, то в остальной части (направляющей) размеры ячейи, по данным Ф. И. Баранова, будут следующие:

$$a'_0 = (1,25 \div 2,0) a_0,$$

где  $a'_0$  — оптимальные размеры ячейи в разных частях обкидного невода.

В данном случае коэффициент  $k$  будет изменяться постепенно от 1,25 до 2,0, т. е.  $k'=1,25$ ;  $k''=1,50$ ;  $k'''=1,75$  и  $k''''=2,0$ .

\* В формуле вес рыбы  $P$  берется в граммах.

Принимая во внимание изложенное, можно аналогичным образом подойти к выбору соответствующих оптимальных размеров ячеи в разных частях сетного тралового мешка.

Рассматривая сетной мешок трала с точки зрения действия различных его частей на рыбу, можно схематически разделить трал на три секции (рис. 5):

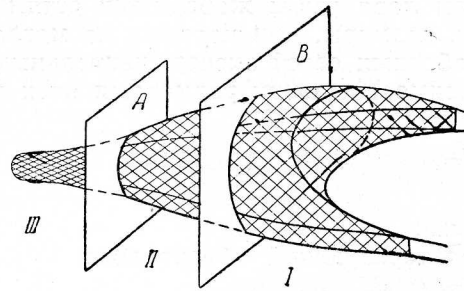


Рис. 5. Схематическое деление сетного мешка трала:

I—отпугивающая секция; II—направляющая секция; III—удерживающая секция.

I — отпугивающую, назначение которой дать первоначальное направление косяку рыбы, расположенному на пути движения трала; к этой части следует отнести крылья, а также первые сетные пластины (плахи), примыкающие к ним, т. е. всю переднюю сетную часть у устья трала;

II — направляющую, заключенную между двумя параллельными поперечными плоскостями A и B; к этой части надо отнести следующие пластины мотни (в разных конструкциях тралов количество их различно — от 2 до 5), а также предкутковую часть (одну или две плахи);

III — удерживающую, назначение которой удерживать рыбу, зашедшую внутрь сетного мешка. К этой секции относится конечная часть — куток.

Введем соответствующие обозначения для оптимальных размеров ячей указанных трех секций сетного мешка:  $a'''_0$  — для отпугивающей секции,  $a''_0$  — для направляющей секции и  $a'_0$  — для удерживающей секции.

Так как назначение притонной части кошельковых неводов аналогично кутковой части тралов, то и оптимальный размер ячеи последних, очевидно, должен полностью удовлетворять вышеприведенному выражению  $4a'_0 < P_0$ , т. е. рыба обладающая размерами не должна проходить через ячею кутка трала.

Если подходить к конструкции сетного мешка лишь с точки зрения его удерживающей способности, вне связи с техническими элементами, то вполне справедливо было бы всю сетную часть изготовлять из дели с оптимальным размером ячеи  $a'_0$ , не пропускающей рыбу.

Но в этом случае сопротивление трала (при сохранении оптимальных скоростей буксировки  $v_{mp}$ ) резко увеличится или, наоборот, при постоянной мощности главного двигателя судна скорость буксировки трала соответственно уменьшится.

Учитывая это, обычно размеры ячей в передних частях сетного мешка значительно увеличивают, сохраняя при этом как требуемые размеры трала, так и оптимальные скорости хода при одной и той же мощности двигателя. Выбор размеров ячеи в двух передних секциях трала практически осуществляют, исходя из необходимости уменьшения общего сопротивления трала, а также учитывая особенности поведения рыбы в зоне сетных стенок. Принимая размер ячеи в кутке трала  $a'_0$  за некоторую исходную величину, можем представить зависимости между размерами ячей в следующих двух секциях в виде

$$a''_0 = k_1 a'_0,$$

$$a'''_0 = k_2 a'_0,$$

где  $k_1$  и  $k_2$  — переводные коэффициенты, характерные для данного трала.

Остановимся на обосновании величины  $a'_0$  для удерживающей части тралового мешка. Как отмечалось, для этой секции размер ячеи должен быть подобран таким образом, чтобы рыба не объеживалась и не проходила сквозь ячею.

Оптимальный размер ячеи в удерживающей секции тралового мешка определяется не только длиной рыбы, но и формой ее тела.

Для выяснения зависимости между размерами ячеи и рыбой нами была проанализирована хамса, выловленная кошельковыми неводами и пелагическими тралами в осенне-зимний период 1952—1953 гг. в Черном море. Определялись следующие данные (рис. 6):

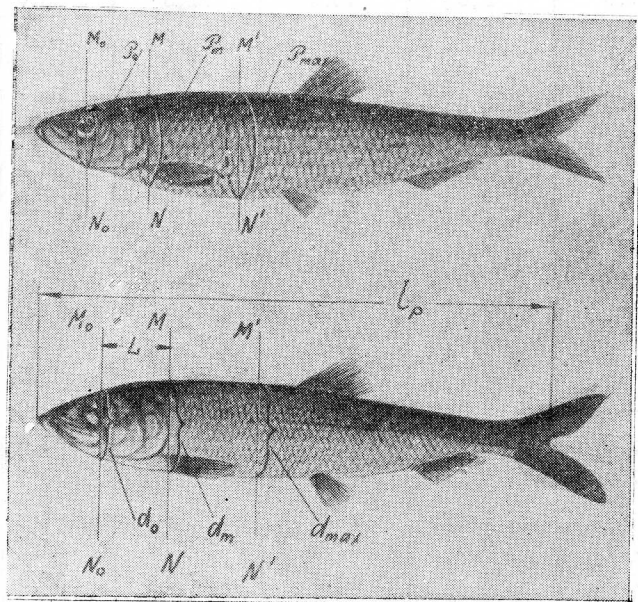


Рис. 6. Биометрические показатели хамсы, учитываемые при обосновании оптимального размера ячеи.

- $l_p$  — длина рыбы в мм;
- $P_{max}$  — максимальный обхват рыбы в мм;
- $P_m$  — периметр сечения рыбы в месте окончания жаберных крышек в мм;
- $P_0$  — периметр сечения, проходящего через центр глаз рыбы, в мм;
- $d_0, d_m$  — высота тела рыбы по двум исследуемым сечениям  $P_0, P_m$  в мм.

Кроме того, у части исследуемых рыб определялась величина  $L$  — расстояние между двумя сечениями ( $M_0N_0$  и  $MN$ ). Средние значения биометрических показателей хамсы приведены в табл. 1.

Чтобы предупредить захват рыбы ячеей, следует найти такое максимально возможное сечение ее тела, при котором она не будет объеживаться жаберными крышками. Как показывают результаты анализа, такой величиной является поперечный обхват рыбы между сечениями  $MN$  и  $M_0N_0$ .

Анализируя данные измерений хамсы, мы установили зависимость между величинами  $P_m, L$  и  $d_0$ , а также длиной рыбы  $l_p$ .

В результате имеем

$$P_m = n_0 l_p \text{ или } n_0 = \frac{P_m}{l_p} \text{ и } \varphi = \frac{L}{d_0}.$$

Для исследуемого ряда рыб (табл. 1 и 2) средние значения коэффициентов  $n_0$  и  $\varphi$  будут  $n_0=0,363$  и  $\varphi=1,821$ .



Таблица 1

Средние значения биометрических показателей хамсы Черного моря  
(размеры в мм)

$l_p$	$L$	$d_0$	$d_m$	$P_0$	$P_m$	$P_{\max}$
73,0	13,5	7,5	9,5	21,5	26,5	29,0
74,0	—	7,5	9,5	21,5	27,0	29,0
75,0	14,0	7,5	9,5	22,0	27,5	29,5
77,0	14,5	8,0	10,0	22,5	28,0	30,5
79,0	14,5	8,0	10,0	23,0	29,0	31,0
80,0	—	8,0	10,0	23,0	29,0	31,5
81,0	14,5	8,0	10,5	23,5	29,5	31,5
82,0	—	8,5	10,5	23,5	29,5	32,0
83,0	15,5	8,5	10,5	24,0	30,0	32,5
85,0	15,5	8,5	11,0	24,5	31,0	33,5
86,0	—	8,5	11,0	24,5	31,0	34,0
87,0	16,0	9,0	11,0	25,0	31,5	34,0
88,0	—	9,0	11,0	25,0	32,0	34,5
89,0	16,5	9,0	11,0	25,5	32,0	35,0
90,0	—	9,0	11,5	25,5	32,5	35,0
91,0	—	9,0	11,5	26,0	33,0	35,5
92,0	16,5	9,0	11,5	26,0	33,0	36,0
94,0	17,0	9,5	12,0	26,5	33,5	36,5
95,0	—	9,5	12,0	26,5	34,0	37,0
97,0	17,0	9,5	12,0	27,0	34,5	37,5
98,0	17,5	9,5	12,5	27,5	35,0	38,0
100,0	18,0	10,0	12,5	28,0	35,5	39,0
102,0	—	10,0	13,0	28,5	36,5	40,0
104,0	18,5	10,0	13,0	29,0	37,0	40,5
106,0	19,0	10,5	13,0	29,5	37,5	41,0
107,0	—	10,5	13,5	29,5	38,0	41,5
109,0	19,5	10,5	13,5	30,0	38,5	42,5
113,0	20,0	11,0	14,0	31,0	40,0	44,0

Зная среднюю длину рыбы ( $l_p=91,5$  мм) и приведенные выше коэффициенты  $n_0$  и  $\varphi$ , можно определить значение  $P_m$  для хамсы:

$$P_m = 0,363 \cdot 91,5 = 33,0 \text{ мм.}$$

Не останавливаясь подробно на выводе формулы, укажем лишь, что оптимальный размер ячеи для удерживающей секции тралового мешка  $a'_0$  может быть определен по формуле

$$a'_0 = 0,125 P_m \left( 2 - \frac{\psi - 1}{\varphi} \right),$$

где  $\psi$  — коэффициент, характеризующий отношение биометрических показателей рыбы  $d_m$  и  $d_0$ , т. е.

$$\psi = \frac{d_m}{d_0}.$$

Как видно из табл. 2, величина  $\psi_{cp}$  для хамсы равна 1,267. Подставляя эту величину в формулу для определения  $a'_0$ , получим

$$a'_0 = 0,125 \cdot 33,0 \left( 2 - \frac{1,267 - 1,000}{1,821} \right) = 7,62 \text{ мм.}$$

Таблица 2

Данные, полученные при обработке биометрических показателей хамсы  
(по табл. 1)

$\psi$	$\varphi$	$\xi_{cp}$	$a_0$ в мм	$a_x$ в мм	$a_m$ в мм	$\frac{a_x}{a_m}$ в %	Отклонение ( $\Delta$ ) в % от среднего значения
1,27	1,83	2,83	5,37	6,15	6,63	92,8	0,05
1,27	—	2,85	5,38	6,27	6,75	92,8	0,05
1,27	1,87	2,90	5,50	6,37	6,87	92,8	0,05
1,26	1,82	2,81	5,63	6,50	7,00	92,8	0,05
1,25	1,82	2,89	5,75	6,73	7,25	92,8	0,05
1,25	—	2,89	5,75	6,73	7,25	92,8	0,05
1,31	1,82	2,87	5,87	6,85	7,38	92,8	0,05
1,24	1,78	2,80	5,87	6,85	7,38	92,8	0,05
1,24	1,82	2,84	6,00	6,95	7,50	92,6	0,15
1,29	1,82	2,85	6,13	7,20	7,75	93,0	0,25
1,29	—	2,85	6,13	7,20	7,75	93,0	0,25
1,23	1,78	2,83	6,25	7,30	7,87	92,8	0,05
1,23	—	2,85	6,25	7,42	8,00	92,6	0,15
1,23	1,83	2,87	6,38	7,42	8,00	92,6	0,15
1,28	—	2,84	6,38	7,54	8,13	92,6	0,15
1,28	—	2,88	6,50	7,65	8,25	92,6	0,15
1,28	1,83	2,88	6,50	7,65	8,25	92,6	0,15
1,26	1,79	2,80	6,63	7,76	8,38	92,8	0,05
1,26	—	2,81	6,63	7,90	8,50	93,0	0,25
1,26	1,79	2,86	6,75	8,00	8,63	92,6	0,15
1,31	1,84	2,85	6,87	8,12	8,75	93,0	0,25
1,25	1,80	2,82	7,00	8,23	8,87	92,8	0,05
1,30	—	2,84	7,13	8,46	9,13	92,8	0,05
1,30	1,85	2,86	7,25	8,58	9,25	92,6	0,15
1,24	1,81	2,83	7,38	8,70	9,38	92,6	0,15
1,28	—	2,80	7,38	8,80	9,50	92,6	0,15
1,28	1,86	2,84	7,50	8,93	9,63	92,6	0,15
1,27	1,82	2,85	7,75	9,28	10,00	92,8	0,05

Среднее значение

1,267	1,821	2,843	—	—	—	92,75	$\pm 0,14$
-------	-------	-------	---	---	---	-------	------------

По существующим стандартам сетематериалов дели изготавливаются с ячейей 7,5 или 8,0 мм.

Учитывая, что полученная нами расчетная величина 7,62 мм ближе к 7,5 мм, принимаем ее как оптимальную для кутка хамсового трала, т. е.  $a'_0 = 7,5$  мм.

Надо полагать, что аналогичным путем можно найти  $a'_0$  и для других рыб.

Определив величину  $a'_0$  для кутка трала, мы можем представить в следующем виде формулы для определения оптимальных размеров ячеи в двух других секциях сетного мешка:

Для секции I:

$$a''_0 = k_1 \cdot 7,5;$$

для секции II

$$a'''_0 = k_2 \cdot 7,5.$$

Для подбора переводных коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  мы пользовались существующим в практике приемом дифференцирования размеров ячеи в различных частях сетного полотна с учетом особенностей поведения рыбы у различных сетных стенок.

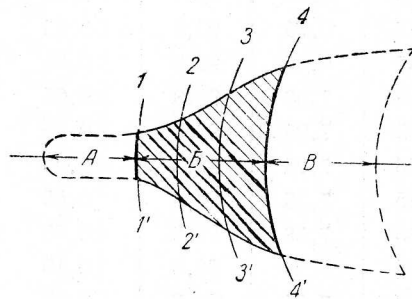


Рис. 7. Схематическое изображение направляющей секции тралового мешка.

Перейдем к обоснованию размеров ячей в направляющей секции тралового мешка (рис. 7).

Величина  $k_1$  должна определяться поведением рыбы у сетного полотна с такими размерами ячеи, при которых рыба не объеживается, а сетное полотно является ориентирующим для ее движения. Одновременно следует учитывать конструктивные особенности данного орудия лова.

Поэтому надо полагать, что по всей длине направляющей секции  $B$  величина коэффициента  $k_1$  может соответственно меняться в некоторых пределах, т. е.

$$k_1 = k_{cp} = \frac{k'_1 + k''_1 + k'''_1 + \dots + k^n_1}{n}.$$

На рис. 7 изображена в плане проекция сетного мешка трала, где сплошной линией выделена направляющая секция  $B$ . Разделим эту секцию на несколько участков, ограниченных параллельными линиями  $1-1'$ ,  $2-2'$  и т. д. Количество таких участков для направляющей секции будет определяться рядом биологических и технических факторов и для разных объектов лова будет различно. Для хамсы примем условно число таких участков равным 3.

Соответственно и формулы для определения оптимальных размеров ячеи в разных частях трала примут следующий вид:

$$a''_0 = k'_1 \cdot 7,5; \quad a''_{0_2} = k''_1 \cdot 7,5; \quad a''_{0_3} = k'''_1 \cdot 7,5;$$

$$k_1 = \frac{k'_1 + k''_1 + k'''_1}{3}.$$

Остается найти величины переводных коэффициентов  $k'_1$ ,  $k''_1$ ,  $k'''_1$ .

Для обоснования размеров ячей в разных частях направляющей секции трала воспользуемся материалами экспериментальных работ и результатами непосредственных наблюдений некоторых исследователей за поведением рыбы в Черном море, а также нашими данными, полученными за период 1948—1953 гг.

Большую работу по выяснению реакции хамсы на сетное полотно проделала Н. Е. Асланова [3, 4], начавшая свои опыты в предвоенные годы и продолжавшая их в 1945—1953 гг.

Проводились наблюдения за поведением хамсы у сетного полотна различных орудий лова и, в частности, ставных неводов.

В подопытных неводах, избранных для постоянного длительного контроля и наблюдения, размеры ячеек были от 6,5—7,0 мм (в срезочных котлах) до 28—30 мм (у береговой части крыла). В промежуточных секциях орудия лова (открылки, стенки двора, начальная секция крыла и т. д.) размер ячеек соответственно изменялся от 14 до 26 мм.

В результате было установлено следующее (рис. 8).

1. Реакция на сетное полотно у хамсы в разреженных косяках и в скоплениях различна: в первом случае (при одинаковой освещенности, прозрачности воды, скорости течения, состоянии моря, температурах и др.) хамса замечает сетное полотно на расстоянии 1,5—2,0 м, не подходит близко к нему, а поворачивает и продолжает свой путь вдоль стенки; во втором случае — подходит к сетному полотну значительно ближе (до 0,5 м), после чего также направляется вдоль стенки.

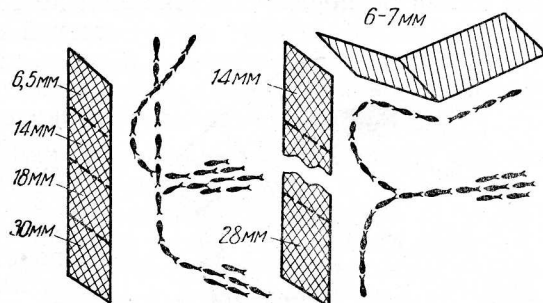


Рис. 8. Схема движения косяков хамсы в зоне сетных стенок с разными размерами ячеек.

2. Во всех случаях встречи с сетным полотном разной ячейки (14, 16, 18, 22, 26, 28 мм) хамса всегда направляется вдоль стенки и движется в одну или другую сторону, сохраняя определенное расстояние до сетного полотна (0,5—2,0 м).

3. Разреженные косяки хамсы более пугливы и при внезапном движении или шуме (бросание камня в косяк рыбы, опускание весла в воду и т. д.), как правило, мгновенно уплывают от крыла в сторону или опускаются в более глубокие слои воды, но не пытаются проходить сквозь ячейку сетного полотна.

При встрече с сетным полотном, составленным из плах различной ячейки (14—28 мм), хамса не проходит сквозь ячейку, а держится на небольшом расстоянии, двигаясь вдоль стены.

Опыты по изучению реакции рыб на сетное полотно проводились и нами в Черном море, в период зимних скоплений хамсы. В зону концентрации хамсы опускали образцы сетей с размером ячейки 6,5—30 мм и, изменяя расстояние до косяка рыбы, наблюдали за реакцией хамсы на неподвижную и движущуюся сетную стенку. В результате опытов было подтверждено мнение, что хамса не подходит близко к сети, а держится на сравнительно небольшом (1,0—1,5 м) расстоянии от нее, перемещаясь вдоль стенки. При бросании в этот момент в место, где находится рыба, камня (а также небольшой модели трала) хамса стремительно уходит вниз или в стороны, но не проходит сквозь ячейку, хотя размеры ее в отдельных случаях вполне это позволяли.

Двигая под водой (на глубине нахождения косяка хамсы) модель сети с небольшой скоростью (0,5—1,2 м/сек) в различных направлениях, мы наблюдали, как хамса ориентировалась и соответственно меняла направление движения, не допуская при этом приближения сети более чем на 1,0 м.

Таким образом, опыты показывают, что сетное полотно с ячейкой 14—30 мм является для хамсы ориентирующей (и направляющей) стенкой; рыбы как в обычном состоянии, так и при испуге сквозь ячейку не проходят.

Приведем еще пример, характеризующий отношение хамсы к сетному полотну, размер ячейки которого превышает  $a_0$  в 2—3 раза. В осенне-

зимний период во время массового промысла хамсы обкидными неводами нам неоднократно приходилось наблюдать (1950, 1951 и 1952 гг.) за поведением хамсы в окруженной сетной стенкой зоне.

Оказавшись внутри обметанного пространства (рис. 9), хамса начинает метаться в разные стороны в поисках выхода и, дойдя до сетной стенки, поворачивает и продолжает двигаться вдоль нее, несмотря на то, что в крыльях невода размер ячеей значительно больше  $a_0$ . Такое поведение характерно для хамсы, держащейся в отдельных небольших косячках, которые зачастую отрываются от основной массы рыбы (на рисунке выделена пунктирной линией и заштрихована). В поисках выхода хамса беспорядочно движется во все стороны, пока не подойдет к

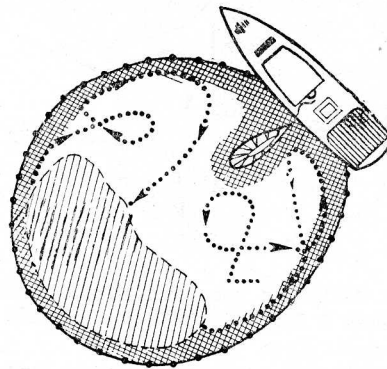


Рис. 9. Схема движения косячков хамсы при окружении их кошельковыми неводами.

сетной стенке, после чего, ориентируясь на нее, продолжает движение до встречи со всем скоплением или поворачивает и вновь идет вдоль сети. Мы не наблюдали выхода косячков хамсы сквозь ячейю крыльев, размер которой был 14—18 мм, хотя в некоторых случаях рыбу, находящуюся у сетного полотна, отпугивали веслами, камнями или «пугалом».

Это также подтверждает положение, что сетное полотно с ячейей 14—18 мм является для хамсы направляющей стенкой.

Из сказанного следует, что величина переводных коэффициентов  $k$  будет находиться в пределах  $1,8 \div 2,5$ .

Аналогичным образом выведены коэффициенты  $k_1$  по результатам

опытов Н. Е. Аслановой. Величины этих коэффициентов колеблются в пределах 1,8—3,8.

По материалам, полученным С. Г. Зуссер и Н. Н. Данилевским [18], величина  $k_1$  колеблется в пределах 1,8—4,0.

Взяв крайние значения из приведенных выражений, получим пределы изменения переводного коэффициента  $k_1$  для направляющей секции сетного мешка трала, т. е.  $2,0 < k_1 < 4,0$ .

Определив пределы изменения  $k_1$ , можно перейти и к обоснованию оптимальных размеров ячеей для избранных нами трех участков направляющей секции в стдальности, для которых:  $k_1 = 2$ ;  $k_1' = 3$  и  $k_1'' = 4$ .

Для первого участка, ограниченного линиями 1—1' и 2—2' (см. рис. 7), размер ячеей должен быть таким, чтобы при этом хамса не объеивалась и сетное плотно являлось ориентирующим ее движение.

Чтобы не допустить объеивания хамсы любых размеров, ячееа на первом участке направляющей секции должна быть

$$a_0'' = a_0' k_1' = 7,5 \cdot 2 = 15,0 \text{ мм.}$$

Но так как современные сетевязальные фабрики выпускают сетное полотно определенных размеров ячеей, то принимаем  $a_0'' = 16,0$  мм.

Остается подобрать оптимальную величину ячеей для двух других участков направляющей секции, ограниченных линиями 2—2' и 3—3', а также 3—3' и 4—4' (см. рис. 7).

Так как нам известен верхний предел переводного коэффициента  $k_1 = 4$ , то для третьего участка можно легко определить размер ячеей, т. е.  $a_0''' = 30$  мм.

Для оставшегося среднего участка оптимальный размер ячеей может быть найден как промежуточный между  $a_0''$  и  $a_0'''$ , т. е.  $a_0'' = 23$  мм,

или, если взять среднее значение переводного коэффициента  $k''_1=3$ , то получим

$$a''_{0_2} = a'_0 k''_1 = 7,5 \cdot 3 = 22,5 \text{ мм.}$$

Так как по стандарту сетматериалов сетные полотна с ячейей 22,5 или 23 мм не изготавливаются, а имеются сетные полотна лишь с ячейей 24 мм, то примем  $a''_{0_2} = 24 \text{ мм.}$

Перейдем теперь к выбору переводных коэффициентов для отпугивающей секции сетного мешка и определению оптимальных размеров ячеей для отдельных ее участков.

В отпугивающую секцию *B* входят следующие части тралового мешка (рис. 10): плахи мотни, нижний сквер, или поддон, боковые крылья.

Как указывалось выше, размер ячеей увеличивается постепенно от конечной (удерживающей) секции к устью. Следовательно, и для этой секции размер ячеей будет меняться в пределах  $a'''_{\min} < a'''_{\text{ср}} < a'''_{\max}$ .

Аналогично предыдущему разделим секцию на несколько участков, ограниченных рядом параллельных линий.

Так же как и для направляющей секции, число участков будет определяться специфическими особенностями поведения объекта лова в зоне сетных заграждений и, кроме того, необходимостью соблюдения оптимальных условий для сетного мешка траля как инженерного сооружения.

Остановимся несколько подробнее на характере поведения рыбы при встрече с движущимся сетным сооружением. Предположим, что в неко-

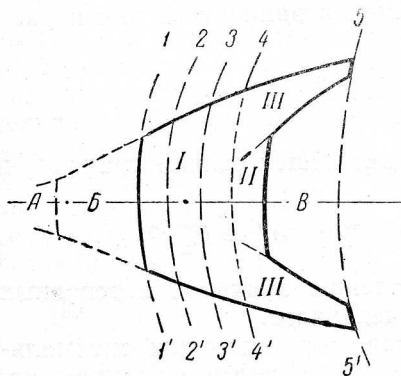


Рис. 10. Схематическое изображение отпугивающей секции тралового мешка.

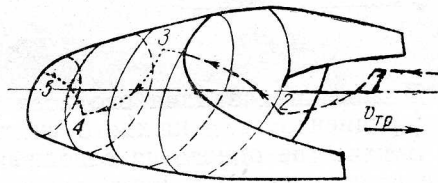


Рис. 11. Схема движения косяка хамсы при встрече с траловым мешком.

торой точке 1 рыба заметила приближение сети-траля (рис. 11) и в поисках выхода пытается уйти вниз. Наблюдения, проведенные в различных районах Черного моря, показывают, что хамса при испуге уходит не строго вертикально вниз, а под некоторым углом. А так как за время погружения рыбы траля переместится на некоторое расстояние, то в какой то момент времени хамса окажется в точке 2 сетного мешка. В поисках выхода она устремится к противоположной стенке (например, к точке 3), и картина будет повторяться до того момента, пока, не найдя открытого, «светлого», участка, рыба попытается повернуть обратно и выйти из окружения. Для хамсы, у которой скорость бросков сравнительно мала, очевидно, число таких изменений направления движения будет меньше, чем для таких быстро движущихся рыб, как кефаль, скумбрия, сельдь и др.

Приведем некоторые примеры, характеризующие поведение хамсы в тех случаях, когда она окружена сетью и последняя при этом движется с некоторой скоростью.

При опытном лове хамсы механизированным поддоном зимой 1951/52 г. в районе м. Утриш — Новороссийск. неоднократно наблюдалась такая характерная картина: во время подъема сети и особенно при

приближении ее к поверхности воды окруженная хамса металась от одной стенки к другой, постепенно углубляясь к днищу орудия лова, после чего она поворачивала и стремительно поднималась почти к самой поверхности. Затем эти движения повторялись или же хамса начинала перемещаться вдоль сетных стенок (по кругу). Такую картину наблюдали многие исследователи.

Подобное поведение хамсы наблюдается и при лове ее с помощью электросвета. В момент подхода сети к поверхности рыба начинает совершать внутри нее описанные выше зигзагообразные движения в стремительном темпе. Из этих наблюдений можно сделать вывод, что число таких рывков (или бросков) определяется не только скоростью движения рыбы  $v_p$ , но и соотношением между размерами отдельных частей орудия лова, в частности, отношением диаметра сети  $D_c$  к ее длине  $l_k$ .

На основании имеющихся многочисленных наблюдений за поведением хамсы внутри конусной сети можно принять, что число таких бросков  $n_k$  для хамсы будет находиться в пределах 3—4. Эта величина зависит от таких факторов, как скорость траления, скорость броска рыбы в момент испуга и отношение диаметра устья к длине тралового мешка.

Учитывая вышесказанное относительно поведения хамсы в сетных заграждениях, а также считая, что длина отпугивающей секции (вместе с поддоном и крыльями) несколько больше направляющей (для которой взято нами три участка), считаем возможным ограничиться для первой четырьмя участками, т. е.

$$n_k = 4 \text{ и } k_{2cp} = \frac{k'_2 + k''_2 + k'''_2 + k''''_2}{4}.$$

Зная оптимальный размер ячеи в удерживающей секции трала  $a'_0$  и  $n_k$ , можно записать:

$$a'''_{0_1} = k'_2 \cdot 7,5; \quad a'''_{0_2} = k''_2 \cdot 7,5; \quad a'''_{0_3} = k'''_2 \cdot 7,5; \quad a'''_{0_4} = k''''_2 \cdot 7,5.$$

Дальнейшая задача сводится к определению значения переводных коэффициентов для каждого участка в отдельности.

В качестве одного из основных факторов, определяющих оптимальные размеры ячей в отпугивающей секции трала, примем реакцию косяков хамсы на сетное полотно в различных условиях по той же методике, которая была принята при обосновании оптимальных размеров ячей направляющей секции тралового мешка.

Остановимся подробнее на некоторых опытах и наблюдениях за поведением хамсы в зоне орудий лова и реакцией ее на стационарные и движущиеся сетные полотна со сравнительно крупной ячеей (свыше 30 мм).

1. В 1950—1952 гг. на местах концентрации хамсы в Черном море мы проводили опыты по выявлению реакции рыбы на сетное полотно. С этой целью с борта судна опускали экспериментальную сеть, состоящую из двух кусков крупноячейной дели (50 и 120 мм) общей площадью свыше 4,5 м<sup>2</sup> (рис. 12). При постепенном приближении сети к косяку хамсы (размеры косяков колебались от 0,5 до 2—3 м<sup>2</sup>) последняя пугалась и, опережая движение сети под водой, уходила вниз или (гораздо реже) в стороны. Но если сеть в течение длительного времени оставалась неподвижной, то косячки хамсы, по-видимому, «привыкали» к присутствию в воде постороннего предмета, подходили сравнительно близко (0,5—1,5 м) к сети и проходили вдоль нее.

В спокойном состоянии рыба не делает попыток проникнуть сквозь ячею и избегает встреч с сетью. Даже при слабом перемещении сетного полотна косячки хамсы мгновенно собирались в отдельные косячки. На рис. 13 мы попытались изобразить схематически реакцию хамсы на сетное полотно. Пунктиром изображено перемещение сети с некоторой

скоростью, а также моменты рассеивания рыбы (в точке  $C$ ) и последующего собирания ее в косяк (в точке  $C'$ ).

Проводились также следующие опыты: в момент, когда косяк (небольших размеров) находился на очень близком расстоянии от экспериментальной сети, в воду бросали камни; косяк «разбивался», и рыба уходила в различных направлениях, не обращая внимания на находящуюся рядом сетную преграду. При этом некоторое количество хамсы проходило сквозь сетное полотно, имеющее ячейку 50—120 мм. Эксперименты такого рода проводились нами несколько раз, и картина повторялась. Следует отметить, что после испуга рыба длительное время не появляется в зоне наблюдения (у сети).

Такие же опыты мы проводили и в Южном Каспии летом 1953 г. с молодью кильки и косяком взрослой сельди (15—20 экземпляров). Килька, как и хамса, при внезапном испуге проходила сквозь крупноячейную дель (150 мм); сельдь же уходила вниз от сетного полотна или в стороны.

При опытах с килькой и сельдью размеры ячеек сетного полотна в отпугивающей и направляющей стенках во много раз (свыше 20) были больше, чем  $a_0$  для этих рыб.

Таким образом, одно и то же сетное полотно с одинаковым размером ячеек будет по-разному воздействовать на различных рыб: одни видят эту стенку и, как правило, не проходят сквозь ячейку, другие также видят сетное полотно, но при испуге свободно проходят через него. В описанном выше опыте размеры ячеек были в пределах 50—120 мм; соответственно  $k_2$  находилось в пределах 6,7—16,0.

2. Во время работ Черноморской научно-промысловой экспедиции ВНИРО в качестве исследовательского орудия лова применялась (1948—1949 гг.) кольцевая сеть, крылья которой были изготовлены из дели с размером ячейки 40—60 мм.

Многочисленные наблюдения за поведением хамсы в зоне обметанного кольцевой сетью пространства показали, что при движении крупноячейной сети в воде хамса пугалась ее и не проходила сквозь ячейку. При прекращении подтягивания крыльев хамса рассредоточивалась по все-

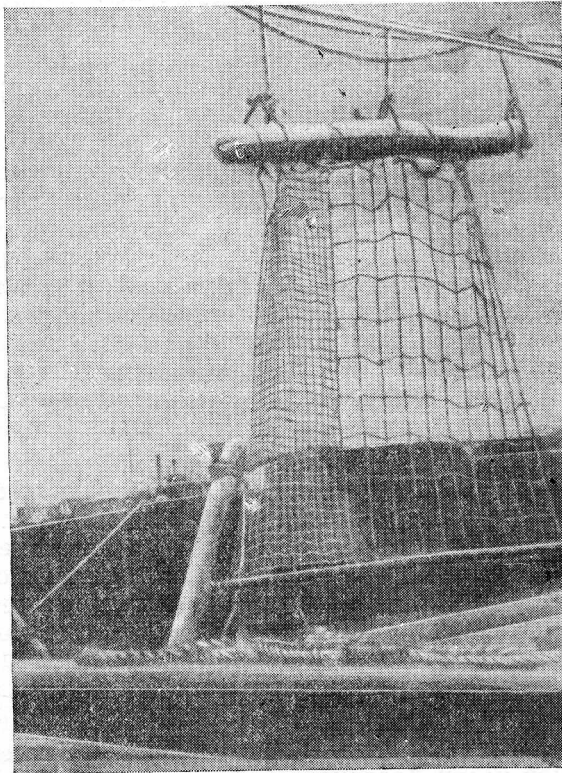


Рис. 12. Образец экспериментальной сети.

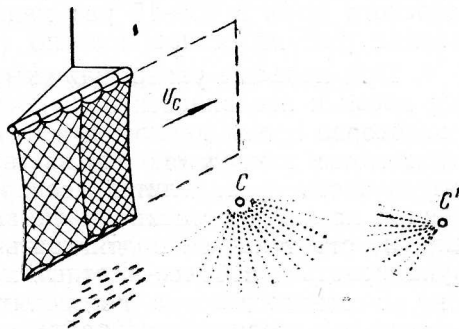


Рис. 13. Схематическое изображение реакции косяка хамсы на движущееся сетное полотно.



му оконтуренному сетью пространству и при длительном неподвижном состоянии сетного полотна начинала проходить сквозь него. Интересно отметить, что как только небольшая стайка проходила сквозь стенку, остальная масса двигалась за ней с большой скоростью. В этих случаях рыбаки обычно вынуждены принимать меры к предотвращению ухода рыбы из невода (подбирают в этом месте сеть, бросают камни, подходят на шлюпке и стучат веслами). Следовательно, для хамсы сетное полотно с ячейей 40—60 мм является отпугивающей стенкой (при движении). Из этих опытов вытекает, что величина  $a'''_0$  находится в пределах 40—60 мм, или  $5,3 < k_2 < 8,0$ .

3. О том, что хамса сквозь крупноячейную дель, движущуюся в воде с некоторой скоростью  $v$ , не проходит, а отпугивается и направляется к центру трала, свидетельствуют результаты наших опытов, проведенных в 1950—1953 гг. в Черном море. В передней крупноячейной (120—150 мм) части трала сверху пришивали плаху мелкоячейной объячеивающей хамсу сети из очень тонкой нити. Траления производились на местах концентрации хамсы зимой с применением гидроакустических приборов. По окончании траления сетной мешок подтягивали к борту, осматривали, есть ли объячеившаяся хамса на площади  $S_1$  в крыльях, после чего на борт поднимали остальную часть трала и определяли результаты траления.

Не было отмечено ни одного случая объячеивания хамсы. Надо полагать, что ночью при тралении на сравнительно больших глубинах до 40—65 м сеть в воде не была заметна, несмотря на то, что в кутке трала было до 2—3 ц хамсы. Это свидетельствует о том, что в Черном море хамса при встрече с движущимся сетным полотном с ячейей 120—150 мм не проходит через сетное полотно, а отпугивается им и отходит в разные стороны. Следовательно, по данным и этих опытов можно заключить, что размер ячеей в отпугивающей секции может быть в пределах 120—150 мм, т. е.  $16 < k_2 < 20$ .

Такие же опыты были проведены нами зимой 1951/52 г. в центральной части Азовского моря и летом 1953 г. в средней части Каспийского моря, причем в первом случае объектами изучения были тюлька и хамса, а во втором — килька. В результате и в Азовском, и в Каспийском море были неоднократно отмечены случаи объячеивания рыбы. Это можно объяснить как отличием условий опыта (прозрачность воды Азовского моря в 10—15 раз меньше, чем Черного), так и различием реакции рыб на сетное полотно (тюлька, килька).

4. При подъеме разноглубинных тралов (в момент подхода распорных досок к поверхности воды) часть хамсы успевает выйти из кутка и некоторое время держится в передней части сетного мешка (первые плахи мотни и предкутковая часть), где размер ячеей 45—120 мм. Если сетную часть трала длительное время не выбирают на борт судна, то косячки хамсы постепенно начинают проходить через крупноячейную дель; но стоит начать подтягивать мешок к борту, как хамса начинает группироваться в более плотные косяки и стремительно отходит в сторону от сетного полотна, не проникая сквозь крупную ячейю. Описанную картину мы неоднократно наблюдали в Черном море в 1952 и 1953 гг. при облове зимних скоплений хамсы у берегов Кавказа. На это указывает также Н. Н. Данилевский [15].

Эти наблюдения также подтверждают, что косячки хамсы при встрече с движущимся крупноячейным сетным полотном не проходят сквозь такую ячейю несмотря на то, что размеры ее во много раз больше, чем  $a_0$ . Следовательно, крупноячейное сетное полотно в передней части трала отпугивает хамсу.

Таким образом, наблюдения и опыты показывают, что хамса при встрече с движущимся сетным полотном с размерами ячеей 40—150 мм

не проходит сквозь него, а уходит от сети. Значит, величина  $a_0'''$  может быть принята в интервале  $40 \div 150$  мм или  $5,3 < k_2 < 20,0$ .

Как уже отмечалось, отпугивающая секция сетного мешка условно разделена была на 4 участка, т. е.  $n_k = 4$ .

Определим значения переходных коэффициентов и размеры ячеек в отдельных участках. Для участка, ограниченного линиями 1—1' и 2—2' (см. рис. 10) имеем:  $a_1''' = 7,5 k_2'$ , где за величину  $k_2'$  принимается  $k_{2\min}$ .

Полученные нами минимальные значения переводного коэффициента равны  $5,3 \div 6,0$ .

Исходя из технических условий (обеспечение равнопрочности сетного мешка, раскрытие трала, его сопротивление), примем величину  $k_2'$  равной 6. При этом получаем  $a_{0_1}''' = 45$  мм.

На следующих двух участках остановимся позже. Перейдем теперь к выбору коэффициента и размера ячей для последнего, четвертого, участка отпугивающей секции, состоящей из поддона и боковых крыльев.

Из приведенных опытов мы установили, что максимальные размеры ячеек, отпугивающей хамсу, составляют  $120 \div 150$  мм. Так как это последний участок в данной секции, то естественно и размер ячеек здесь должен быть максимальным, т. е.  $a_{0_4}''' = 120 \div 150$  мм.

Учитывая некоторые специфические особенности поведения хамсы в зоне движущихся сетных сооружений, мы считаем целесообразнее разделить участок, ограниченный линиями 4—4' и 5—5' на две части: первая — поддон (выступающая вперед нижняя пластина сетного мешка) и вторая — боковые крылья трала.

Соответственно для первой части размер ячеек будет равен 120 мм, а для второй 150 мм.

Оставшиеся два участка отпугивающей секции, ограниченные линиями 2—2' и 3—3', а также 3—3' и 4—4', являются промежуточными между первым и четвертым участками. Следовательно, и значения переводных коэффициентов для них будут средними между первым и четвертым участками. При этом условимся, что размеры ячеек по всей длине сетного мешка должны возрастать постепенно. Тогда для второго участка отпугивающей секции ячеек будет размером 60 мм, а для третьего участка 90 мм. Таким образом, мы нашли размеры ячеек для всех частей сетного мешка трала для лова хамсы.

#### ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ УСТЬЯ ТРАЛА

Важным фактором в поведении рыб является также способность группироваться в отдельные стаи или косяки. Пелагическим рыбам, к которым относится и хамса, свойственна стайность, причем поведение одной и той же рыбы в составе стаи и в одиночку совершенно различно. Не вдаваясь в сущность образования стаи, отметим лишь, что размеры образуемых разными рыбами скоплений, косяков в зависимости от целого ряда факторов (как биотических, так и абиотических) различны. Это, конечно, не значит, что для какого-либо вида рыбы существует определенный размер косяка, но все же нетрудно заметить, что для каждого вида рыбы имеются наиболее характерные средние размеры косяков. Условно назовем эту величину  $C_k$ . Как будет обосновано нами в дальнейшем, между площадью устья сетного мешка трала  $S_y$  и оптимальным размером косяка рыбы существует зависимость

$$S_y = f(C_k).$$

Величина  $S_y$  зависит не только от  $C_k$ , но и от скорости перемещения рыбы в воде.

Важную роль при определении размеров косяков рыб сыграло применение в практике научно-исследовательских работ гидроакустических приборов. С помощью этих приборов удалось выяснить не только места концентраций рыб в разные периоды года, но и, что особенно важно, изучить их распределение и поведение, закономерности вертикальных и горизонтальных миграций, размеры косяков и скоплений, получить представление о плотности этих группировок в тот или иной момент и т. д.

При попытке установить оптимальные размеры отдельных группировок стайных рыб мы исходили из следующего положения. Косяк является наиболее устойчивой формой из всех группировок; рыбы в косяке характеризуются рядом особенностей поведения (более высоко развитым инстинктом стайности, изменением скоростей передвижения, иной реакцией на различные раздражители, оборонительным инстинктом и др.). В отдельные периоды жизни в силу комплекса биотических и абиотических факторов косяки рыб образуют большие группировки — скопления. Однако, как показывают тщательные исследования, проведенные на протяжении ряда лет с помощью различных приборов, устойчивость этих скоплений сравнительно мала.

Учитывая сказанное, нам представляется целесообразным увязывать величину  $S_y$  с модальными размерами косяков хамсы.

Для установления наиболее характерных размеров косяков хамсы приводим записи косяков, сделанные с помощью гидроакустических приборов в 1951—1954 гг. на местах зимовок хамсы у берегов Крыма и Кавказа (рис. 14). Записи сделаны эхолотами НЭЛ-4 в различное время суток (с 6 час. 37 мин. до 19 час. 52 мин.).

Размеры косяков хамсы определяем по формулам, предложенным В. Г. Ажажа в работе, посвященной анализу характера эхозаписи различных пелагических рыб [1].

Горизонтальная протяженность косяка  $L_{\phi}$  определяется по формуле

$$L_{\phi} = alv - \frac{H_{cp}}{3},$$

где:  $a$  — коэффициент, зависящий от типа гидроакустического прибора и диапазона его работы;

$l$  — длина записи косяка на ленте самописца в мм;

$v$  — скорость судна, производящего запись в узлах;

$L_{\phi}$  — фактическая длина косяка рыбы в м;

$\frac{H_{cp}}{3}$  — поправочная величина, учитывающая искажения записи объекта на ленте, в которой  $H_{cp}$  — глубина нахождения объекта.

Протяженность косяка рыбы по вертикали  $h_k$  определяется по формуле

$$h_k = \frac{B_0}{\lambda} C_s - \Delta h,$$

где:  $B_0$  — высота записи косяка на ленте в мм;

$\lambda$  — расстояние между двумя соседними отметками на ленте по вертикали в мм;

$C_s$  — цена одного условного деления в м;

$\Delta h$  — разрешающая способность гидроакустического прибора по вертикали в м.

Приведенные формулы дают возможность судить о линейных размерах вертикальных разрезов косяков по записи различных концентраций рыб на лентах самописцев гидроакустических приборов. На

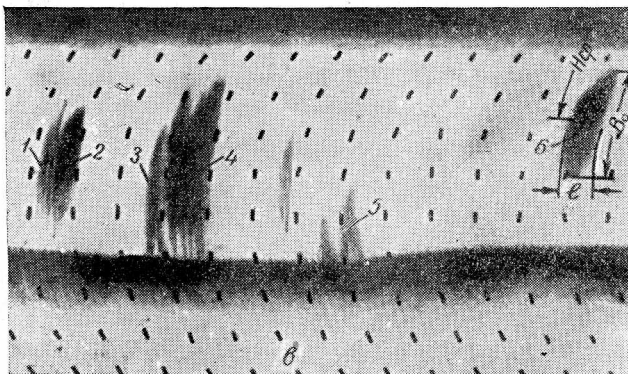
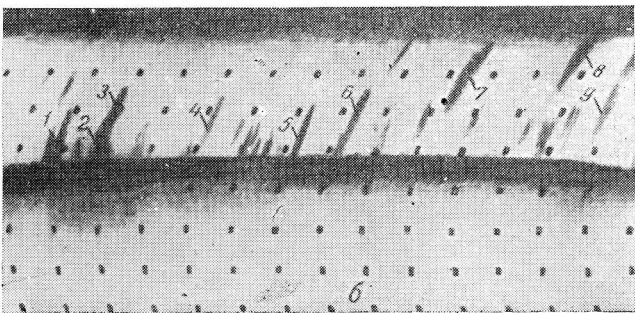
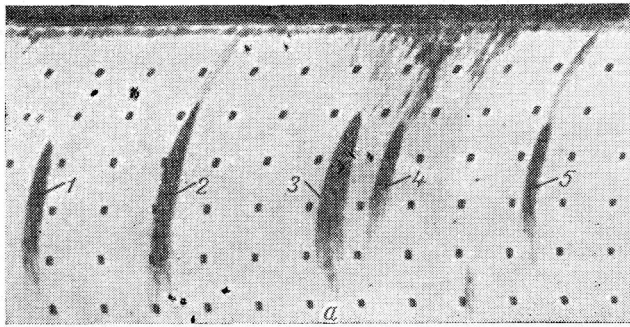


Рис. 14. Запись отдельных косяков хамсы на ленте эхолота.

рис. 15,а показана типичная запись косяка рыбы на ленте эхолота; на рис. 15,б эта запись косяка расшифрована с применением единого мас-

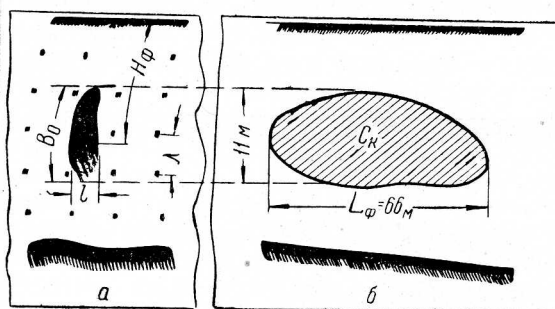


Рис. 15. Косяки хамсы:  
а—на ленте эхолота; б—в расшифрованном виде.

штаба по вертикали и по горизонтали, причем величины  $L_{\phi}$  и  $h_{\kappa}$  определены по приведенным выше формулам.

Таблица 3

Сводные данные по строению косяков хамсы в период зимовки ее в Черном море (на основании обработки эхограмм)

Номера рисунков и косяков, обозначенных на них	l в мм	B <sub>0</sub> в мм	H <sub>cp</sub> в мм	λ в мм	v в узлах	Длина косяка в мм по формуле $L_{\phi} = alv - \frac{H_{cp}}{3}$	Высота косяка в мм по формуле $h_{\kappa} = \frac{B_0}{\lambda} C_{\phi} - \Delta h$	Площадь косяка в мм	
								по формуле $C'_{\kappa} = mL_{\phi} h_{\kappa}$ (при $m=0,8$ )	по формуле $C''_{\kappa} = \frac{\pi h_{\kappa}^2}{4}$
Рис. 14, а									
1	2,9	18,0	25,0	8,5	5,5	30,0	9,1	218	63
2	3,1	23,0	22,5	8,5	5,5	33,4	12,0	320	113
3	4,5	9,0	23,0	8,5	5,5	46,7	10,0	374	78
4	3,0	12,5	21,0	8,5	5,5	32,6	5,8	151	27
5	2,5	16,5	23,0	8,5	5,5	25,3	8,2	166	53
Рис. 14, б									
1	2,0	14,0	18,0	9,0	6,0	22,0	6,4	117	32
2	2,5	10,5	19,0	9,0	6,0	29,7	4,4	105	16
3	2,5	10,0	14,0	9,0	6,0	31,3	4,1	102	14
4	2,0	11,0	16,0	9,0	6,0	23,5	4,7	88	18
5	2,5	13,5	17,5	9,0	6,0	30,2	6,1	148	30
6	2,5	12,0	15,0	9,0	6,0	31,0	5,2	129	21
7	3,5	17,5	11,0	9,0	6,0	46,8	8,3	312	54
8	3,0	12,0	8,0	9,0	6,0	40,5	5,2	168	21
9	2,5	14,0	15,0	9,0	6,0	31,0	6,3	156	31
Рис. 14, в									
1	3,5	19,0	22,5	10,5	3,0	18,2	7,6	107	46
2	5,0	21,0	22,0	10,5	3,0	28,7	8,5	185	57
3	3,0	22,5	26,0	10,5	3,0	12,9	9,2	95	67
4	9,5	28,0	24,0	10,5	3,0	60,4	11,8	567	110
5	4,0	13,0	22,0	10,5	3,0	18,1	4,8	70	18
6	7,5	23,0	18,0	10,5	3,0	48,0	9,4	360	70

Примечание. Величины  $C'_{\kappa}$  и  $C''_{\kappa}$  взяты округленно.

Описанным способом нами были проанализированы почти все записи косяков, сделанные эхолотами, установленными на исследовательских судах Азчерниро в 1952—1954 гг. (табл. 3). Запись в приведенных трех случаях (рис. 14, а, б, в) производилась при различных скоростях судна (2,8—6,0 узлов).

В связи с тем что траление, как правило, производится с таким расчетом, чтобы направление движения трала было прямо противоположно направлению хода косяка, целесообразнее установить связь между площадью поперечного сечения косяка  $C_k''$  и параметром  $S_y$ .

Рассмотрим, какова же должна быть зависимость между ними. Как уже указывалось, устье тралового мешка должно иметь такие размеры (площадь), чтобы при встрече с косяком рыбы последний полностью мог свободно пройти внутри передней секции сетного мешка. Иными словами, необходимо, чтобы площадь устья была больше  $C_k''$ .

На какую же величину  $S_y$  должна быть больше  $C_k''$ ?

Для выяснения этого вопроса рассмотрим рис. 16, где сплошными линиями изображены контуры сечения устья мешка в месте соединения крыльев с мотней, а пунктиром — некоторый косяк рыбы оптимальных размеров и площадью  $C_k''$ . Приняв, что косяк в поперечном разрезе имеет форму, близкую к кругу, надо полагать, что целесообразно и устью сетного мешка придать круглую или овальную форму, чтобы не срезать косяк, а обеспечить свободное прохождение его внутрь сетного мешка.

Если размеры устья трала таковы, что косяк рыбы не может быть охвачен полностью, то, очевидно, его надо обловить частично. Как известно, инстинкт стайности у пелагических рыб развит чрезвычайно сильно. Поэтому вероятность облова таких косяков весьма незначительна. Надо полагать, что почти такое же положение будет и в случае, если размер поперечного сечения косяка будет равен площади устья трала, ибо, столкнувшись непосредственно с движущимся сооружением, рыба будет стремиться уйти от него в разные стороны.

Для того чтобы косяк рыбы мог свободно войти в переднюю часть тралового мешка, следует, по нашему мнению, размеры устья сделать такими, чтобы рыбы, находящиеся у краев косяка, не замечали надвигающегося сетного полотна, т. е. размеры устья должны быть больше размеров косяка на величину дальности видения данной рыбы (обозначим эту величину через  $\eta_p$ ). В этом случае если

$$C_k'' = \frac{\pi h_k^2}{4},$$

то

$$S_y = \frac{\pi (h_k + 2\eta_p)^2}{4},$$

или если

$$C_k'' = \pi \left( \frac{h_k' h_k''}{4} \right),$$

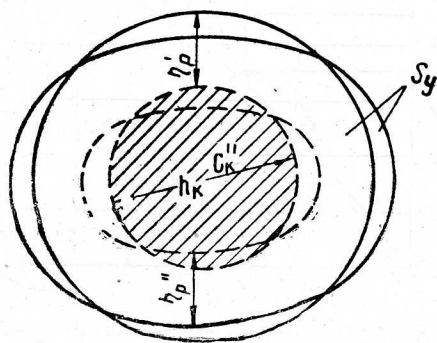


Рис. 16. Схематическое изображение контуров устья тралового мешка в зависимости от размеров и формы косяка рыбы.

то

$$S_y = \pi \left[ \left( \frac{h'_k}{2} + \eta_p \right) \left( \frac{h''_k}{2} + \eta_p \right) \right],$$

где  $h'_k$  и  $h''_k$  — большая и малая оси эллипса, форму которого может иметь косяк рыбы.

В окончательном виде формула для определения величины  $S_y$  будет иметь следующий вид:

$$S_y = C''_k + \pi \left[ \left( \frac{h_k}{2} + \eta_p \right)^2 - \left( \frac{h_k}{2} \right)^2 \right].$$

#### СВЯЗЬ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ РЫБЫ И НЕКОТОРЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ТРАЛА

Несмотря на сравнительно большой период исследований в области распределения и поведения различных рыб, такой важный фактор их поведения, как скорость перемещения косяков (или отдельных особей),

до настоящего времени изучен недостаточно. В последние годы некоторые отечественные исследователи — Н. Е. Асланова [3, 4], С. Г. Зуссер [18], Б. П. Мантейфель [19] и другие [24, 25] — провели интересные наблюдения и эксперименты, в результате которых установлены характерные для некоторых объектов лова скорости движения в потоке (как правило, в естественных условиях).

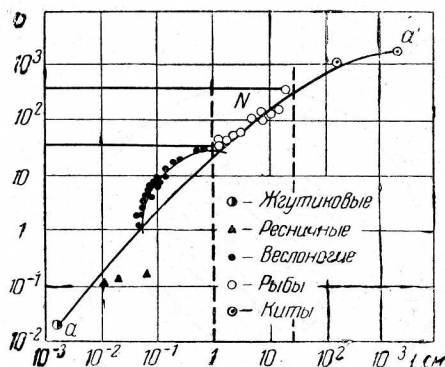


Рис. 17. Максимальная скорость движения различных морских организмов в зависимости от их длины (по В. В. Шулейкину).

Большой интерес для нас представляют многолетние экспериментальные и теоретические исследования акад. В. В. Шулейкина [28] в области кинематики различных рыб, изучения особенностей строения их движителей и выявления закономерностей между размерами, формой рыб и их гидродинамическими показателями.

Следует заметить, что до В. В. Шулейкина вопросом движения различных рыб занимались и многие иностранные исследователи, в том числе Грей, которому удалось при помощи кино съемочной аппаратуры сделать многочисленные снимки различных рыб в аквариальных условиях и дать правильное качественное описание движения рыбы. В результате Грей пришел к выводу, что рыба отталкивается вперед от окружающей среды (водной), изгибая свое тело наподобие змеи.

В. В. Шулейкину удалось не только найти различие в характере движения различных рыб и функциях движителей, но и вычислить элементы внешней и внутренней кинематики рыбы и в приближенном виде элементы внешней и внутренней динамики. Им были найдены формулы для определения скорости движения рыбы в воде, по которым рассчитаны величины скорости движения различных морских животных, в частности рыб. Полученные данные приведены в виде графика на рис. 17.

Следует отметить, что при обосновании конструкции трала скорость передвижения косяка рыб является одним из определяющих моментов не только в выборе оптимальных величин скоростей буксировки судна с тралом при лове данного объекта, но и для установления соответствующих площадей устья сетного мешка трала  $S_y$ . В самом деле,

если мы пытаемся ловить тралом рыбу, обладающую некоторой скоростью  $v_p$  движения в воде, то, очевидно, скорость траления должна в этом случае быть несколько больше  $v_p$ , иначе рыба может уйти из зоны облова (рис. 18). Однако при приближении к объекту лова какого-либо постороннего предмета (в данном случае трала) скорость перемещения косяка рыбы под влиянием испуга будет заметно увеличиваться, поэтому правильнее было бы понимать под величиной  $v_p$  скорость броска косяка в момент его встречи с препятствием (тралом). Обозначим эту скорость  $v'_p$ . Тогда соответственно  $v_{mp}$  должна быть больше, чем  $v_p$ .

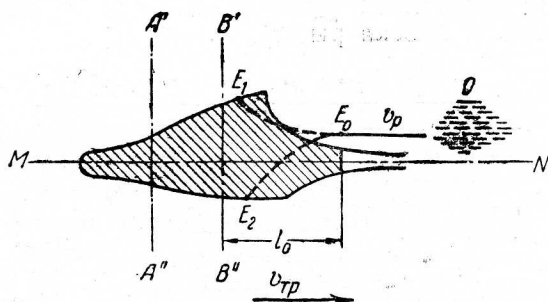


Рис. 18. Схема движения косяка рыбы в отпугивающей секции тралового мешка.

Кроме того, для нас представляет интерес и величина скорости броска рыбы в вертикальном направлении (обозначим ее  $v''_p$ ). Установим в общем виде зависимость между величиной  $v''_p$  и площадью устья трала  $S_y$  или отдельными ее составляющими:  $A_{mp}$  — горизонтальным распором устья и  $B_{mp}$  — вертикальным распором устья.

Наиболее характерными величинами, определяющими связь между  $S_y$  и  $v''_p$ , будут  $A_{mp}$  и  $B_{mp}$ , ибо при прочих одинаковых условиях ( $v_{mp}$ ,  $a_0$  и т. д.) от их значений будет зависеть улавливающая способность трала. Между этими величинами существует зависимость

$$S_y = f(C_k, v''_p).$$

С другой стороны, величина скорости броска косяка рыбы  $v''_p$  определяет и второй конструктивный параметр сетной части трала, а именно длину передней (отпугивающей) части сетного мешка  $l_0$  или отношение  $l_0$  ко всей длине траловой сети, т. е.

$$F_c = \frac{l_0}{L_c},$$

где  $F_c$  — коэффициент, характеризующий, какую часть длины сетного мешка составляет отпугивающая секция.

Так же подходят к обоснованию конструктивных элементов сетного тралового мешка Ю. В. Кадильников, А. Н. Духанин, с той лишь разницей, что вместо избранных нами линейных размеров  $l_0$  и  $L_c$  оперируют величинами площадей (фиктивных), рассчитанных для соответствующих секций.

Таким образом, выбор параметров и их величин необходимо связывать с основными, характерными для данного вида рыбы особенностями поведения. В частности, величина  $l_0$  находится в зависимости от скорости броска рыбы.



Установим характер зависимости между  $l_0$  и  $v_p^*$ . На рис. 18 двумя параллельными плоскостями  $A'A''$  и  $B'B''$  сетной мешок трала схематически разделен на упомянутые выше три секции. Предположим теперь, что трал движется равномерно со скоростью  $v_{mp}$  на горизонте  $MN$  и при этом встречается с косяком рыбы, обладающей некоторой скоростью  $v_p^*$ . Очевидно, в момент  $t_0$  рыба (имеется в виду косяк рыбы, который мы будем рассматривать как некоторую материальную точку  $O$ ), заметив приближение трала, бросится куда-то в сторону, большей частью под некоторым углом  $\alpha$  вниз от препятствия, со скоростью  $v_p^*$ . Чтобы установить величину  $S_0$ , мы прежде всего должны определить длину траектории точки  $O$  от  $E_0$  до  $E_1$  или  $E_2$  (в зависимости от направления броска рыбы).

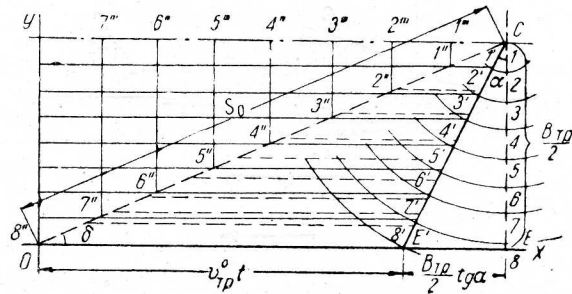


Рис. 19. Графический метод определения величины  $S_0$  в зависимости от  $v_p^*$ ,  $B_{mp}$  и  $v_{mp}$ .

Величина этого пути определяется графическим способом и в конечном итоге может быть определена по формуле (рис. 19)

$$S_0 = (0,5 B_{mp} \operatorname{tg} \alpha + v_{mp} t) \cos \delta.$$

Какова должна быть длина  $l_0$  соответствующей секции, если нам известны  $v_p^*$  и  $v_{mp}$ ?

Надо полагать, что при этих условиях длина отпугивающей секции  $l_0$  должна быть такой, чтобы к моменту встречи рыбы с тралом первая оказалась бы на границе двух секций (отпугивающей и направляющей) или в зоне второй секции, т. е.  $l_0 \leq S_{\min}$  (при постоянных значениях  $v_{mp}$  и  $v_p^*$ ), где  $S_{\min}$  — минимальное расстояние от центра площади устья трала до некоторой точки, находящейся на образующей поперечного сечения тралового мешка.

Наконец, следует остановиться и на зависимости величины  $S_y$  от скорости буксировки трала. Как отмечалось выше, величина  $S_y$  должна определяться такими особенностями поведения рыбы, как характерный размер косяка  $C_k$  и скорость броска рыбы. Кроме того, большое значение имеет скорость буксировки трала.

В конечном итоге мы получили следующую зависимость: площадь устья сетного мешка определяется площадью поперечного сечения косяка рыбы, скоростью движения ее в момент встречи с сетным сооружением и скоростью буксировки трала в воде.

Какова же должна быть величина  $v_{mp}$ , если известна скорость движения рыбы в момент броска?

В общем скорость траления должна быть больше скорости броска рыбы. При этом условии рыба не сможет уйти из зоны, облавливаемой тралом. Попытаемся теперь найти связь между этими величинами.

Обратимся для этого к рис. 20, на котором в точке  $M$  расположен центр косяка рыбы, а величиной  $Y_0$  обозначено расстояние от начала

сетного мешка до наиболее удаленной точки тралового сооружения (распорные доски, щитки, решетки и т. д.), замечаемого рыбой в первый момент. Если нам известны величины  $C_x$  и  $v_p''$ , то, найдя значение  $B_{mp}$ , можно определить и время броска  $t_1$  по формуле

$$t_1 = \frac{B_{mp} \alpha}{2v_p''}.$$

За время  $t_1$ , очевидно, трал должен переместиться на такое расстояние  $Y_0$ , при котором точка  $M'$  оказалась бы на границе сетной части, т. е. совпала с точкой  $C''$ . Тогда скорость буксировки  $v_{mp}$  определится из отношения

$$v_{mp} = \frac{Y_0}{t_1}.$$

Таким образом, установили зависимость между одной из важнейших особенностей поведения рыбы — скоростью броска  $v_p''$  и такими параметрами, как площадь устья сетного мешка, длина отдельных участков тралового сооружения ( $l_0$  и  $Y_0$ ), а также скоростью буксировки трала  $v_{mp}$ .

Задача сводится к тому, чтобы, определив конкретные величины  $v_p$  и  $v_p''$ , найти зависящие от них параметры  $l_0$ ,  $v_{mp}$ ,  $Y_0$  и  $S_y$ .

Величины  $v_p$  и  $v_p''$  определяем по нашим материалам, а также по литературным данным.

1. Как отмечалось выше, в 1945—1946 гг. Н. Е. Асланова [3—5] проводила экспериментальные работы по выяснению поведения хамсы в зоне сетных стенок. В числе других факторов поведения неоднократно определялась скорость перемещения косяков рыб как при спокойном их поведении  $v_p$ , так и при воздействии на них различных раздражителей (шум, удар веслами о волну, звуки и др.).

По данным Н. Е. Аслановой [3], скорость движения косяков хамсы зависит от скоростей течения  $v_m$  и размеров косяков.

Было установлено, что:

а) при  $v_m = 0,1$  м/сек  $v_p = 0,4$  м/сек (средняя);

б) при  $v_m = 0,3$  м/сек  $v_p = 0,2$  м/сек (средняя).

Косяки хамсы размером 5—15 м<sup>2</sup> двигались значительно быстрее ( $v_p = 0,45 \div 0,60$  м/сек), чем большие косяки или скопления косяков, для которых величина  $v_p$  колебалась от 0,15 до 0,35 м/сек.

Для керченской сельди скорость движения косяков доходила до 0,8 м/сек при  $v_m = 0,1 \div 0,2$  м/сек.

Приведенные цифры говорят о том, что различные рыбы характеризуются разными величинами  $v_p$ . В доказательство можно привести и другие данные, полученные С. Г. Зуссер [17] и Б. П. Мантейфелем [19]:

для пелагиды Черного моря  $v_p = 4,0$  м/сек;

для сельди Северного моря  $v_p = 1,3$  м/сек.

Однако для одной и той же рыбы величина  $v_p$  может меняться в зависимости от ее состояния. Так, при действии сильного звука на косяк хамсы последняя перемещается в воде («бросается») с большей скоростью.

При анализе экзозаписей, полученных во время исследовательских работ зимой и весной 1952—1953 гг. на местах концентрации хамсы в

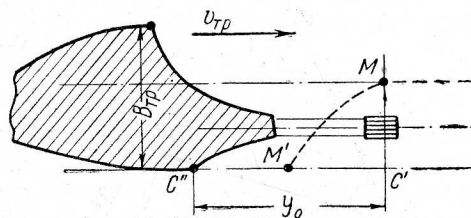


Рис. 20. Предполагаемая траектория броска рыбы при встрече с движущимся тралом.

Черном море, было установлено, что в среднем скорость броска  $v_p'' = 0,6 \div 0,7$  м/сек, а в отдельных случаях достигает 0,9 и 1, 1 м/сек.

Если учесть, что общая протяженность перемещения (пути броска рыбы) была 5,5—8,0 м, то легко найти и время броска, которое при расчете по формуле составит

$$t_1 = \frac{B_{mp} \alpha}{2v_p''} \approx 4,2 \div 6,0 \text{ сек.},$$

где  $\alpha$  — характерный для данной рыбы угол, под которым рыба уходит вниз при встрече с препятствием.

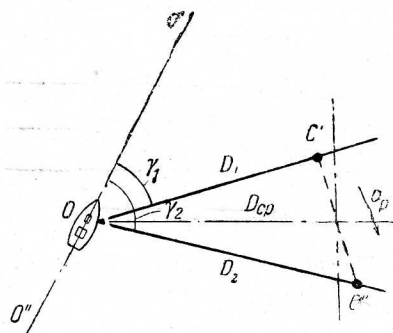


Рис. 21. Схема определения скорости движения косяка рыбы с помощью гидроакустического прибора.

рыбы в конце опыта есть  $v_p = 0,3$  м/сек, а в первый момент броска  $v_p'' = 0,56 \div 0,6$  м/сек.

3. О скорости движения косяков хамсы в осенне-зимний период можно получить представление при помощи аэрофотосъемки, непосредственных визуальных наблюдений с самолета, а также посредством записи определенного косяка рыбы горизонтальным трактом гидролокатора в течение сравнительно длительного времени.

Если в первом случае  $v_p$  определяется путем простого деления расстояния  $L$  на время перемещения  $t$ , то при работе с гидроакустическим прибором скорость движения косяка рыбы рассчитывается по следующим формулам (рис. 21):

$$v_p = \frac{D_{cp} \operatorname{tg}(\gamma_2 - \gamma_1)}{\Delta t},$$

где  $D_{cp}$  — средняя величина дальности косяка от пеленгующего судна;

$$v_p = \frac{\sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2 D_1 D_2 \cos(\gamma_2 - \gamma_1)}}{\Delta t},$$

где  $\Delta t$  — период наблюдения за перемещением косяка из точки  $C$  в точку  $C'$ .

Полученные таким образом на экспедиционном судне «Вл. Воробьев» данные показывают, что для хамсы средняя скорость перемещения  $v_p = 0,25 \div 0,35$  м/сек.

4. Вернемся к опытам В. В. Шулейкина [28] и графику, составленному им для различных морских животных (см. рис. 17). Ранее мы нашли, что средняя длина хамсы из траловых уловов равна 9,5 см.

Отложив по оси абсцисс точку, соответствующую  $L_p = 9,5$  см, восстановим перпендикуляр до пересечения с кривой  $aa'$ . Из полученной на кривой  $aa'$  точки  $N$  проведем линию, параллельную оси абсцисс. Таким образом, мы получим величину скорости перемещения хамсы в воде, причем это будет не  $v_p$  (как указано на графике), а скорость броска,  $v_p''$ , или, как определяет ее В. В. Шулейкин, максимальная скорость:

$$v_{\max} = v_p'' = 10^{2,1} \text{ см/сек} = 1,26 \text{ м/сек.}$$

5. Многие исследователи [3, 4, 21, 22] Черного моря, основываясь на многочисленных опытах и наблюдениях в течение длительного времени, также приводят данные по скорости перемещения различных стайных рыб, в том числе и хамсы. На основании их данных, хамса в момент испуга движется со скоростью 0,50 м/сек; обычно же косяки хамсы перемещаются со скоростью около 0,30 м/сек.

Изучение поведения хамсы на местах зимовки в районе Утреш — Новороссийск под руководством А. К. Токарева [25] показало, что в момент испуга (при бросании камня в косяк хамсы, опускания сети, самоловных крючьев, включении света под водой и т. п.) косяки хамсы уходят (большой частью вниз) со скоростью 0,55—0,80 м/сек, хотя в отдельных случаях, особенно в первый момент броска, величина  $v_p''$  достигает 1,0 м/сек.

6. В 1948—1953 гг. мы неоднократно измеряли скорости перемещения и бросков косячков хамсы разных размеров в тех или иных условиях. Так, в январе и феврале 1949 г. в районе Ялта — Алушка мы проводили поиск рыбы с помощью гидроакустического прибора на э/с «Вл. Воробьев». Попутно изучали некоторые особенности поведения хамсы, а также испытывали модель пелагического трала. В результате проведенных с судна и шлюпки замеров мы установили, что обычная скорость передвижения косячков хамсы размером 1,5—4,0 м<sup>2</sup> составляла 0,25—0,3 м/сек. При буксировке модели трала со скоростями 0,6—0,7 м/сек косячки хамсы успевали выходить из облавливаемой зоны; при этом скорость их бросков была несколько больше. Затем рыба уходила вглубь, и определить при этом скорость ее движения не удавалось. Осенью 1952 г. автор совместно с С. Г. Зуссер [18] изучал поведение хамсы в зоне сетного полотна. Рыбу привлекали с помощью подводного электросвета. При достаточной концентрации рыбы в поверхностных слоях воды с борта судна осторожно опускали в воду небольшую (длиной около 1 м) модель пелагического трала и с помощью тросика буксировали ее вдоль борта судна по направлению к косяку хамсы. Было установлено, что:

а) при скорости буксировки модели 0,2—0,3 м/сек хамса поворачивала от нее, перемещалась со скоростью 0,30—0,36 м/сек и значительно опережала трал;

б) при значительном увеличении скорости буксировки модели трала в зоне концентрации хамсы ( $v_{тр} = 0,7 \div 0,9$  м/сек) последняя совершала несколько резких бросков в сторону или вниз от трала и уходила из зоны наблюдения.

Одновременно мы проводили аналогичные опыты в зоне экспериментальных сетей, установленных в воде на некотором расстоянии одна от другой (расстояние между сетями  $l_s$  нами неоднократно изменялось в пределах от 0,5 до 6 м и более). Было установлено, что скорость естественного перемещения косячков хамсы небольших размеров (2,0—2,5 м<sup>2</sup>) колебалась в пределах 0,25—0,35 м/сек. Так, при

$$l_s = 2,0 \text{ м и } t = 7,0 \text{ сек. } v_p \approx 0,30 \text{ м/сек;}$$

$$l_s = 2,0 \text{ м и } t = 6,0 \text{ сек. } v_p \approx 0,35 \text{ м/сек;}$$

$$l_s = 4,2 \text{ м и } t = 16,5 \text{ сек. } v_p \approx 0,25 \text{ м/сек.}$$

Затем в косяк рыбы бросали камни и при этом по определенным ориентирам под водой (конусная сеть, шесты с сетями, трес с грузиками и т. д.) приближенно определяли скорость движения хамсы в момент броска (при испуге). Такие опыты повторяли несколько раз; в результате было установлено, что  $v_p'' = 0,60 \div 0,75$  м/сек.

В связи с тем что разные исследователи приводят различные значения величин  $v_p$  и  $v_p''$ , причем отклонения весьма велики, мы все имеющиеся данные по этому вопросу свели в табл. 4.

Таблица 4

Скорость движения  $v_p$  и бросков  $v_p''$  косяков хамсы

Год проведения опыта	Скорость в м/сек		Исследователи и район работы
	естественного движения $v_p$	бросков $v_p''$	
1954	0,30	0,56	Д. В. Радаков и Н. Н. Данилевский. Район Балаклавы
1953	—	0,50	Н. Ф. Тараненко и А. П. Голещенко. Черное море
1953	—	0,55—0,80	А. К. Токарев и С. Б. Гюльбадамов. Район Анапа—Утриш (п/с „Контакт“ и „Тайфун“.)
1953	—	1,26	В. В. Шулейкин (по эмпирическим формулам)
1952	—	0,60—0,90	С. Г. Зуссер и С. Б. Гюльбадамов. Район г. Опук (э/с „Грот“)
1951	0,20—0,35	0,70—0,80	С. Б. Гюльбадамов. Район Анапа—Утриш (э/с „Гонец“)
1950	0,25—0,30	—	А. С. Шебаршин (э/с „Вл. Воробьев“)
1949	0,25—0,35	0,60—0,70	Н. Е. Асланова и С. Б. Гюльбадамов. Район Ялта—Балаклава (э/с „Вл. Воробьев“)
1949	—	0,80—0,90	Н. Е. Асланова и С. Б. Гюльбадамов. Черное море (э/с „Грот“, „Данилевский“ и др.)
1945—1947	0,20—0,40	—	Н. Е. Асланова. Керченский пролив, Черное море, район Ялта—Сухуми

Средние значения скоростей  $v_p$  и  $v_p''$  косяков хамсы составят

$$v_{p\text{ср}} = \frac{\sum v_p}{n} = 0,28 \approx 0,30 \text{ м/сек};$$

$$v_{p_1}'' = 0,73 \approx 0,75 \text{ м/сек}; \quad v_{p_2}'' = 0,69 \approx 0,70 \text{ м/сек}.$$

Таким образом, мы получили исходные данные для дальнейшего установления зависимости между скоростью движения рыбы и параметрами  $v_{mp}$ ,  $l_0$ ,  $S_y$  и  $Y_0$ .

Вернемся к рассмотрению выведенной нами формулы, характеризующей связь между скоростью буксировки трала и параметрами  $Y_0$  и  $t_1$ , т. е.:

$$v_{mp} = \frac{Y_0}{t_1},$$

где

$$t_1 = \frac{0,5 B_{mp}}{v_p'' \cos \alpha}.$$



За время  $t_1'$  рыба переместится на некоторое расстояние  $Y_x$  по прямой  $BB'$  или  $AA'$ , которое определяется таким образом:

$$Y_x = a_1 a_2 = \dots = b_2 b_1 = l_\alpha \sin \alpha;$$

$$Y_x = \frac{0,5(h_k + 2\eta_p)}{\cos \alpha} \sin \alpha = 0,5(h_k + 2\eta_p) \operatorname{tg} \alpha.$$

Если учесть, что рыба начала свой бросок еще на некотором расстоянии  $Y_z$  от препятствия, то в конечном итоге путь, пройденный косяком за некоторое время  $t_1'$ , составит

$$Y_1' = Y_x + Y_z \text{ или } Y_1' = Y_x - Y_z,$$

причем второй случай для нас менее интересен, так как, встретив на своем пути препятствие, рыба будет стремиться уйти от него, а не приближаться к нему. Поэтому путь, который надо будет преодолеть тралу с некоторой скоростью  $v_{mp}$  за время  $t_1'$ , должен быть определен по первому выражению. Скорость движения трала при этом должна быть

$$v_{mp}^x \geq \frac{Y_1'}{t_1'} = \sin \alpha v_p'' + \frac{\eta_p \cos \alpha v_p''}{0,5(h_k + 2\eta_p)}.$$

Вынося  $v_p''$  за скобки, получим

$$v_{mp}^x \geq v_p'' \left( \sin \alpha + \frac{\eta_p \cos \alpha}{0,5 B_{mp}} \right).$$

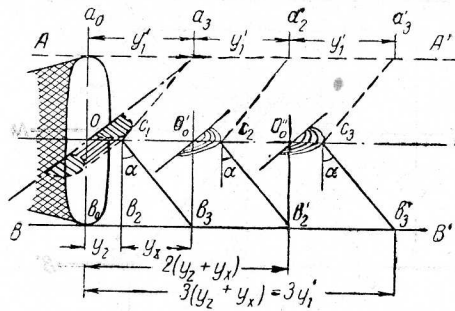


Рис. 23. Схематическое изображение зависимости параметра  $Y_0$  от степени удаленности от устья трала крайних гочек тралового вооружения (например, распорных досок).

Приведенные выше рассуждения соответствуют случаю, когда впереди устья тралового мешка нет никаких других сетных или иных сооружений, отпугивающих рыбу, и в момент испуга рыба находится от предполагаемой плоскости устья трала на расстоянии дальности видения  $\eta_p$ .

Но так как в действительности впереди сетного мешка (самого конуса) находятся распорные доски, крылья, щитки и т. д., то и момент испуга рыбы наступит не в точке  $C_1$  (рис. 23), а значительно раньше, т. е. на некотором расстоянии  $X + \eta_p$ .

Предположим, что передняя кромка тралового сооружения доходит до точки  $O'_0$ , находящейся от плоскости устья трала на расстоянии

$$OO'_0 = Y_z + Y_x = Y_1'.$$

В этом случае рыба заметит точку  $O'_0$  на расстоянии  $O'_0 C_2 = \eta_p$ . Рассуждая аналогичным образом, найдем расстояние до точки  $b'_2$  (в менее благоприятном случае, когда рыба уходит в сторону, противоположную движению трала), при котором рыба окажется за пределами облавливаемой зоны, т. е. за пределами  $S_y$ , ограниченной линиями  $AA'$  и  $BB'$ . Как видно из рис. 23, это расстояние (от устья трала до точки  $b'_2$ ) составит

$$a_0 a'_2 = b_0 b'_2 = 2(Y_z + Y_x) = 2Y_1'.$$

Тогда скорость буксировки трала может быть определена из следующего выражения:

$$v_{mp}^{x'} \geq \frac{2 Y_1'}{t_2'} = 2 v_p'' \left( \sin \alpha + \frac{\eta_p \cos \alpha}{0,5 B_{mp}} \right).$$

Но при этой скорости, через определенный промежуток времени  $t_2''$  трал и рыба окажутся в одной и той же точке (в точке  $b_2'$  или  $a_2'$ ).

Следовательно, найденная нами величина скорости буксировки трала  $v_{mp}^{x'}$  является критической и вероятность лова рыбы в этом случае будет равна нулю. Для того чтобы получить равенство, очевидно, следует увеличить скорость  $v_{mp}^{x'}$  на величину  $\Delta v_{mp}$ , и тогда оптимальная скорость траления будет

$$v_{mp}^0 = v_{mp}^{x'} + \Delta v_{mp} = \frac{2 Y_1' + \Delta Y}{t_2'} = \frac{Y_0}{t_2''},$$

где  $\Delta Y$  — расстояние, равное дальности видения рыбы.

Иначе говоря, трал должен обладать такой скоростью хода  $v_{mp}^0$ , чтобы в момент встречи, т. е. через промежуток времени  $t_2''$ , рыба не видела приближающегося сетного мешка.

Определив оптимальное значение пути  $l_0$  и зная время броска рыбы  $t_2''$ , можно легко определить оптимальную скорость буксировки трала при лове хамсы  $v_{mp}^0$  по формуле

$$v_{mp}^0 = \frac{Y_0}{t_2''} = \frac{B_{mp} (\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5 \eta_p}{\frac{0,5 B_{mp}}{\cos \alpha v_p''}} = \frac{[B_{mp} (\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5 \eta_p] \cos \alpha v_p''}{0,5 B_{mp}}.$$

Таким образом, в окончательном виде получим

$$v_{mp}^0 = \frac{[B_{mp} (\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5 \eta_p] \cos \alpha v_p''}{0,5 B_{mp}}.$$

Получив величину  $v_{mp}^0$  и зная скорость броска рыбы, мы можем определить параметры  $l_0$  и  $S_y$ .

Цифровые значения скорости буксировки трала  $v_{mp}^0$ , а также зависящих от нее параметров  $l_0$  и  $S_y$  будут получены после того, как будет установлена величина  $\eta_p$ .

#### СВЯЗЬ МЕЖДУ ДАЛЬНОСТЬЮ ВИДЕНИЯ РЫБЫ И ПАРАМЕТРАМИ ТРАЛА

У различных видов рыб, так же как у одних и тех же рыб, но в различных условиях обитания, степень зрительного восприятия тех или иных предметов под водой различна.

Как указывает Е. А. Бабурина [6, 7], со строением глаз у рыб связаны характерные особенности их образа жизни и, в частности, поведения при изменении условий среды.

Однако следует заметить, что исследования, проводившиеся до настоящего времени в этой области, ограничивались в основном выяснением морфологических особенностей строения органов зрения различных рыб или установлением зависимости этих особенностей от экологических условий. Что касается изучения функциональной деятельности органов зрения рыбы, вскрытия взаимосвязи между биологическими изме-



нениями и абиотическими факторами, то эти вопросы остаются пока не затронутыми или весьма слабо исследованными.

Отдельные исследователи, занимающиеся изучением строения глаза тех или иных видов рыб, приводят интересные данные по функциональной деятельности этого органа. Так, Е. А. Бабурина [7] указывает, что в связи с приспособлением глаз рыб к малосветопроницаемой водной среде все рыбы крайне близоруки. Например, форель ясно видит предметы, удаленные не более чем на 30—40 см. Однако с помощью аккомодационного аппарата глаза рыб могут устанавливаться на дальнейшее расстояние, не превышающее 10—12 м. На слабое зрительное восприятие рыб в морских условиях указывает Н. В. Пучков, который считает, что рыбы в зависимости от условий среды и других факторов могут видеть на расстоянии 2—10 м. Помимо дальности видения, у различных рыб известны и некоторые другие характеристики, например острота зрения, поле зрения (монокулярное и бинокулярное) и т. д.

Так, по данным Е. А. Бабуриной [6, 7], острота зрения (способность различать детали видимых предметов) у гольяна достигает максимума уже при 35 люксах, тогда как у человека — только при 300 люксах. По экспериментальным данным, представленным нам В. Р. Протасовым, установлено, что острота зрения у кефали равна 5—7' (у человека 1'). Следовательно, можно полагать, что при одинаковых условиях способность различать предметы под водой у человека в 5—7 раз больше, чем у кефали.

Приведенные данные не позволяют, однако, решить стоящий перед нами конкретный вопрос: какова дальность видения хамсы в определенных условиях ее обитания в Черном море?

Знание этой величины даст возможность установить в общем виде связь между дальностью видения рыбы и некоторыми конструктивными параметрами трала.

Ввиду того что до настоящего времени вопрос об установлении связи между морфологическими особенностями глаза рыб и дальностью их видения остается неразрешенным, воспользуемся для определения дальности зрения хамсы материалами непосредственных наблюдений за ее поведением в естественных условиях (в период зимовальных концентраций в Черном море) и имеющимися в литературе данными экспериментальных работ, проведенных в различных районах Азово-Черноморского бассейна.

Так, наблюдения Н. Е. Аслановой за поведением хамсы в зоне сетных заграждений, проводившиеся в 1946—1947 гг. в районе Керченского пролива, позволили установить дальность видения хамсы и влияние на эту величину таких факторов, как прозрачность воды, степень освещенности и некоторые другие. Кроме того, дальность видения рыб зависит от цвета находящегося под водой предмета или сооружения и его размеров. В результате этих наблюдений было установлено, что у хамсы во время пребывания в разреженных косяках реакция на сетное полотно выражена сильнее, чем у хамсы, находящейся в скоплениях [3, 4]. Небольшие косяки хамсы замечали сетное полотно на расстоянии 1,5—2,0 м; при тех же условиях (освещенности, прозрачности воды, волнения моря и скорости течения) скопления хамсы реагировали на сетное полотно лишь на расстоянии 0,5—0,7 м. Эту разницу в поведении хамсы Н. Е. Асланова объясняет тем, что у хамсы, держащейся в разреженных косяках, оборонительный рефлекс возникает быстрее, чем у хамсы, находящейся в скоплениях. По-видимому, этим же можно объяснить и тот факт, что почти все активные орудия лова рыбу, держащиеся в больших скоплениях, облавливают значительно лучше, чем разреженные косяки.

Нам представляется, что последнее утверждение недостаточно полно, ибо уловистость активных орудий лова определяется не только величи-

ной  $\eta_p$  объекта лова, но и целым рядом других факторов как биологических, так и технических.

Дальность видения хамсы зависит от освещения  $\pi_0$  и прозрачности морской воды  $\nu$ .

Так, при

$$\left. \begin{array}{l} \nu = 3,0 \div 3,2 \text{ м} \quad \eta_p = 2,0 \div 2,5 \text{ м} \\ \nu = 2,5 \text{ м} \quad \eta_p = 1,5 \div 2,0 \text{ м} \\ \nu = \text{до } 0,5 \text{ м} \quad \eta_p = 0,2 \div 0,3 \text{ м} \end{array} \right\} \pi_0 = \text{const.}$$

Такие же наблюдения за поведением хамсы в зоне сетных стенок проводили С. Г. Зуссер и Н. Н. Данилевский [18] зимой 1952 г. на э/с «Грот» в районе г. Опук. Работали в темное время суток; изучали поведение хамсы, привлеченной электрическим светом.

Косяки хамсы, размеры которых не превышали 1,5—3,5 м<sup>2</sup>, замечали сетное полотно, погруженное на глубину 1,0—2,0 м, на расстоянии около 3 м. При удалении опытных сетных образцов от источника света на 2,5—4,0 м хамса подходила к сетке на расстояние 1,5—2,0 м. Прозрачность воды у источника света около 7,5 м, и при этом величина  $\eta_p$  для косяков хамсы, собравшихся в зону наблюдений, была 2,0—3,0 м.

В описанных опытах экспериментальные сети не были окрашены. О влиянии цвета сетей на величину  $\eta_p$  скажем несколько позже.

В 1949—1953 гг. у берегов Крыма и у м. Утриш мы неоднократно вели наблюдения за реакцией косяков хамсы разных размеров на сетные заграждения, а также на различные подводные предметы. Так, в январе—марте 1949 г. с э/с «Вл. Воробьев» мы наблюдали за поведением косяков хамсы, ставриды, сельди и кефали в зоне подводного электросвета. В результате большого числа наблюдений (свыше 20) были определены примерные величины  $\eta_p$  для указанных рыб в зоне подводного света. Максимальная величина была у сельди (3,5 м), несколько меньше — у кефали (2,5—3,0 м). У хамсы и ставриды большой разницы в реакции на подводные сооружения не отмечалось, — в среднем дальность видения под водой у этих рыб составляла  $\eta_p = 2,0 \div 2,5$  м.

В светлое время суток, когда к косяку хамсы приближали посторонний предмет, рыба замечала его и поворачивала в сторону от него на расстоянии (в среднем)  $\eta_p = 2,0$  м. Примерно такого же порядка величину  $\eta_p$  для косяков хамсы в период зимних концентраций приводят Н. Н. Данилевский, А. Н. Самарянов и другие исследователи, наблюдавшие за поведением хамсы в Черном море в течение ряда лет.

Не останавливаясь на описании опытов и наблюдений, проведенных различными исследователями на Черном море в течение 1946—1955 гг., укажем лишь, что в большинстве случаев они приводят почти одну и ту же величину дальности видения хамсы (1,5—2,5 м) в зависимости от условий, при которых проводились эксперименты или наблюдения.

В последующих рассуждениях и расчетах примем величину дальности видения хамсы в период ее зимовальных концентраций в Черном море  $\eta_p = 2$  м. Подставляя найденное значение  $\eta_p$  в вышеприведенные формулы, найдем также конкретные значения некоторых параметров трала. Так, величина вертикального раскрытия устья трала  $B_{mp}$  будет равна 11,4 м. Площадь устья трала  $S_y$  при условии  $B_{mp} = A_{mp}$  будет равна 103 м<sup>2</sup>.

Длина пути  $l_\alpha$ , проходимого рыбой при встрече с конечной точкой тралового сооружения (так называемая длина броска рыбы), будет равна 7 м. Время, за которое рыба пройдет путь  $l_\alpha$  со скоростью броска, т. е. со скоростью  $v_p^*$ , будет равно 10 сек. Скорость буксировки трала  $v_{mp}^x$  (по первому варианту) составит 3,12 узла. Величина оптимального удаления конечных точек тралового сооружения от устья трала  $Y_0$  будет равна 12,7 м. Путь  $f_0$ , который следует пройти тралу, чтобы

предупредить выход рыбы из зоны облова, будет равен 16,7 м. Оптимальная скорость буксировки трала  $v_{тр}^0$  будет равна 3,22 узла.

Таким образом, мы нашли конкретные значения ряда параметров, необходимых как для проектирования, так и для правильной эксплуатации трала для лова хамсы в Черном море. Рассмотрим теперь, какие же параметры в конструкции трала можно определить, зная величину дальности видения рыбы. Представим себе, что при встрече с тралом

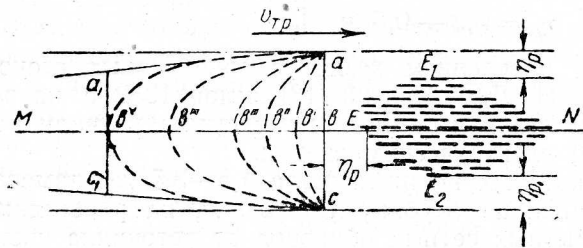


Рис. 24. Определение формы передней секции тралового мешка в зависимости от размеров косяка рыбы и характерной для данной рыбы величины  $r_p$ .

у рыбы возникает зрительная реакция. При этом, естественно, чем раньше рыба заметит надвигающуюся преграду (сетную часть или детали распорно-подъемного устройства трала), тем большую возможность она будет иметь уйти из зоны облова. Схематически это можно представить следующим образом (рис. 24). Если бы сетная стенка тралового мешка проходила по линии  $abc$  (т. е. в плоскости устья), то встреча косяка рыбы с тралом произошла бы на расстоянии  $r_p = bE$ . По мере же удаления точки  $b$  от  $E$  в сторону  $M$  момент встречи будет соответственно переноситься до тех пор, пока какая-либо другая точка ( $E_1$  или  $E_2$ ) не окажется снова на расстоянии  $r_p$  от сетной стенки тралового мешка. Принимая контуры сетного мешка в виде контуров кривой провисания цепной линии, можем найти наиболее рациональную форму передней секции тралового мешка.

Так как наша задача сводится к тому, чтобы максимально понизить степень зрительного восприятия рыбой приближающихся сетных стенок, то, помимо учета формы сетного мешка, следует учесть и некоторые другие факторы, влияющие на уловистость трала. К ним, по нашему мнению, относятся размеры входного отверстия  $S_e$ , отношение диаметра нити к шагу ячеи  $\frac{d}{a}$ , окраска сети для различных участков тралового мешка.

Таким образом, мы имеем корреляционную связь между указанными параметрами и величиной дальности видения рыбы.

Остановимся подробнее на этих факторах.

Ранее мы указывали, что при обосновании оптимальных размеров ячеек в той или иной части сетного мешка следует учитывать не только биологические особенности объекта лова, но и некоторые технические стороны, а именно необходимость сохранения одинакового коэффициента затененности, а также относительной равнопрочности сетного полотна. В обоих случаях учитывается отношение диаметра нити к шагу ячеи.

Попытаемся теперь выяснить связь между величиной  $\frac{d}{a}$  и такими факторами, как дальность видения рыбы и способность восприятия ею различных цветов.

Предположим, что абиотические факторы постоянны и, следовательно, не влияют на величину дальности видения рыбы. Как же в таком случае будет изменяться величина  $r_p$ , если объект зрительного восприятия будет менять форму, размеры, степень удаления и т. д.?

Как указывают физиологи, одной из основных функций зрительного анализатора является определение пространственных отношений ви-

димых предметов, наиболее простой формой которого является способность различать мелкие предметы и их детали (так называемая острота зрения).

Так как острота зрения (обозначим ее  $\zeta$ ) обратно пропорциональна углу зрения, то мерой остроты зрения может служить величина, обратная углу зрения (обозначим ее  $\varphi^0$ ).

По данным экспериментальных исследований, проведенных В. Р. Протасовым, величина  $\varphi^0$  для некоторых пелагических рыб колеблется в пределах 3—7'. Примем условно величину  $\varphi^0$  для хамсы равной 5'. Тогда любой объект, расположенный внутри заштрихованного сектора, не будет восприниматься глазом рыбы (рис. 25).

Из приведенной схемы видно, что восприятие объекта глазом рыбы будет зависеть как от угла зрения, так и от дальности видения.

Так, при постоянном значении  $\eta_p$  объект, размеры которого будут меньше  $b_0c_0$ , не будет виден; если же объект имеет размеры больше  $b_0c_0$  (например,  $b_1c_1$ ), то глаз рыбы воспримет его. Таким образом, при некоторых постоянных величинах  $\varphi^0$  и  $\eta_p$  можно определить оптимальное расстояние  $b_0c_0$ , воспринимаемое глазом. Обозначим индексом  $Z$  наименьшее расстояние, на котором должны находиться две точки, чтобы глаз способен был видеть их раздельно, т. е.

$$Z = b_0c_0 = b'_0c'_0.$$

Если для данной рыбы известны  $\varphi^0$  и  $\eta_p$ , то легко определить и  $Z$  по формуле

$$Z = \eta_p \sin \varphi^0.$$

Принимая за величину  $Z$  диаметр нити в рыболовных сетях  $d_0$ , переищем последнюю формулу так:

$$d_0 = \eta_p \sin \varphi^0.$$

Полученная зависимость показывает, что рыба с присущим ей углом зрения  $\varphi^0$  может различать на расстоянии  $\eta_p$  любой объект, крайние точки которого удалены одна от другой на расстояние не меньше чем  $d_0$ .

На рис. 25 изображен также отрезок сетного полотна, одна часть которого изготовлена из толстой нити ( $d \geq d_0$ ), а другая — из тонкой ( $d \leq d_0$ ); на некотором расстоянии от сети находится рыба с присущим ей  $\varphi^0$ . Учитывая сказанное выше, надо полагать, что при одних и тех же значениях  $\varphi^0$  и  $\eta_p$  рыба сможет видеть только левую часть сетного полотна, изготовленную из толстой нити.

Прежде чем переходить к определению конкретных значений  $\frac{d}{a}$  для разных частей тралового мешка, остановимся несколько подробнее на таком важном факторе поведения рыб, как реакция их на различные цвета.

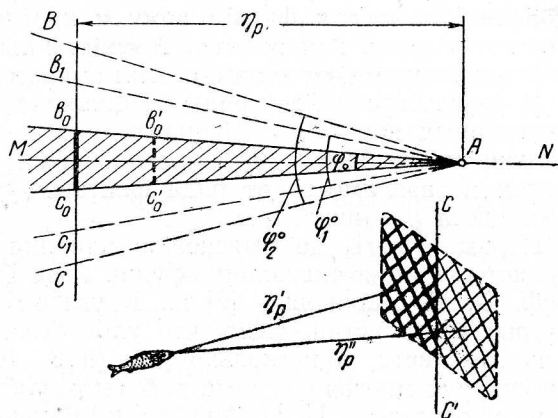


Рис. 25. Определение оптимальной величины диаметра нитей в зависимости от дальности видения рыбы и остроты зрения (схематический рисунок).

Как известно, способность глаза воспринимать объект зависит не только от величины  $\varphi^0$  и условий окружающей среды, но и от такого фактора, как цвет самого объекта. Вообще все цвета делятся на ахроматические («бесцветные») и хроматические, т. е. имеющие определенный цветовой тон, расположенные в диапазоне от 250 до 300 *мкм* и воспринимаемые нормальным человеческим глазом. Однако чувствительность нашего глаза к разным цветам спектра неодинакова (В. Е. Делов [12]), максимальная чувствительность (при очень малом поле зрения — около  $1,5^\circ$ ) отмечается в области желтого цвета, а по мере удаления от него к фиолетовому и красному тону цветового спектра чувствительность понижается. Восприимчивость глаза меняется не только в зависимости от цвета объекта, но и от интенсивности освещения.

В результате целого ряда специальных опытов [31, 30, 2, 9 и др.], проведенных как в аквариальных, так и в естественных условиях над различными рыбами, было установлено, что рыбы различают цвета, причем в зависимости от ряда факторов среды реакция их на те или иные цвета различна.

Первые опыты по выяснению влияния окраски сетного полотна на уловистость обьечивающих орудий лова были проведены еще в 1924 г. проф. Ф. И. Барановым [2] на Круглоозерской станции, в результате которых было установлено, что уловистость сетей, окрашенных в определенные цвета, в несколько раз (в 8—10) выше, чем неокрашенных. Анализируя многочисленные работы о влиянии окраски жаберных сетей на их уловистость, Н. Н. Андреев [2] пришел к выводу, что окраска имеет решающее значение. При этом он отмечает, что значение окраски сетей сильнее всего сказывается при дневном свете, или лове в прозрачной воде, и, наоборот, при ночном лове, или лове в малопрозрачной воде окраска сетей мало влияет на их уловистость.

Опыты, проведенные Д. А. Демидовым [16] в Енисейском заливе, показали, что сети, окрашенные в темно-коричневый и коричневый цвета, обладают уловистостью, несравненно большей (в 20—35 раз), чем неокрашенные. Было установлено также, что с увеличением продолжительности темного периода суток уловы соответственно увеличивались (до 7 раз). Аналогичные работы были проведены П. В. Тюриным [27] в 1930 г. в Енисейском заливе. Полученные им результаты полностью подтвердили данные Д. А. Демидова.

В Баренцовом море опыты по изучению влияния окраски сетей на их уловистость проводил в 1938—1939 гг. Д. П. Вильчевский. Было установлено, что наименьшей уловистостью обладают белые (неокрашенные) сети, несколько большей — сети, окрашенные в зеленые и бледно-коричневые тона и максимальной — лилово-коричневые. Сети, окрашенные в черный или красный цвета, также отличались большой уловистостью [2].

На Каспийском море опыты по выявлению зависимости уловистости сетей от их окраски проводили А. Ф. Лексуткин (Северный Каспий), Михаторьян (Южный Каспий), Николаев и Ульянов (Северный Каспий) [2]. Во всех случаях сети, окрашенные в коричневые тона, обладали значительно большей уловистостью, чем неокрашенные или окрашенные в яркие цвета (красный, зеленый и др.). Однако А. Ф. Лексуткин [2] указывает, что в дневное время сети белого цвета (произвесткованные) ловили лучше, чем окрашенные сети. Эти результаты согласуются с теорией Ф. И. Баранова о влиянии окраски сетей на их уловистость.

При проведении опытных работ было установлено, что при изменении освещенности воды уловистость сетей любой окраски соответственно изменялась: при большей освещенности она уменьшалась и, наоборот, при уменьшении освещенности увеличивалась. Таким образом, можно сделать вывод, что видимость сетей в воде определяется как

прозрачностью среды и освещенностью, так и окраской нитей сетного полотна.

Следовательно, дальность видения рыб (при постоянных величинах освещенности и прозрачности) зависит от цвета сетей.

Ранее нами было установлено, что у хамсы величина  $\eta_p$  колеблется в зависимости от ряда биотических и абиотических факторов в пределах от 0,2 до 3,2 м.

Если же рассматривать материалы, характеризующие поведение хамсы в период ее зимне-весенних концентраций в Черном море, т. е. в период возможного тралового лова, то пределы изменений дальности видения хамсы (обозначим  $\eta'_p$ ) составят 1,5—2,5 м.

Однако следует заметить, что все вышеприведенные опыты и наблюдения характерны для тех случаев, когда сетное полотно не было окрашено.

Данные, характеризующие влияние окраски сетей на величину  $\eta'_p$  для хамсы при одинаковых условиях среды, были получены опытным путем в естественных условиях С. Г. Зуссер и Н. Н. Данилевским [18] и Н. Е. Аслановой [3, 4]. Аналогичные данные получены и нами в осенне-зимний период у берегов Крыма в 1949 г. и у берегов Кавказа в 1953 г. при проведении экспериментальных исследований с применением различных орудий лова.

Остановимся кратко на результатах опытных работ, проведенных указанными авторами. Наблюдения, проведенные осенью 1952 г., показали, что в зоне, освещенной подводным электрическим светом, хамса по-разному реагирует на сетное полотно, окрашенное в различные цвета. Если на пути движения хамсы в освещенной зоне поставить неокрашенную (белую) сеть, то рыба не подходит к ней на расстояние 2,0—2,5 м. При окраске сети в темно-коричневый цвет расстояние это уменьшается незначительно — до 1,5—2,0 м. Наименее заметным в условиях Черного моря становится сетное полотно, окрашенное в зеленый цвет. В этом случае хамса не видит стенки на расстоянии 0,5—0,7 м и в отдельных случаях до 1 м. В черноморской воде менее заметна также сеть, окрашенная в синий цвет. При электрическом подводном свете синий цвет дели принимается темный, почти черный оттенок. К экспериментальной сети, окрашенной в синий цвет, хамса подходила на расстояние до 1,5 м. При дневном свете она замечает сетное полотно, окрашенное в синий цвет, на расстоянии 0,5 м, при окраске дели в коричневые тона — на расстоянии 1,2—1,5 м.

Сельдь и ставрида при этих же условиях замечают сетное полотно, соответственно, на расстоянии 1,0—1,5 и 2,5—3,5 м. Следовательно, степень зрительного восприятия разных цветов у сельди значительно выше, чем у хамсы или ставриды. Н. Е. Асланова [4] указывает, что при облове хамсы и ставриды не уходили из невода, но сельдь всегда успевала уходить из него, даже если невод был окрашен в синий цвет. По-видимому, для лова сельди нужен невод, окрашенный в другой цвет, чем для хамсы и ставриды.

Проф. П. Г. Борисов [10] рекомендует применять для лова рыб в зоне подводного электросвета конусные сети, окрашенные в сине-зеленый цвет (две части зеленой краски и одна часть синей). Многочисленные опыты и наблюдения показали, что сеть, окрашенная в такой цвет, наименее заметна в черноморской воде (особенно в зоне подводного освещения) и наиболее уловиста.

Наши наблюдения и опыты с тралами, проведенные в различных районах Черного моря, также подтверждают приведенные данные о различии реакции хамсы на сетное полотно, окрашенное в различные цвета. Так, например, в зоне обкидных неводов, окрашенных в коричневый цвет, хамса реагировала на сетное полотно на расстоянии око-

ло 1,5 м; если дель была окрашена в синий или фиолетово-синий цвет, расстояние это сокращалось до 0,8—1,0 м. Такие же результаты были получены при испытании бортовой ловушки конструкции Н. Н. Данилевского, а также при ловле хамсы и ставриды конусными сетями.

Н. Н. Данилевский [15], анализируя поведение хамсы в зоне работы различных орудий лова, указывает, что при работе с тралом наибольшие уловы были получены при ловле капроновым тралом белого цвета (в передней части); при замене передней редкочейной части трала (120-миллиметровая дель) капроновой, но окрашенной в темно-коричневый цвет, уловы трала снижались почти в 2 раза. Это и понятно, ибо передняя крупночейная часть служит для отпугивания рыбы

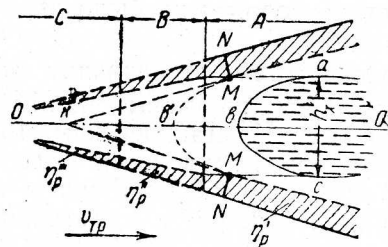


Рис. 26. Выбор цвета окраски сетей для разных частей тралового мешка в зависимости от размеров косяков рыбы и дальности ее видения.

от стенок и направления ее внутрь сетного мешка. Если же мы применяем для этой секции полотно, окрашенное в коричневый цвет (менее заметный для глаза рыбы), то хамса не будет замечать эту отпугивающую (и направляющую) стенку и проходить через ячейу или уходить вниз от крыльев, неспособных удерживать рыбу в этот момент.

Обобщив приведенные выше данные различных опытов и наблюдений, мы можем сделать следующие выводы.

1. В осенне-зимний период в Черном море хамса различно реагирует на сетное полотно, окрашенное в разные цвета, причем сильнее всего она реагирует на

белый цвет, менее — на коричневый и синий и весьма слабо — на синезеленый цвет.

2. В зависимости от освещенности и прозрачности воды дальность видения хамсы при встрече с сетным полотном, окрашенным в различные цвета, составит:

Цвет сети	Дальность видения в м
Сине-зеленый . . . . .	0,5—0,7
Темно-синий . . . . .	0,8—1,2
Темно-коричневый . . . . .	1,3—1,5
Серый или черный . . . . .	1,5—2,0
Белый (неокрашенные сети)	2,0—2,5

Исходя из вышеизложенного, различные секции сетного мешка трала следует окрашивать в соответствии с их назначением в различные цвета. Так, передняя отпугивающая секция тралового мешка, на наш взгляд, должна быть белой. Соблюдение этого условия в хамсовом трале необходимо, так как размеры ячей в различных участках отпугивающей секции во много раз превосходят оптимальный размер ячей для данного объекта, и если рыба не будет видеть сетное полотно передней части, то она может свободно пройти сквозь крупную ячейу.

Попав в отпугивающую секцию А (рис. 26), косяк рыбы будет перемещаться по линии  $OO'$  к кутку до тех пор, пока крайние рыбы в косяке (линия  $abc$ ) не окажутся на расстоянии  $MN$  от сетного полотна, т. е. когда  $MN = \eta'_p$ . С этого момента рыба в поисках выхода будет уходить в более «осветленные» части, т. е. в ту сторону, где нет видимых преград.

Для того чтобы «привлечь» косяк хамсы к кутку трала, сетное полотно в следующей секции В, очевидно, должно быть окрашено в такой цвет, который для хамсы будет менее заметным, чем в секции А. Тогда хамса, не замечая стенок следующей секции, направится в искусственно создаваемую «осветленную» зону В. Изменяя окраску сетного полотна в направляющей секции тралового мешка, мы уменьшаем

дальность видения рыбы  $\eta_p''$  и тем самым создаем благоприятные условия, при которых рыба не замечает приближающихся препятствий.

Следовательно, необходимо соблюдать условие  $\eta_p'' < \eta_p$ .

Ввиду того что назначение секции В направлять рыбу к удерживающей части трала, целесообразно окрашивать сетное полотно в этой части трала в темно-коричневый цвет, при котором величина  $\eta_p''$  колеблется от 1,2 до 1,5 м.

Подобные рассуждения справедливы и в отношении других частей сетевого мешка. Следует заметить, что по мере приближения к кутку трала вероятность ухода рыбы из сетевого мешка уменьшается. Тем не менее следует добиваться того, чтобы максимально «приблизить» косяк к удерживающей секции и способствовать его заходу в куток. Практически это можно достичь, придав сетному полотну удерживающей секции тралового мешка наименее видимую окраску, т. е. необходимо, чтобы окраска сетевого полотна в этой секции была менее заметной, чем в предыдущей.

Таким цветом, как указывалось выше, является сине-зеленый, при котором дальность видения  $\eta_p'''$  колеблется от 0,5 до 0,7 м.

Таким образом, мы установили три основных характерных цвета для соответствующих трех секций тралового мешка, при которых  $\eta_p''' < \eta_p'' < \eta_p'$ , т. е. по мере приближения к кутку трала, величина дальности видения рыбы уменьшается.

Остается установить связь между дальностью видения рыбы и таким параметром трала, как площадь входного отверстия в куток трала  $S_a$ . В общем можно сказать, что площадь входного отверстия должна быть тем больше, чем дальше видит рыба.

Пусть в некоторой точке  $O$  (рис. 27) находится рыба. Чтобы она беспрепятственно прошла в куток, стенки должны быть удалены от нее на расстояние  $OK$ , равное дальности видения рыбы.

Тогда расстояние между противоположными стенками  $A_{mp}^{k'}$  кутка трала будет равно

$$KK' = A_{mp}^{k'} = 2\eta_p.$$

Приняв, что входное отверстие должно иметь форму круга или эллипса, близкого к кругу, определим его площадь по формулам

$$S_1 = \pi\eta_p^2 \text{ или } S_1 = \pi(a_{mp}b_{mp}),$$

где  $a_{mp}$  и  $b_{mp}$  соответственно равны половине горизонтального и вертикального раскрытия в кутке трала.

Такой способ нахождения площади входного отверстия в куток трала справедлив лишь в том случае, когда объект лова (причем отдельные экземпляры) движется строго вдоль «осевой» линии сетевого полотна. При прохождении через куток трала группы рыб, где отдельные экземпляры находятся на некотором расстоянии  $l^k$  от центра, стенки входного отверстия должны быть разнесены на расстояние

$$K_1K_1' = A_{mp}^{k''} = 2(\eta_p + l^k).$$

Как же установить значение  $l^k$  при обосновании размеров входного отверстия трала?

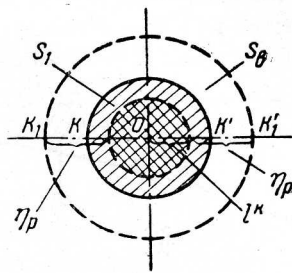


Рис. 27. Схематическое изображение контуров входного отверстия в куток трала в зависимости от размеров рыбных стай и дальности видения.



По данным Н. Е. Аслановой [4], хамса в косяке или сравнительно небольшом скоплении, двигаясь вдоль сетной стенки, держится на некотором расстоянии от нее только до момента встречи с входным отверстием (лейкой). Перед тем как пройти через узкую щель-лейку, рыба, как правило, замедляет движение, образуя относительно плотные концентрации перед входным отверстием. После этого она отдельными стайками стремительно проходит эту узкую полосу. Наблюдения показывают, что размеры этих стаяк хамсы в большинстве случаев почти одинаковы; в среднем ширина их  $2l^*$  колеблется в пределах 0,5—0,8 м.

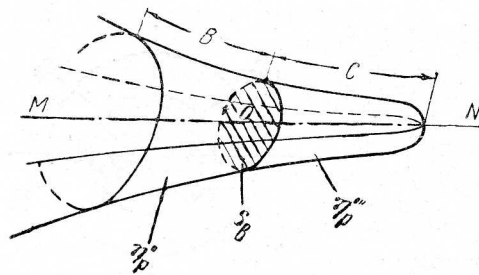


Рис. 28. Схема расположения входного отверстия в трал в зависимости от величины  $\eta_p$  (дальности видения).

Подобные эксперименты и наблюдения за поведением стайных рыб в зоне сетных стенок и входных отверстий ставных неводов были произведены и японскими исследователями, в частности Таути и Миоиси [32], которые пришли к таким же выводам.

Наши наблюдения также показывают, что при подходе к сетным препятствиям, оканчивающимся узкими щелями или «коридорами», скопление хамсы как бы «разбивается» на мелкие группы (стайки), которые узкой лентой проходят сквозь эти щели.

Движущаяся полоса рыбы, как правило, имела ширину не более 1 м. Несмотря на то что в настоящее время мы не располагаем данными непосредственных наблюдений за поведением хамсы внутри тралового мешка, особенно у предкуткового отверстия, все же, основываясь на приведенных выше материалах, можно полагать, что сквозь входное отверстие хамса также проходит в виде небольших групп.

Учитывая специфическую особенность поведения стайных рыб (инстинкт сохранения стайности), мы склонны считать, что и внутри тралового мешка хамса проходит через сравнительно небольшое отверстие кутка отдельными стайками, ширина которых, как уже отмечалось, колеблется от 0,5 до 1,5 м. И. И. Месяцев указывает, что такие стайки хамсы имеют кометообразную форму; диаметр их достигает 1 м.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что стайки хамсы имеют ширину в среднем 1 м.

Остается уточнить значение дальности видения рыбы для выбора оптимальной величины  $S_e$  при лове хамсы тралом.

Входное отверстие в куток трала расположено на границе двух основных секций — направляющей и удерживающей (рис. 28), для каждой из которых (окрашенных в разные цвета) дальность видения рыбы соответственно равна  $\eta_p^*$  и  $\eta_p^{**}$ .

К моменту подхода рыбы к входному отверстию необходимо, очевидно, создать такие условия, чтобы область, расположенная за плоскостью входного отверстия в куток (секция C) была бы менее видимой, чем предкутковая. В этом случае рыба в поисках наиболее «осветленных» участков, естественно, направится в секцию C.

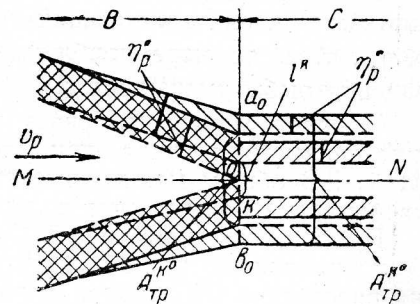


Рис. 29. Обоснование оптимальных размеров входного отверстия в куток трала в зависимости от дальности видения рыбы и цвета сетей.

Если за величину дальности видения рыбы принять  $\gamma_p'''$ , то величина  $A_{mp}^k$ , равная сумме величин  $l^k$  и  $\gamma_p'''$  будет равна или несколько меньше, чем  $\gamma_p''$  для секции *B*. Естественно, что таким способом не обеспечивается резкое изменение «осветленности» сетного мешка в последующей его секции *C*.

Иначе говоря, если мы примем для расчета параметров входного отверстия величину  $\gamma_p'''$ , то в некоторый момент  $t_0$  рыба, движущаяся по осевой линии *MN* будет одновременно видеть конечные части секции *B* и стенки самого входного отверстия, ибо (рис. 28 и 29)

$$2(l^k + \gamma_p''') \leq 2\gamma_p''$$

или

$$A_{mp}^{k''} \leq A_{mp}^{k'}$$

В таком случае условия для свободного прохождения стаи хамсы ухудшаются, и надо полагать, что рыба может повернуть обратно и продолжать свое движение вдоль сетного полотна в поисках более «осветленных» участков или будет «просеиваться» сквозь крупноячеиную дель. Следовательно, для предотвращения ухода рыбы из предкуткового пространства и обеспечения свободного прохождения ее через входное отверстие кутка, необходимо соблюдать условие  $A_{mp}^{k^0} > A_{mp}^{k'}$ , т. е. расстояние между стенками у входного отверстия кутка должно быть меньше, чем удвоенная величина  $\gamma_p''$  в предкутковой секции.

Значение  $A_{mp}^{k^0}$  может быть нами определено, если принять за величину дальности видения  $\gamma_p''$ , сохранив прежнее значение  $l^k$ , т. е.

$$A_{mp}^{k^0} = 2(\gamma_p'' + l^k).$$

В этом случае для подошедшей к входному отверстию (к точке *O* на рис. 29) стайки рыбы будут одинаково невидимы сетные полотна секции *B* и секции *C*.

Как видно из рис. 29, для стайки рыбы в точке *O* (по переходной линии  $a_0b_0$ ) секция *C* будет представляться более «осветленной» по сравнению с предкутковой частью, ввиду чего создадутся условия для прохождения ее в куток.

Определив величину  $A_{mp}^{k^0}$ , легко можно найти и оптимальное значение площади входного отверстия  $S_e$  по формуле

$$S_e = \pi \left( \frac{A_{mp}^{k^0}}{2} \right)^2 = \pi (\gamma_p'' + l^k)^2,$$

считая, что входное отверстие имеет форму круга.

#### ОБ УЧЕТЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ХАМСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАЛА

Какие же особенности в поведении хамсы следует принимать во внимание при конструировании трала?

Мы уже отмечали ранее, что в различные сезоны года рыбы ведут себя по-разному. В некоторые периоды жизни (например, во время зимовки) хамса становится малоактивной, слабо реагирует на те или иные раздражители, а в периоды миграции или нереста активность ее резко повышается. Соответственно изменяется и реакция хамсы на сетное полотно. Помимо рассмотренных нами величин, — дальности видения, скорости движения, степени восприятия цвета сетного полотна, — характеризующих поведение хамсы, следует отметить и такую специфи-

ческую особенность в ее реакции на приближающееся препятствие, как опускание в нижние горизонты воды.

Эта особенность в поведении хамсы во время ее зимовки имеет закономерный характер и отмечена не только нами, но и другими исследователями.

Не останавливаясь подробно на результатах различных исследований, укажем лишь, что во всех случаях косяки хамсы при встрече с препятствиями, уходят вниз.

Так же реагируют на движущиеся сетные сооружения и такие пелагические рыбы, как сельдь и салака [19].

Из сказанного ясно, что между конструктивной особенностью трала и поведением объекта лова существует определенная корреляционная связь.

В чем заключается конструктивная особенность трала? Совершенно очевидно, что если поведение объекта лова заключается в том, что

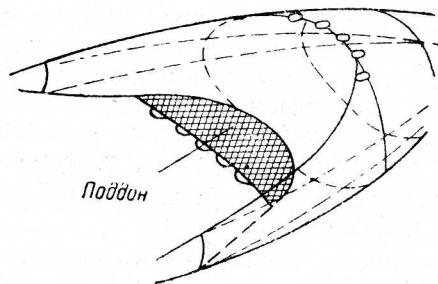


Рис. 30. Схема расположения поддона в сетном мешке трала.

при встрече с движущимся препятствием он закономерно уходит вниз, то под конструктивной особенностью трала следует подразумевать наличие в передней выступающей части сетного мешка специального устройства, препятствующего (предупреждающего) уходу рыбы под трал. Таким приспособлением является так называемый поддон, представляющий собой прямоугольную плаху (пластину) редкочейного сетного полотна, закрепляемого между центральной частью нижней подборки трала и боковыми крыльями

ми. Типичная схема установки сетного поддона в передней части тралового мешка показана на рис. 30.

Приведенное выше справедливо и для других типов тралов, в частности для донного трескового трала, с тем лишь отличием, что дополнительная сетная стенка в этом случае крепится не в нижней части сетного мешка, а в верхней, ибо особенность поведения трески при встрече с движущимся препятствием заключается в том, что она уходит от него вверх, а не вниз. Такой же конструктивной особенностью отличаются и придонные сельдяные тралы, у которых роль отпугивающих или направляющих устройств выполняют подъемные щитки или третьи распорные доски с системой соответствующих оттяжек.

Введение указанных дополнительных устройств, предупреждающих уход рыбы из облавливаемой зоны, дало возможность резко увеличить относительную уловистость тралов.

Остановимся еще на одной характерной особенности в конструкции тралов для лова пелагических рыб в толще воды, которая также определяется одним из факторов поведения объекта лова, а именно реакцией его на звуковые (шумовые) раздражители. Изучением вопроса о восприятии различных звуковых сигналов рыбами многие советские и зарубежные ученые занимаются сравнительно давно.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что рыбы способны воспринимать звуковые раздражения в диапазоне от 1 до 7000 гц, причем опытами Г. А. Малюкиной [21] показано, что рыбы способны даже дифференцировать вибрации, различающиеся по частоте на 3 гц.

Было также установлено, что рыбы не только воспринимают различные звуковые колебания, но и сами издают звуки разной частоты [26, 29]. В последние годы проводились специальные опыты по фикси-

рованию различных звуковых колебаний, создаваемых при движении трала в толще воды [29].

Однако до настоящего времени накоплено очень мало конкретных цифровых данных по восприятию рыбами звуков и реакции рыб на звуки от орудий лова и судов.

Знание этих данных представляет для нас большой интерес при обосновании параметров орудий лова и технической разработке их отдельных конструктивных элементов.

В частности, при выборе типа распорно-подъемного устройства трала или отдельных его узлов следует учитывать их гидродинамические качества и, кроме того, способность создавать при движении в потоке воды звуковые колебания.

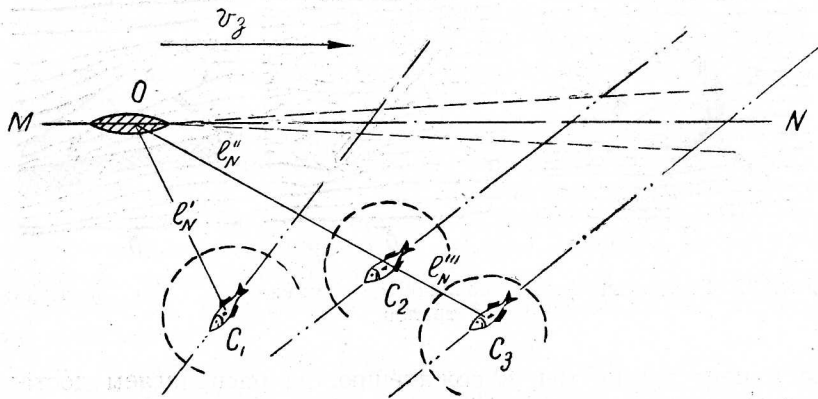


Рис. 31. Схема, иллюстрирующая степень восприятия рыбами звуковых сигналов в зависимости от удаленности и расположения рыб.

Естественно, что при разработке конструкции тралов нас будет интересовать главным образом расстояние, при котором рыба воспринимает различные звуковые сигналы от трала.

На рис. 31 схематически изображено три положения рыбы по отношению к источнику звуковых сигналов  $O$ , расположенному на различных расстояниях ( $l'_N$ ,  $l''_N$ ,  $l'''_N$ ). Очевидно, при прочих одинаковых условиях — частоте звуковых колебаний и скорости распространения звука — рыба, находящаяся в точке  $C_1$ , будет лучше реагировать на сигналы, чем рыба, находящаяся в точках  $C_2$  или  $C_3$ .

Если предположить, что угол между направлением излучения звуковых сигналов и положением рыбы не имеет существенного значения (так как условия направленности излучения звука требуют определенного соотношения между длиной звуковой волны и линейными размерами излучателя, а в нашем случае направленность сохраняется только для ультразвуковых волн, которые, как известно из практики использования гидроакустических приборов, рыбами не воспринимаются), то в конечном итоге для изотермического слоя и при наличии гомогальности степень восприятия рыбами звуковых колебаний будет зависеть только от частоты колебаний и расстояния от источника излучения до объекта.

В данном случае скорость движения источника звука из рассмотрения умышленно исключается, так как источником звуковых колебаний является трал (вернее, отдельные узлы или детали трала), скорость движения которого мы определяли ранее, исходя из особенностей поведения рыбы.

Из сказанного вытекает, что дальность восприятия рыбой звуковых колебаний зависит как от расстояния до источника звука и частоты ко-

лебаний, так и от положения рыбы относительно волны. Следовательно, рыба, находящаяся на определенном расстоянии от излучателя (трала) будет тем сильнее реагировать на звуки, чем больше амплитуда звуковой волны и чем меньше частота (в пределах воспринимаемого рыбой спектра — от 1 до 7000 гц).

Таким образом задача сводится к тому, чтобы при разработке конструкции трала и выборе соответствующего типа распорно-подъемного устройства учесть особенности восприятия рыбой звуковых колебаний и выбрать наиболее рациональную схему и тип тралового вооружения (при данном режиме работы срудия лова).

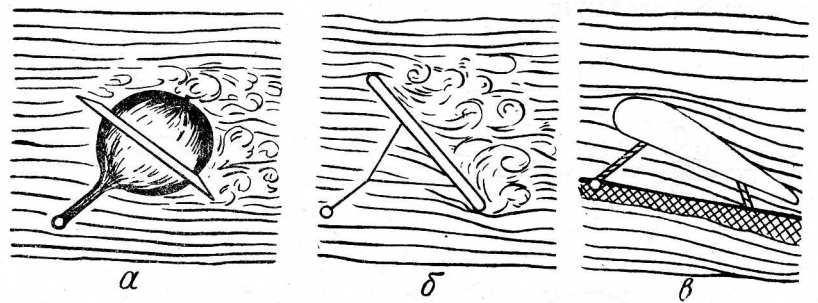


Рис. 32. Различные формы поплавков, применяемых для оснастки тралов.

В настоящее время, мы, к сожалению, не располагаем достаточным количеством данных, характеризующих тот или иной тип распорно-подъемных устройств тралов, и поэтому не имеем достаточного еще основания рекомендовать какую-либо систему оснастки в целом или же конструкцию деталей тралового вооружения. Тем не менее мы считаем целесообразным кратко осветить некоторые известные в практике данные наблюдений и опытов, а также высказать некоторые соображения по выбору типа и формы распорно-подъемного устройства трала для лова пелагических рыб.

Как известно, современная поисковая аппаратура основана на принципе применения ультразвуковых волн, частота и амплитуда которых, как уже отмечалось нами, не воспринимаются рыбами. Излучатели звуковых колебаний (вибраторы) у гидролокатора, как правило, заключаются в специальные предохранители-обтекатели, причем по форме они бывают сигарообразными, каплевидными или овальными. Последнее обстоятельство способствует не только уменьшению потери скорости буксировки судна, но и, что особенно важно для нормальной эксплуатации гидроакустического прибора, предотвращает возникновение различных реверберационных помех. Следовательно, при одинаковой скорости движения степень образования звуковых колебаний будет тем больше, чем меньше обтекаемость самого тела, движущегося в потоке.

Подобная картина может возникнуть и при движении отдельных деталей распорно-подъемного устройства трала, имеющих разную форму или расположенных под различными углами по отношению к направлению потока. Если к примеру возьмем три типа деталей для оснастки верхней подборы трала (рис. 32) и будем протаскивать их в воде с некоторой постоянной скоростью, то можно наблюдать следующее:

а) шаровидный поплавок с металлической насадкой по центру (рис. 32, а) создает вихревой поток, ухудшая тем самым гидродинамическую характеристику подъемного устройства и создавая звуковые колебания, отпугивающие рыбу от зоны облова;

б) при движении плоской пластины в потоке (рис. 32, б) характер обтекания будет зависеть как от скорости, так и особенно от положения пластинки по отношению к направлению движения воды. Для постоянной скорости буксировки степень обтекания пластинки потоком будет тем больше, чем меньше угол между направлением потока и плоскостью пластинки. При небольших углах (до 15—18°) пластинка плавно омывается потоком и завихрения отсутствуют; при увеличении угла наблюдается срыв струй с передней и задней кромок пластинки и образование вихревого поля, причем образование вихрей сопровождается соответствующим звуковым эффектом, что, по-видимому, отрицательно будет сказываться на поведении объекта лова в зоне движения трала;

в) обладая сравнительно высокими гидродинамическими качествами, обтекаемые профилированные пластинки (рис. 32, в) в то же время не создают при движении вихрей, а следовательно, и сопровождающие их звуковые колебания значительно слабее, чем в первых двух рассмотренных случаях.

Таким образом, степень обтекаемости тела, движущегося в потоке, является одним из важных факторов, определяющих звуковые колебания. Следовательно, добиться такого положения, чтобы оснастка трала как можно меньше воспроизводила различные звуковые колебания, и тем самым уменьшить степень раздражения и испуга рыбы от указанных факторов можно путем правильного выбора типа распорно-подъемного устройства, обладающего относительно высокими гидродинамическими качествами.

В ранее приведенных нами расчетах и обоснованиях некоторых параметров трала в основу была взята величина  $\eta_p$  (дальность видения рыбы), а не дальность звукового восприятия или какой-либо другой фактор. Возникает вопрос: почему за основу во всех расчетах была взята именно величина  $\eta_p$ , а не какой-либо другой фактор рецепторной деятельности рыб? Для того чтобы ответить на этот вопрос, приведем ряд выводов из работ различных специалистов, занимающихся изучением физиологии, а также поведения рыб в естественных условиях.

На протяжении многих лет отечественные и зарубежные ученые занимаются изучением особенностей форм мозга рыб в связи с их функцией и с систематическим положением. Выявление функций нервной системы рыб и особенностей строения мозга позволяет научно обосновать как методы промысловой разведки, так и разработку возможных способов влияния на поведение рыб в различных условиях их обитания. В результате многочисленных исследований в этой области было установлено, что в зависимости от особенностей строения и соотношения размеров отдельных частей мозга отличны и способы нахождения и добывания пищи рыбами с помощью отдельных органов чувств, центры которых находятся в тех или иных частях головного мозга [11].

В соответствии с этим рыбы подразделяются на группы, причем представители каждой из групп характеризуются преобладающим развитием одного из органов рецепторной деятельности. По данным Е. Н. Павловского и М. Н. Курепиной [23], мозг пелагических рыб характеризуется сильным развитием *lobi optici* (зрительных долей) и относительно незначительным развитием *corpora striata* (полосатых тел) и хорошо развитым мозжечком. Далее эти авторы указывают, что подтверждением преобладающего развития зрительного центра у пелагических рыб являются указания Франца на то, что у них особенно хорошо развит *tractus mesencephale — cerebellaris*, несущий зрительные впечатления к мозжечку (развитие этого тракта стоит в связи с величиной глаз).

Таким образом, видим, что для пелагических рыб (к которым относится и хамса) функции зрительного органа преобладают над остальными.

Остановимся теперь на материалах и выводах, полученных в результате экспериментов и наблюдений за поведением хамсы в естественных условиях ее обитания.

Так, по данным А. К. Токарева [26], изучавшего с помощью гидроакустических приборов реакцию хамсы на звуковые и световые раздражители в дневное и ночное время от брошенного в косяк хамсы камня (залегание косяка 13—54 м, плотность 4), на большее расстояние (3 м) разбегаются рыбы в верхней части косяка и на меньшее (1 м) — в нижней (глубина 25 м). В этом случае реакция хамсы в верхнем слое была вызвана не только ударом камня о воду, но и его падением (реакция зрительная). Ночью бросание камня в косяк хамсы отражалось на ленте рекордера весьма слабо [25].

Подобная картина отмечалась при лове хамсы днем и ночью конусной сетью и самоловной крючковой снастью. Днем уловов рыбы конусной сетью не было, и на ленте рекордера оставался характерный след. Самоловной же снастью (невидимой в воде) ловили до 2—3 шт. хамсы за подъем. Ночью на косяке хамсы конусной сетью без электросвета ловили по 4 кг рыбы [25]. Резюмируя опытные данные, А. К. Токарев указывает, что все это подтверждает данные о том, что вечером косяки хамсы слабее реагируют на посторонние предметы; зрение их, вероятно, ослаблено, что позволяет проводить более успешный их облов в это время.

Из этого можно сделать вывод, что функциональная деятельность зрительного анализатора у хамсы развита значительно сильнее, чем остальные.

Изучая реакцию хамсы на различные раздражители, С. Г. Зуссер [18] пришла к выводу, что зрительный раздражитель действует на рыбу сильнее и продолжительнее, чем звуковой. Поэтому, — указывает она, — при конструировании орудий лова, надо обращать особое внимание на зрительные эффекты. Выявляя характер реакции хамсы на световые, звуковые и другие раздражения, Н. Е. Асланова [3, 4, 5] также пришла к выводу, что у хамсы наиболее развитым органом чувств следует считать зрение, с помощью которого она ориентируется на сетное полотно как днем, так и ночью, при свечении воды. Н. Н. Андреев [2], занимавшийся изучением влияния окраски жаберных сетей на их уловистость, указывает, что в большинстве случаев рыба попадает в сеть только тогда, когда она, двигаясь вперед, не может обнаружить сеть никакими органами чувств. Следовательно, и этот автор отмечает превалирующую роль функции зрительного органа в ориентировке рыбы по отношению к сетным сооружениям.

Обобщая многолетние экспериментальные материалы большого коллектива научных работников ВНИРО, занимающихся изучением поведения рыб в различных условиях, Б. П. Мантейфель пишет: «В отношении многих рыб-планктофагов и хищников, населяющих верхние освещенные слои водной толщи моря и являющихся важными промысловыми объектами (сельди, кильки, хамса, сардина, скумбрия), создается определенное представление, что они при лове пищи, избегании врагов и взаимном общении ориентируются прежде всего зрением; недаром у них так сильно развиты доли мозга, заведующие зрительным центром».

Таким образом, приведенные нами материалы различных исследователей в достаточной степени доказывают, что для пелагических рыб (к которым относится и хамса) функции зрительного органа являются основными в их реакции на сетные сооружения, и они преобладают над всеми остальными функциями рецепторной деятельности этих рыб.

Вот почему во всех вышеприведенных расчетах и обоснованиях ряда параметров трала для лова хамсы мы приняли за основу величину  $\eta_p$  (дальность видения рыбы) в качестве важнейшего фактора в реакции рыб на сетные сооружения и, следовательно, определяющего поведение хамсы при встрече с движущимся в воде сетным сооружением — тралом.

Таким образом, мы установили ряд факторов, характеризующих поведение стайных пелагических рыб в естественных условиях их обитания и определяющих, по нашему мнению, выбор основных конструктивных параметров тралящих орудий, предназначенных для лова рыбы в толще воды. Необходимо, однако, заметить, что перечисленные нами факторы поведения рыб, возможно, не полностью охватывают весь комплекс, но, на наш взгляд, они являются основными, знание которых дает возможность более обоснованно подойти к решению вопроса о рациональной конструкции трала.

Из других факторов поведения пелагических рыб можно указать на реакцию на различную окраску сетного полотна, инстинкт сохранения стайности, реакцию рыб на различные световые спектры в разное время суток, плотность косяков различных рыб в зависимости от тех или иных условий, мощность скоплений косяков и некоторые другие. Учет этих факторов способствовал бы дальнейшему улучшению промысловых качеств орудия лова, в частности трала для лова хамсы.

### ВЫВОДЫ

В результате всестороннего изучения материалов по разработке тралов и по поведению некоторых пелагических рыб в естественных условиях, а также в результате проведенных нами в 1948—1955 гг. экспериментальных исследований и наблюдений установлено следующее.

1. Трал как инженерное сооружение, предназначенное для лова пелагических рыб в толще воды, должен всецело удовлетворять всем специфическим особенностям поведения и распределения избранного объекта лова.

2. Конструкцию трала необходимо разрабатывать применительно к каждому объекту лова в определенных условиях его обитания.

3. Технические параметры трала должны быть подобраны в зависимости от тех характерных особенностей поведения рыбы, которые свойственны данному объекту лова в определенный период его жизни.

4. Площадь устья трала, предназначенного для лова стайных рыб, может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$S_y = C_k' + \pi \left[ \left( \frac{h_k}{2} + \eta_p \right)^2 - \left( \frac{h_k}{2} \right)^2 \right].$$

5. Если для данной рыбы известна ее дальность видения, то расстояние от плоскости устья до наиболее удаленных точек тралового вооружения может быть найдено по формуле

$$Y_0 = B_{mp}^0 (\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5 \eta_p.$$

6. Между площадью входного отверстия в кутке трала и дальностью видения рыбы существует следующая зависимость:

$$S_g = \pi (\eta_p + l^k)^2.$$

7. Для лова хамсы в осенне-зимний период целесообразнее изготавливать трал из трех основных секций (отпугивающей, направляющей и удерживающей) с соответствующими размерами ячеи.



8. Оптимальный размер ячеи в кутке трала может быть определен по формуле

$$a'_0 = 0,125 P_m \left( 2 \frac{\psi - 1}{\varphi} \right).$$

В частности, для хамсы с  $l_p = 91,5$  мм величина  $a'_0$  равна 7,5 мм.

9. Размеры ячей в двух других секциях сетного мешка трала (направляющей и отпугивающей) для лова хамсы должны быть подобраны в пределах:

$$a''_0 = (2 \div 4) a'_0 \text{ для направляющей секции;}$$

$$a'''_0 = (5,3 \div 20,0) a'_0 \text{ для отпугивающей секции.}$$

10. Ввиду того что при встрече с движущимися под водой сетными сооружениями пелагические рыбы (в том числе хамса) «бросаются», как правило, вниз (под некоторым углом  $\alpha = 25 \div 35^\circ$ ), в конструкции трала для лова рыбы в толще воды должен быть предусмотрен поддон.

11. Для успешного лова рыбы определенного вида величина вертикального раскрытия трала в его устье должна составлять

$$B_{mp}^0 = h_k + 2 \eta_p.$$

В частности, для хамсы  $B_{mp}^0 = 11,4$  м.

12. Если известно вертикальное раскрытие трала для данной рыбы, то длину броска рыбы  $l_\alpha$ , который она делает при встрече с препятствием, можно определить по формуле

$$l_\alpha = \frac{0,5 (h_k + 2 \eta_p)}{\cos \alpha}.$$

При  $\alpha = 35^\circ$  величина  $l_\alpha$  для хамсы равна около 7,0 м.

13. Учитывая характерную для многих пелагических рыб (в частности, для хамсы) эллиптическую форму косяков, горизонтальное раскрытие трала в его устье должно быть соответственно больше, чем вертикальное.

Величина  $A_{mp}^0$  может быть определена по формуле

$$A_{mp}^0 = B_{mp}^0 + 2 \eta_p.$$

В трале для лова хамсы  $A_{mp}^0 = 15,4$  м.

14. В целях повышения промысловых качеств трала для каждого объекта лова необходимо подбирать соответствующие сетематериалы с определенным отношением диаметра нити к шагу ячеи. При этом диаметр нити может быть определен по формуле

$$d_0 = \eta_p \sin \varphi^\circ.$$

15. Скорость буксировки трала обуславливается особенностями поведения, присущими данному объекту лова, и может быть определена по формуле

$$v_{mp}^0 = \frac{[B_{mp}^0 (\operatorname{tg} \alpha + 0,5) + 1,5 \eta_p] \cos \alpha v_p''}{0,5 B_{mp}^0}.$$

Для лова хамсы в осенне-зимний период оптимальная скорость буксировки трала равна 1,65 м/сек, или 3,22 узла.

Перечисленные выше зависимости между техническими параметрами орудия лова тралового типа и соответствующими биологическими особенностями поведения рыбы дают возможность исследователям правильно и обоснованно подходить к решению такой сложной задачи, как создание тралов для лова рыб в толще воды.

В заключение следует отметить, что теоретические предпосылки и эмпирические формулы, связывающие ряд технических параметров

трала с биологическими особенностями поведения объекта лова, выведенные для хамсы, в известной мере могут быть использованы и при разработке подобных орудий лова для других видов рыб.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А ж а ж а В. Г., Псиск рыбы эхолотом, Изд. журнала «Рыбное хозяйство», 1956.
2. Андреев Н. Н., Некоторые вопросы теории лова рыбы жаберными сетями, Труды ВНИРО, т. XXX, Пищепромиздат, 1955.
3. Асланова Н. Е., Поведение хамсы в зоне ставных неводов, «Рыбное хозяйство», 1947, № 12.
4. Асланова Н. Е., Изучение поведения рыб в зоне действия орудий лова (напечатано в настоящем сборнике).
5. Асланова Н. Е., Голенченко А. П., Тараненко Н. Ф., Поведение азовской хамсы в период зимовки, 1952 г., «Рыбное хозяйство», 1953, № 10.
6. Бабурина Е. А., Приспособительные особенности строения глаз сельди-черноспинки, шпрота и хамсы, Труды института морфологии животных им. А. И. Северцова, Изд. АН СССР, 1953.
7. Бабурина Е. А., Особенности строения и функции глаз у рыб, Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб, Изд. АН СССР.
8. Баранов Ф. И., К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства, Известия Отдела рыбоводства и научно-промысловых исследований, Петроград, т. 1, вып. 1, 1918.
9. Баранов Ф. И., Теория и расчет орудий рыболовства, Пищепромиздат, 1948.
10. Борисов П. Г., Состояние и перспективы лова Каспийской кильки на электросвет, «Рыбное хозяйство», 1951, № 11.
11. Брагинская Р. Я., Строение мозга различных рыб в связи с их способами питания, Доклады АН СССР, т. 59, № 6, 1948.
12. Быков К. М., Владимиров Г. Е., Делов В. Е., Конради Г. П., Слоним А. Д., Учебник физиологии, Медгиз, 1954.
13. Голенченко А. П., Аэрофотосъемка хамсы в Черном море, «Рыбное хозяйство», 1954, № 11.
14. Гюльбадамов С. Б., Пелагический трал, «Рыбное хозяйство», 1952, № 2.
15. Данилевский Н. Н., Наблюдения за реакцией черноморских рыб на искусственные раздражители (напечатано в настоящем сборнике).
16. Демидов Д. А., Опыт применения ставных сетей в Енисейском заливе, Научно-промысловые исследования Сибири, серия А, вып. 7, Красноярск, 1931.
17. Зуссер С. Г., Голенченко А. П., Кириллов В. М., Пелагида Черного моря, Пищепромиздат, 1949.
18. Зуссер С. Г., Данилевский Н. Н., Реакция азовской хамсы на сетное полотно в освещенной зоне, «Рыбное хозяйство», 1953, № 7.
19. Мантейфель Б. П., Изучение поведения стайных рыб в целях усовершенствования техники их лова, Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб, Изд. АН СССР, 1955.
20. Мантейфель Б. П., Лишев Р. Н., Радаков Д. В., Юданов К. И., Наблюдения за поведением салаки при лове ее тралом (напечатано в настоящем сборнике).
21. Малюкина Г. А., Об анализаторе боковой линии рыб, «Вопросы ихтиологии», вып. 5, 1955.
22. Месяцев И. И., Строение косяков стадных рыб, Известия АН СССР, 1939.
23. Павловский Е. Н., Курепина М. Н., Строение мозга рыб в связи с условиями их обитания, Очерки по вопросам ихтиологии, Изд. АН СССР, 1953.
24. Тараненко Н. Ф., Распределение и поведение азовской и черноморской хамсы в период зимовки в Черном море в 1954—1955 гг., Сборник аннотаций, № 4, 1957.
25. Токарев А. К., Поведение азовской хамсы и разведка ее скоплений в Черном море, «Рыбное хозяйство», 1953, № 5.
26. Токарев А. К., О биологических и гидродинамических звуках, издаваемых рыбами (напечатано в настоящем сборнике).
27. Тюрин П. В., Материалы по изучению ставного сетного лова на Восточном побережье Енисейского залива, Научно-промысловое исследование Сибири, Серия А, вып. 7, Красноярск, 1931.
28. Шулейкин В. В., Физика моря, Изд. АН СССР, 1953.
29. Шишкова Е. В., Запись и исследование создаваемых рыбами звуков (напечатано в настоящем сборнике).
30. Frisch K., Sind die Fische frabenblind, Zool. In: Abt. allg., Zoo Bd. 33, 1933.
31. Herter K., Die Fischdressiren und sinnesphysiologischen Grundlagen, Akademie-verlag., Berlin, 1953.
32. Tausti M., Miosi H., On the movement of a fish group I, On the direction adopted by a group of fish on reaching the end of the netwall along which it was moving, J. Imp. Fish. Inst., vol. XXV, 1—3, 1953.