

Обоснование параметров близнецового лова дальневосточной скумбрии и дальневосточной сардины среднетоннажными судами с учётом их промыслово-биологических характеристик

*В.А. Татарников,
С.Э. Астафьев,
С.С. Оруженко*

Всероссийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: oruzhenko@vniro.ru

В Северо-Западной части Тихого океана за последние годы наблюдается рост численности популяций восточной скумбрии (*Scomber japonicus*) и дальневосточной сардины (*Sardinops sagax*). На Дальнем Востоке крупнотоннажные рыболовные траулеры, способные успешно вести добычу (вылов) скумбрии и дальневосточной сардины, заняты промыслом минтая и других традиционных объектов промысла. Цель данной статьи показать, как недоиспользуемые запасы скумбрии и дальневосточной сардины могут осваиваться среднетоннажными судами, с использованием техники близнецового лова. Для биотехнического обоснования параметров близнецовой траловой системы по степени влияния на объект добычи (вылова) была разбита на 7 зон, в каждой из которых у объекта добычи (вылова) существует та или иная поведенческая реакция. В статье обосновано необходимое (оптимальное) вертикальное раскрытие устья трала для полного облова косяков рыб по вертикали на основе эхометрических диаграмм вертикального распределения косяков скумбрии и дальневосточной сардины и принятых дистанций реагирования объектов лова на элементы траловой системы. Выполнено биотехническое обоснование параметров близнецовой траловой системы для добычи (вылова) тихоокеанской скумбрии и дальневосточной сардины. Определены длина близнецового трала, угол атаки верхней, боковой и нижней пластей оболочки трала, длины крыльев трала, определены необходимое отношение затенённой площади оболочки трала к её фиктивной площади для среднетоннажных судов с различными тяговыми характеристиками. На основе учёта скоростных параметров рыб в различных зонах траловой системы определены расстояние между судами-близнецами, длина ваеров и длины кабелей.

Ключевые слова: скумбрия *Scomber japonicas*, сардина *Sardinops sagax*, близнецовый траловый лов, характеристики близнецового трала.

ВВЕДЕНИЕ

Северо-Западная часть Тихого океана является одним из важнейших районов рыболовства в Мировом океане. Основными промысловыми объектами пелагиали тихоокеанских вод ИЭЗ России и открытых вод Северо-Западной части Тихого океана являются сайра, сардина, скумбрия, тихоокеанский кальмар [Антоненко, Байтало, 2019]. В прошлом столетии в 1970–1990-е годы сардина и скумбрия входили в число основных видов отечественного рыболовства и их добыча (вылов) составляли значительные объёмы, причём, в основном, сардина. В последующие годы наблюдалось резкое сокращение численности этих объектов, что привело практически к прекращению их добычи (вылова). В последние годы наблюдается рост численности популяций скумбрии и дальневосточной сардины.

Дальневосточная сардина (*Sardinops sagax* (Jenyns, 1842)) – субтропическо-умеренно-холодноводный вид, является одной из массовых прибрежно-пелагических рыб, обитающих в Северо-Западной части Тихого океана. Это рыба с коротким жизненным циклом. Максимальная продолжительность жизни – 7 лет, но такие особи встречаются крайне редко. Последние результаты съёмки показали, что в настоящее время размерный состав сардины включает в себя диапазон длин от 16 до 25 см при средней длине особи 21,2 см. Модальный класс 21–23 см для всей акватории составила 72,9% от всей группы [Пелагические рыбы ..., 2018].

Современный уровень запаса дальневосточной сардины в тихоокеанских водах остаётся относительно низким по сравнению с высоким уровнем 1980-х гг., однако имеет тенденцию

к увеличению. С 2010 г. отмечается устойчивый рост общего и нерестового запаса тихоокеанской популяции сардины, что подтверждается как учётными съёмками, так и данными промысловой статистики (отечественной и японской). Так оценка обилия вида в 2013 г. составляла 0,10 тыс. т, 2014 г.— 365,11 тыс. т, 2015 г.— 374,20 тыс. т, 2016 г.— 663,30 тыс. т [Пелагические рыбы ..., 2018]. По результатам летне-осенней учётной съёмки 2017 г. биомасса сардины составила 1065,6 тыс. т, в том числе в ИЭЗ России было учтено 813,8 тыс. т. В соответствии с увеличением величины обилия возрос общий вылов дальневосточной сардины. Общий вылов сардины по месяцам в 2016 и 2017 гг. представлен на диаграмме (рис. 1) [Антоненко, Байталюк, 2019]. По оперативным данным ФГБУ ЦСМС на 31 декабря 2018 г. суммарный вылов российскими пользователями: сардина составил 62,9 тыс. т, [Коллегия Росрыболовства ..., 2019].

При сохранении темпов воспроизводства на уровне 2010–2017 гг. в 2019 г. уровень миграций сардины в российские воды в Южно-Курильской зоне составил в прикурильских водах ИЭЗ России 900 тыс. т. Рекомендованный вылов (РВ) её в 2019 г не превысит 10% уровня её возможного захода и составит 90,0 тыс. т. В подзоны Приморье и Западно-Сахалинской рекомендованный вылов (РВ) на всех видах промыслов в 2019 г. составил 10,0 тыс. т. По Межправительственному соглашению в экономической зоне Японии российским рыбакам выделена квота 11,0 тыс. т [Состояние промысловых ресурсов, 2019]

Восточная скумбрия (*Scomber japonicas* Houttuyn, 1782) — пелагическая стайная рыба. Обитает преимущественно в прибрежных водах,

но часто образует скопления в открытой эпипелагиали, над материковым склоном и в районах подводных поднятий. Встречается от поверхности до глубин 250–300 метров обитающая при температуре от 8 до 24 °С. Тралово-акустические съёмки, проведённые в последние годы показали, что размерный состав скумбрии находится в диапазоне от 19 до 41 см. Преобладающее количество особей были размером от 29 до 33 см. Все основные скопления были отмечены в диапазоне температур от 13 до 18 °С [Пелагические рыбы ..., 2018].

После снижения запасов скумбрии в 80-е годы период низкой численности отмечался с 1990 г по 2012 г. И лишь с 2013 г. начался период увеличения запасов, который продолжается по настоящее время, что подтверждается как увеличением уловов добывающих судов, так и результатами учётных съёмок в Северо-Западной части Тихого океана. Комплексные траловые съёмки эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов в пределах ИЭЗ РФ и открытых вод северо-западной части Тихого океана за пределами экономической зоны показали, что учтенная биомасса скумбрии в 2016 году составила 932,9 тыс. т, а в 2017 году она уже составила 1432,9 тыс. т [Пелагические рыбы ..., 2018]. Данную тенденцию подтверждают данные общих выловов скумбрии в 2016 и 2017 гг. (рис. 2) [Антоненко, Байталюк, 2019].

По оперативным данным ФГБУ ЦСМС на 31 декабря 2018 г. вылов скумбрии составил 98,8 тыс. т [Коллегия Росрыболовства ..., 2019]. В 2019 г. ожидаемый подход скумбрии составил 2–2,5 млн т и рекомендованный вылов (РВ) в Южно-Курильской зоне составлял 190,0 тыс. т.

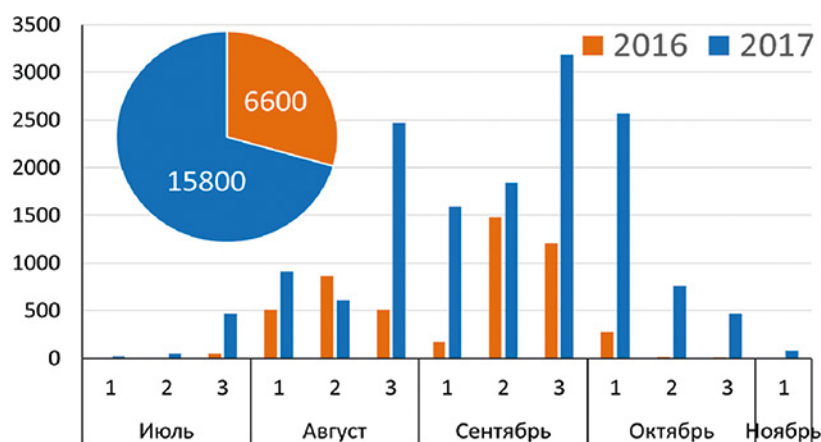


Рис. 1. Общий вылов сардины в 2016 и 2017 годах, в т

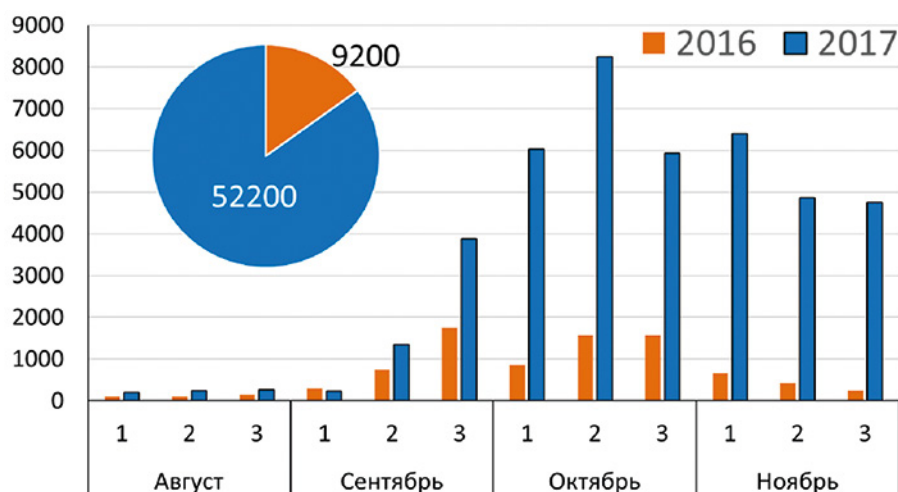


Рис. 2. Общий вылов скумбрии и вылов подекадно в 2016 и 2017 гг., в т

В зоне Японии по Межправительственному соглашению Российской стороне в 2019 г была выделена квота 51,5 тыс. т [Состояние промысловых ресурсов, 2019]. По оценкам отечественных учёных освоение российскими пользователями таких видов ВБР как сардина и скумбрия уже в краткосрочной перспективе позволит увеличить отраслевые показатели вылова на 150–200 тыс. т и более [Коллегия Росрыболовства ..., 2019].

Сардина и скумбрия – скоростные виды рыб и требуют для облова суда, способные тралить со скоростью не менее 4,5–6 узлов (2,31–3,08 м/с) [Мизюркин и др., 2004]. В настоящее время на Дальнем Востоке основная часть крупных рыболовческих траулеров, способных успешно вести добычу (вылов) этих видов водных биологических ресурсов, занята промыслом минтая и сельди. Неиспользуемые запасы скумбрии и дальневосточной сардины могут быть освоены среднетоннажными судами СТР типа «Надёжный» проект 420, СРТМк типа «Железный поток» проект 502Э, СТР типа «Альпинист» проект 503, с мощностью главного двигателя 800, 1000–1100, 1320 л. с. соответственно, используя технику близнецового лова.

Обоснование параметров близнецовых тралов и тактика добычи (вылова) скумбрии и дальневосточной сардины

При близнецовом траловом лове сардины и скумбрии на эффективность добычи (вылова) наибольшее влияние, на наш взгляд, оказывают размерные и скоростные характеристики объекта добычи (вылова), расстояние между судами-близнецами в процессе лова, вертикальное и горизонтальное раскрытия устья трала, углы атаки канатной и сетной частей трала, скорость траления. При проведении близнецового тралового лова траловую систему по степени влияния на объект лова необходимо разбить на 7 зон, в каждой из которых у объекта добычи (вылова) существует та или иная поведенческая реакция (рис. 3) [Мельников, 1979].

В зоне I рыба находится в естественном состоянии.

В зоне II – в результате приближения судов-близнецов, пелагические рыбы, воспринимая шумы судов как сильный раздражитель, проявляют оборонительную реакцию, которая сопровождается уходом рыб с траектории движения судна. Реакцию рыб на шумы судов разделяют на три фазы. Первая фаза сопровождается увеличе-

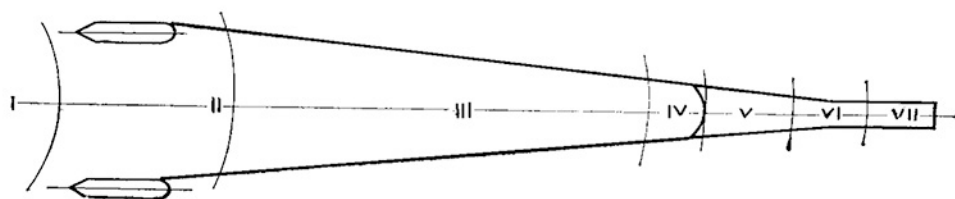


Рис. 3. Зоны поведенческих реакций при близнецовом тралении [Мельников, 1979]

нием двигательной активности рыб. Вторая фаза сопровождается движением рыб в сторону противоположную градиенту звукового давления шума, создаваемого судном. В этот момент скорость движения рыб близка к бросковой. Реакция быстрых приповерхностных рыб (скумбрия, тунцы, лососи и др.) характеризуется более активным горизонтальным избеганием шумового поля судна. Вертикальная составляющая скорости движения этих рыб невелика. Третья фаза, которая происходит на очень близком расстоянии от судна, характеризуется более сильной направленной реакцией избегания [Кузнецов Ю.А., Кузнецов М.Ю., 2007; Кузнецов, 2011].

Характерной особенностью зоны III и зоны IV является наличие гидродинамических шлейфов, создаваемые в результате колебаний ваеров в процессе буксировки трала. Шлейфы, воспринимаются рыбами как препятствие, и для того чтобы избежать его, они отходит на линию движения сетной части трала.

В зоне V, которая распространяется от начала крыльев до окончания мотни трала, рыба по данным подводных наблюдений [Выскребенцев, Аронов, 1970; Обвинцев, 1975; Карпенко и др., 1997] ведёт себя одинаково. В устье трала, она практически не испытывает беспокойства. По мере прохода косяка вглубь трала, по мере его сужения она начинает проявлять всё большее беспокойство, которое доходит до попыток, отчаянно выйти из трала, стремясь покинуть зону облова любыми путями. В основном на всех этапах прохождения в трале, рыбы ориентированы головой в сторону устья.

В зоне VI, которая располагается между последней пластиной мотни и конусной частью тра-

лового мешка, сужение оболочки тралового мешка достигает критической величины — критическая зона, и большая часть рыба начинает судорожно метаться в направлении сетных стенок, делая попытки выйти через ячею. Однако некоторая часть рыбы скатывается в мешок, или пытается выйти через устье трала.

В зоне VII находится в цилиндрической части тралового мешка вместе с кутком. Рыба, попав в куток трала, лишается возможности активно сопротивляться.

Учитывая характеристики поведения объектов добычи (вылова) в различных зонах траловой системы и факторы, влияющие на результативность лова описанные ранее, можно заключить, что для эффективного лова дальневосточной сардины и скумбрии следует обосновать соответствие параметров зон поведенческих реакций промыслово-биологическим параметрам стаи.

Вертикальное раскрытие разноглубинного трала зависит от величин развития косячков объекта лова в вертикальном направлении и выбирается из условия облова косячков по вертикали. Рассматривая распределение как «чистых», так и смешанных скоплений скумбрии и дальневосточной сардины по горизонтам обитания, необходимо отметить, что свыше 95 % численности этих рыб в периоды съёмки с 2015 по 2016 годы и днём и ночью было зарегистрировано на расстоянии от поверхности от 12 до 15 м в пределах слоя до 30 м (рис. 4) [Поляничко, 2017].

Полностью облавливать стаю в вертикальном направлении возможно, если вертикальное раскрытие трала превышает высоту стаи на дистанции реагирования рыб на верхнюю и нижнюю

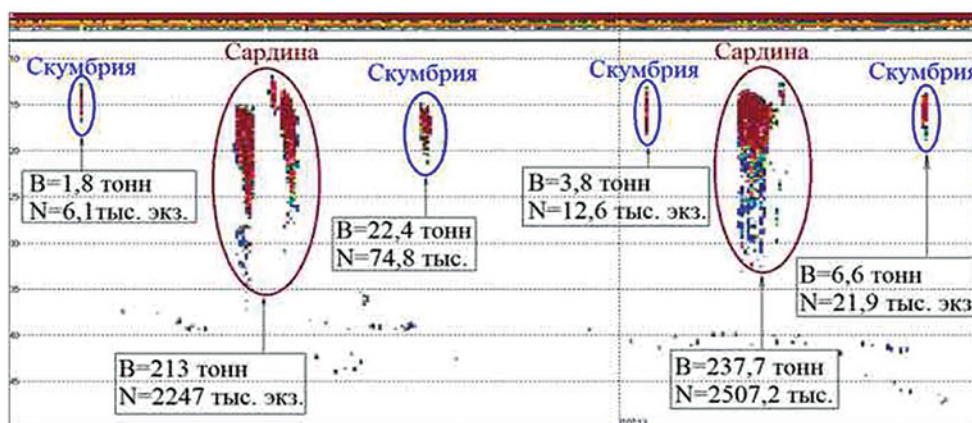


Рис. 4. Фрагмент эхограммы с оценками численности и биомассы косячков смешанных скоплений сардины и скумбрии [Поляничко, 2017]

подборы. Необходимое вертикальное раскрытие можно определить по формуле:

$$H_y = H_c^y + D_r^{БП} + D_r^{НП}, \quad (1)$$

где H_c^y — высота стаи, м; $D_r^{БП}$ — дистанция реагирования рыб на верхнюю подбору, м; $D_r^{НП}$ — дистанция реагирования рыб на нижнюю подбору, м.

Трал с вертикальным раскрытием $H_y = D_r^{БП} + D_r^{НП}$ будет иметь малые уловы, так как для него $H_c^y = 0$. Таким образом, для каждого вида пелагических рыб имеется минимальный трал с параметрами:

$$B_y^{\min} = 2D_r^{БП}; H_y^{\min} = D_r^{БП} + D_r^{НП}, \quad (2)$$

где $D_r^{БП}$ — дистанция реагирования рыбы на боковую подбору.

Для того, чтобы облавливаемая скумбрия зафиксировалась между подборами трала, необходимо иметь раскрытие более 20 метров [Шевченко, 1972; Шевченко и др., 1976]. Значение минимального раскрытия устья трала, при котором трал перестаёт ловить скумбрию, равен двум дистанциям реагирования скумбрии на верхнюю и нижнюю подбору. Отсюда следует, что дистанция реагирования восточной скумбрии равна 10 м. Дистанция реакции стайных пелагических рыб на элементы оснастки составляет 7–10 м, а в некоторых случаях и выше [Мельников, 1979]. Для обоснования вертикального раскрытия устья близнецового трала при облове скумбрии следует принимать дистанцию реагирования 10 м., при облове дальневосточной сардины — 7 м.

Исходя из принятых дистанций реагирования и фрагментов диаграмм вертикального распределения скумбрии и дальневосточной сардины получаем, что для успешного облова скумбрии вертикальное раскрытие должно быть равно не менее 35–45 м, дальневосточной сардины — 41–51 м. Так как восточная скумбрия и дальневосточная сардина часто образуют смешанные скопления принимаем, что для успешного промысла объектов вертикальное раскрытие должно быть не менее 51–55 м. Применение разноглубинных тралов с величиной вертикального раскрытия более 55 метров приводит к нерациональной трате буксировочной мощности судна [Абалтусов и др., 1985].

Скумбрия и сардина, образуют скопления с горизонтальной протяжённостью превосходящей вертикальное развитие. Горизонтальное раскрытие устья трала целесообразно выбирать из

рациональных конструктивных возможностей и удобства эксплуатации трала, стараясь его сделать больше, чем по вертикали [Коротков, 1998]. С учётом вышесказанных условий превышение горизонтального размера устья над вертикальным можно выразить посредством выражения вида:

$$L_y = kH_y, \quad (3)$$

где k — коэффициент, отражающий величину отношения горизонтального раскрытия устьевой части к его вертикальному раскрытию, который может быть принят равным $k = 1, 2–1, 3$.

Согласно этому выражению, горизонтальное раскрытие устья трала для добычи (вылова) скумбрии и дальневосточной сардины должно находиться в интервале от 65–70 м.

Одним из характеристик разноглубинных тралов, влияющий на их эффективность, является угол атаки сетных частей трала. Российские исследователи [Белов и др, 1987; Габрюк, 1982; Мельников, 1973] утверждают, что для эффективного лова большинства промысловых рыб угол атаки сетевого полотна мотённой части должен быть в пределах 11–13 градусов. Исходя из анализа работ по определению оптимального угла атак, принимаем, что максимальное его значение должно быть равным 13 градусам.

Как следует из схемы зон поведенческих реакций рыб при близнецовом лове (рис. 3) для повышения эффективности техники и тактики близнецового лова дальневосточной сардины и скумбрии, следует начинать с определения параметров расстояния между судами-близнецами. Расчёт необходимо провести с таким условием, чтобы в процессе реагирования объекты лова попадали в зону действия оболочки трала (рис. 5).

Расстояние между судами-близнецами складывается из расстояния $A1 - M1$, расстояния $A2 - M2$, зависящие от скорости перемещения дальневосточной сардины и скумбрии в горизонтальном направлении, и расстояния $M1 - M2$, численно равное горизонтальному раскрытию близнецового трала между концами крыльев.

Реагирование объекта лова на шумы судна подразделяет на 3 фазы [Кузнецов, 2011], в каждой из которых рыбы перемещаются с различными скоростями в горизонтальной плоскости. Первая фаза — крейсерская скорость равная 2–3 Л/с у быстрых пелагических и 1–2 Л/с у малоподвижных объектов. Вторая фаза — максимальная скорость от нескольких секунд (спринтерская

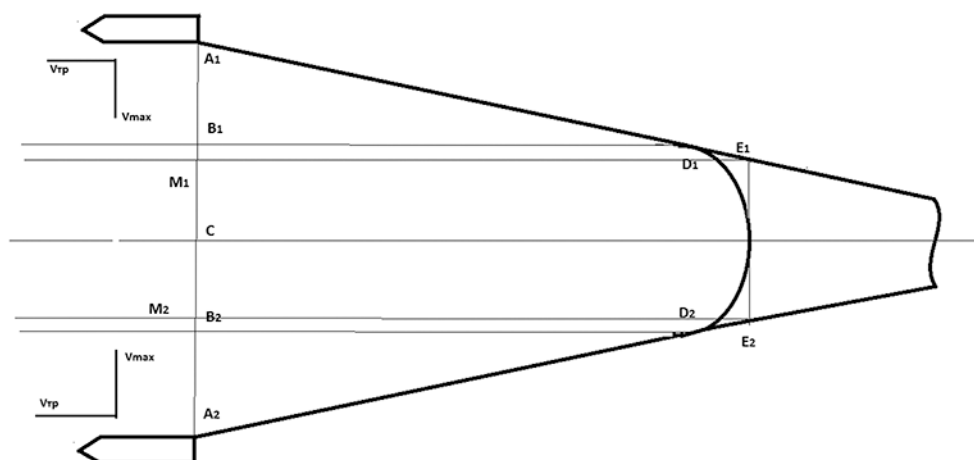


Рис. 5. Схема зон, влияющих на расстояние между судами-близнецами

скорость) до нескольких десятков минут (скорость средних дистанций). В зависимости от вида и размера рыб они составляют 3–10 Л/с. Третья фаза – бросковая скорость – поддерживается от долей до нескольких секунд [Аминева, Яржомбек, 1984; He, Wardle, 1988].

Скумбрия и сардина относятся к скоростным видам рыб, которые, реагируя на шумы судов, способны быстро уходить из зоны облова. Для восточной скумбрии эта величина составляет от 0,87 до 3,3 м/с, в среднем 2,1 м/с; для дальневосточной сардины – от 0,63 до 2,3 м/с, в среднем 1,5 м/с. Для определения искомых параметров принимаем время реагирования рыбы на шумы судна и её отход со средними максимальными значениями скорости, в соответствии с работами российских исследователей [Аминева, Яржомбек, 1984], равным 110 сек. За это время скумбрия пройдет расстояние равное в среднем 231 м, сардина – 165 м. Для эффективного лова это расстояние должно соответствовать дистанции от судна до диаметральной плоскости трала.

Для удовлетворения этого условия определим необходимые параметры траловой системы: длину ваеров, длину кабелей и длину крыльев близнецового трала. Для обоснования длины крыльев близнецового трала необходимо определить длину верхней подборки трала. Исходим из условия, что ваера от судов-близнецов в проекции на горизонтальную плоскость являются продолжением боковых топенантов трала и располагаются по касательной к линии верхней подборки в точке соприкосновения. В нашем случае, при горизонтальном раскрытии в районе устья (гужа) трала равным 70 метрам, горизонтальное раскрытие по концам крыльев будет составлять

75 метров. Из таблиц параметров цепной линии [Фридман, 1969] определяем, что длина верхней подборки трала составляет 150 м, а длина крыльев – 61,6 м. На практике стрела прогиба боковой подборки не может быть больше стрелы верхней подборки. При этом условии, длина боковой подборки будет составлять 139,5 м. Оптимальная длина кабелей донных и разноглубинных тралов обычно составляет 50–100 м. Для близнецового лова скумбрии и дальневосточной сардины принимаем длину кабелей равную 100 м, как наиболее распространённую на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне [Лебедев, 1972; Шевченко, 1972; Мельников, 1979].

На основании полученных значений длины крыльев, длины кабелей и дистанции перемещения рыб в процессе реагирования на шумы судна определим необходимую длину ваеров.

$$L_{\text{ваер}} = \frac{D_{\text{рыб}} - \frac{L_{\text{гор}}}{2}}{\sin \alpha} - L_{\text{каб}} - L_{\text{крыл}}, \quad (4)$$

где $D_{\text{рыб}}$ – дистанция перемещения рыб в процессе реагирования на шумы судна, м; $L_{\text{гор}}$ – горизонтальное раскрытие трала в районе гужей, м; $L_{\text{каб}}$ – длина кабелей, м; $L_{\text{крыл}}$ – длина крыла близнецового трала, м; α – угол атаки боковой пласти трала, равный 13 градусам.

Проведя необходимые вычисления получили, что для добычи (вылова) восточной скумбрии длина ваеров должна быть равной 709,5 м, для добычи (вылова) дальневосточной сардины – 416,2 м.

Работы по определению влияния скорости траления на эффективность добычи (вылова) показали, что если скорость траления менее

3,9–4,2 узлов (2–2,16 м/с), облов пелагических рыб даёт низкие результаты [Коротков, Кузьмина, 1972]. Для добычи (вылова) скумбрии рекомендуемая скорость траления должна быть не менее 5,0–6,0 узлов (2,55–3,06 м/с), для добычи (вылова) дальневосточной сардины – не менее 4,0–5,0 узлов (2,04–2,55 м/с) [Габрюк, 2011].

Немаловажным фактом для эффективного облова скумбрии и дальневосточной сардины является соответствие конструкции трала тяговым характеристикам судов-близнецов. Для определения сопротивления трала, с целью получения исходных данных для конструкторской разработки близнецового трала, по представленной В.И. Габрюком [2011] тягово-скоростным диаграммам рыбопромысловых судов составлена таблица соответствия полезной тяги среднетоннажных рыбопромысловых судов рекомендованным скоростям траления для добычи (вылова) скумбрии и дальневосточной сардины (таблица 1). Зная тяговые характеристики судов-близнецов определяем максимальную величину сопротивление близнецового разноглубинного трала.

Для добычи (вылова) восточной скумбрии и дальневосточной сардины предлагается применять среднетоннажными судами СТР типа «Надёжный» проект 420, СРТМк типа «Железный поток» проект 502Э, СТР типа «Альпинист» проект 503, с мощностью главного двигателя 800, 1000–1100, 1320 л. с. соответственно, используя тактику близнецового лова. Отсюда суммарная мощность главных двигателей судов близнецов будет от 1600 л. с. (1177 кВт) до 2640 л. с. (1942 кВт). В соответствии с тяговыми характеристиками среднетоннажных судов, предлагаемых для применения на добыче (вылове) скумбрии и дальневосточной сардины близнецовым тралом принимая во внимание, что на практике используется только 80% тяговых мощностей судов-тральщиков, получаем следующие значения сопротивления траловой системы на скорости траления 6,5 узлов. Для су-

дов СТР-пр 503 (1320 л.с) эта величина составляет 21,7 т (212,8 кН), для СРТМ-502Э (1000 л. с.) – 10,8 т (105,6 кН) и для СТР пр. 420 (800 л. с.) – 10,3 т (100,8 кН).

Длина трала определяется исходя из угла атаки боковой пласти трала, горизонтального раскрытия устья трала и диаметра тралового мешка. Как сказано ранее, горизонтальное раскрытие трала в районе гужа составляет 70 м, угол атаки боковой поверхности трала равен 13 градусам. Диаметр тралового мешка ($D_{\text{меш}}$) выбираем из ширины судового слипа ($B_{\text{слип}}$). Диаметр тралового мешка определяется из условия:

$$D_{\text{меш}} = B_{\text{слип}} - 0,5. \quad (5)$$

На основании технических характеристик среднетоннажных судов с кормовой схемой траления ширина слипа на этих судах составляет 1,5 м. Отсюда диаметр тралового мешка должен составлять порядка 1 м. Отсюда длина трала от гужа входного устья до тралового мешка будет равна L .

$$L = \frac{\frac{L_{\text{гор}}}{2} - \frac{D_{\text{меш}}}{2}}{\sin \alpha}. \quad (6)$$

Длина канатной и сетной частей близнецового трала от устья до тралового мешка для добычи (вылова) скумбрии и дальневосточной сардины должна быть 153,3 м.

Угол атаки верхней пласти (β) определяется исходя из длины трала от устья до тралового мешка, вертикального раскрытия трала в районе гужа и диаметра тралового мешка.

$$\beta = \arcsin \frac{\frac{H_{\text{верт}}}{2} - \frac{D_{\text{меш}}}{2}}{L}. \quad (7)$$

Отсюда угол атаки верхней и нижней пластей близнецового трала должен быть равным $10,1^\circ$.

Одним из факторов, влияющим на работу и эффективность лова разноглубинным тралом, в том числе и близнецовым, является отношение

Таблица 1. Тягово-скоростные характеристики судов, кН

Тип судна	Скорость траления, уз					
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
СТР-пр 503	162	157	152	146	140	133
СРТМ-502Э	85	81	77	74	71	66
СТР пр 420	80	76	72	69	66	63

затенённой площади оболочки трала к её фиктивной площади. Это параметр влияет на соответствие конструкции трала тягово-скоростным характеристикам судна. Искомый параметр находим по формуле определения скорости траления в зависимости от тяговых характеристик судна, фиктивной и затенённой площадей трала и площади устья трала [Жуков, 1975]:

$$\frac{S_{зам}}{S_{\phi}} = \frac{9T}{S_y \cdot V_{mp}^2}, \quad (8)$$

где S_{ϕ} – фиктивная площадь сетной оболочки трала, м²; $S_{зам}$ – затенённая площадь сетной оболочки трала, м²; S_y – площадь входного устья трала, м²; T – тяговое усилие судна, тс.; V_{mp} – скорость траления, уз.

Учитывая, что на практике используется только 80% тяговых мощностей судов-тральщиков получаем следующие значения отношения затенённой площади оболочки трала к её фиктивной площади, удовлетворяющие условиям добычи (вылова) смешанных скоплений восточной скумбрии и дальневосточной сардины. Для судов СТР-пр 503 (1320 л.с) эта величина составляет 0,0012, для СРТМ-502Э (1000 л.с) и для СТР пр 420 (800 л.с) – 0,00057.

ВЫВОДЫ

1. На основе промыслово-биологических особенностей скоплений восточной скумбрии и дальневосточной сардины определены исходные данные для обоснования конструктивных особенностей близнецовых тралов и тактики добычи (вылова) при использовании на промысле среднетоннажных судов с мощностью главных двигателей 1320, 1000 и 800 л.с.

2. Для облова скоплений восточной скумбрии и дальневосточной сардины, в том числе и смешанных, длина близнецового трала по топчанту должна быть 153,3 м, длина крыльев 61,6 м, длина верхней (нижней) подборы – 150 м, длина боковых подбор – 139,5 м, вертикальное раскрытие в районе гужа должно быть 55 м, горизонтальное раскрытие – 70 м, угол атаки верхней и нижней пластей трала – 10,1°, угол атаки боковых пластей трала – 13°.

3. Для успешного облова восточной скумбрии, при длине кабелей 100 м, расстояние между судами-близнецами должно быть 460 м, длина ваеров – 710 м. Для облова дальневосточной сардины расстояние между судами должно быть 330 м, длина ваеров – 416 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Абалтусов С.М., Астафьев С.Э., Бойцов А.Н. 1985. Обоснование вертикального раскрытия устья трала по параметрам промысловых скоплений (на примере японской скумбрии) // Обоснование орудий промышленного рыболовства. Владивосток: ТИНРО. С. 34–42.
- Аmineва В.А., Яржомбек А.А. 1984. Физиология рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 198 с.
- Антоненко Д.В., Байталюк А.А. 2019. Пелагические ресурсы северо-западной части тихого океана – новые возможности увеличения вылова российских рыбаков // II Межд. рыбопромышленный форум и Выставка рыбной индустрии, морепродуктов и технологий. Мат. деловой прогн. (докл. участников). Global Fishery Forum & Seafood Expo, 2018. 13–15 сентября 2018 г., Санкт-Петербург. М.: Изд-во ВНИРО, С. 98.
- Белов В.А., Коротков В.К., Саврасов В.К., Шимьянский С.Л. 1987. Буксируемые орудия лова. М.: Агропромиздат. 200 с.
- Выскребенцев Б.Ф., Аронов М.П. 1970. Подводные наблюдения в зоне действия орудий лова // Рыбное хозяйство. № 2. С. 40–43.
- Габрюк В.И. 1982. Методы биотехнического обоснования и расчёта параметров траловой системы. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз. 149 с.
- Габрюк В.И. 2011. Механика орудий рыболовства в математических моделях, алгоритмах, компьютерных программах. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз. 519 с.
- Жуков В.П. 1975. Оптимальные размеры пелагических тралов // Рыбное хозяйство. № 3. С. 48–50.
- Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. 1997. Экспериментальные исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами тралов в модельных условиях // Вопросы ихтиологии. Т. 37. № 2. С. 253–260.
- Коллегия Росрыболовства. Мат. к заседанию коллегии по вопросу: «Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2018 году и задачи на 2019 год». Доступно через: <http://fish.gov.ru/press-tsentr?catid=0&id=5>. 11.10.2019.
- Коротков В.К. 1998. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: ЭКБ АО «МАРИНПО». 398 с.
- Коротков В.К., Кузьмина А.С. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М.: Пищевая промышленность. 270 с.
- Кузнецов М.Ю. 2011. Дистанция реагирования различных видов рыб на гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и допустимые уровни шума // Известия ТИНРО. Т. 164. С. 157–176.
- Кузнецов Ю.А., Кузнецов М.Ю. 2007. Обоснование и разработка методов и средств промысловой биоакустики. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз. 339 с.
- Лебедев Е.А. 1972. Влияние длины кабелей на вылов рыбы // Рыбное хозяйство. № 6. С. 55–56.
- Мельников В.Н. 1979. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства. М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Мельников В.Н. 1973. Биофизические основы промышленного рыболовства. М.: Пищепромиздат. 319 с.

- Мизюркин М.А., Мизюркина А.В., Татарников В.А., Пак А. 2004. Разновидовой промысел. Владивосток: ТИНРО-Центр. 139 с.
- Обвинцев А.Л. 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыбное хозяйство. № 1. С. 48–51.
- Пелагические рыбы (сайра, сардина, скумбрия) — путинный прогноз на 2018 год. 2018. Владивосток: ТИНРО-Центр. 68 с.
- Поляничко В.И. 2017. Особенности вертикального распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины по данным гидроакустических исследований 2015–2016 гг. // «Современные проблемы и перспективы рыбохозяйственного комплекса». Мат. V науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием. Тез. докл. Москва, 17–18 апреля 2017 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 221–227.
- Состояние промысловых ресурсов. 2019. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2019 г (краткая версия). Владивосток: Изд-во ТИНРО. 448 с.
- Фридман А.Л. 1969. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Пищевая промышленность. 568 с.
- Шевченко А.И. 1972. Особенности тралового лова пелагических скоплений скумбрии // Рыбное хозяйство. № 5. С. 44–46.
- Шевченко А.И., Бойцов А.Н., Киселёв А.Л. 1976. Обоснование конструкции разноглубинного трала // Промышленное рыболовство. Вып. 6. Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 22–27.
- He P., Wardle C.S. 1988. Endurance at intermediate swimming speeds of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, herring, *Clupea harengus* and saithe *Pollachius virens* // J. Fish Biol. Vol.33. P. 255–266.

Поступила в редакцию 26.11.2019 г.
Принята после рецензии 29.11.2019 г.

Justification of the parameters of twin fishing for Far Eastern mackerel and Ivashi sardines by medium tonnage vessels, taking into account their fishing biological characteristics

V.A. Tatarnikov,
S.E. Astafiev,
S.S. Oruzhenko

Russian Federal Research Institute of Fisheries
and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia

In the Northwestern Pacific Ocean, in recent years, there has been an increase in the populations of eastern mackerel (*Scomber japonicus*) and Far Eastern sardine (*Sardinops sagax*). In the Far East, large-tonnage fishing trawlers capable of successfully harvesting (catching) mackerel and Far Eastern sardines are engaged in fishing for pollock and other traditional objects of fishing. The purpose of this article is to show how underutilized stocks of mackerel and Far Eastern sardine can be developed by medium tonnage vessels using twin fishing techniques. For the biotechnological substantiation of the parameters of the twin trawl system according to the degree of influence on the object of production (catch), it was divided into 7 zones, in each of which the object of production (catch) has one or another behavioral reaction. The article substantiates the necessary (optimal) vertical opening of the mouth of the trawl for complete vertical fishing of schools of fish based on echometric diagrams of the vertical distribution of schools of mackerel and Far Eastern sardine and the accepted response distances of fishing objects to elements of the trawl system. The biotechnical substantiation of the parameters of the twin trawl system for the extraction (catch) of Pacific mackerel and Far Eastern sardine has been carried out. The length of the twin trawl, the angle of attack of the upper, lateral and lower layers of the trawl shell, the length of the wings of the trawl are determined, the necessary ratio of the shaded area of the shell of the trawl to its fictitious area for medium-tonnage vessels with different traction characteristics is determined. Based on the speed parameters of fish in different zones of the trawl system, the distance between twin vessels, the length of the cords and the length of the cables are determined.

Keywords: chub mackerel *Scomber japonicus*, South American pilchard *Sardinops sagax*, pair trawling, characteristics of pair trawl

REFERENCES

- Abaltusov S.M., Astaf'ev S. Eh., Bojtsov A.N. 1985. Obosnovanie vertikal'nogo raskrytiya ust'ya trala po parametram promyslovykh skoplenij (na primere yaponskoj skumbrii) [Substantiation of the vertical opening of the trawl mouth by the parameters of commercial accumulations (on the example of Japanese mackerel)] // Obosnovanie orudij promyshlennogo rybolovstva. Vladivostok: TINRO. S. 34–42.
- Amineva V.A., Yarzhombek A.A. 1984. Fiziologiya ryb [Physiology of fish]. M.: Leg. i pishch. prom-st'. 198 s.
- Antonenko D.V., Bajtalyuk A.A. 2019. Pelagicheskie resursy severo-zapadnoj chasti tikhogo okeana – novye vozmozhnosti uvelicheniya vylova rossijskikh rybakov [Pelagic resources of the northwestern part of the Pacific Ocean – new opportunities for increasing the catch of Russian fishermen] // II Mezhd. rybopromyshlennyj forum i Vystavka rybnoj industrii, moreproduktov i tekhnologii. Mat. delovoj progr. (dokl. uchastnikov). Global Fishery Forum & Seafood Expo, 2018. 13–15 sentyabrya 2018 g., Sankt-Peterburg. M.: Izd-vo VNIRO, S. 98.
- Belov V.A., Korotkov V.K., Savrasov V.K., Shimyanskij S.L. 1987. Buksiruemye orudiya lova [Towed fishing gear]. M.: Agropromizdat. 200 s.
- Vyskrebentsev B.F., Aronov M.P. 1970. Podvodnye nablyudeniya v zone dejstviya orudij lova [Underwater observations in the area of fishing gear] // Rybnoe khozaystvo. № 2. C. 40–43.
- Gabryuk V.I. 1982. Metody biotekhnicheskogo obosnovaniya i rascheta parametrov tralovoj sistemy [Biotechnical substantiation methods and calculation of trawl system parameters]. Vladivostok: Izd-vo Dal'rybvuz. 149 s.
- Gabryuk V.I. 2011. Mekhanika orudij rybolovstva v matematicheskikh modelyakh, algoritmakh, komp'yuternykh programmakh [Mechanics of fishing tools in mathematical models, algorithms, computer programs]. Vladivostok: Izd-vo Dal'rybvuz. 519 s.
- Zhukov V.P. 1975. Optimal'nye razmery pelagicheskikh tralov [Optimal sizes of pelagic trawls] // Rybnoe khozaystvo. № 3. S. 48–50.
- Karpenko Eh.A., Lapshin O.M., Gerasimov Yu.V. 1997. Ehksperimental'nye issledovaniya povedeniya ryb pri vzaimodejstvii s ehlementami tralov v model'nykh

- usloviyakh [Experimental studies of fish behavior when interacting with trawl elements under model conditions] // *Voprosy ikhtiologii*. T.37. № 2. S. 253–260.
- Kollegiya Rosrybolovstva*. Mat. k zasedaniyu kollegii po voprosu: «Itogi deyatel'nosti Federal'nogo agentstva po rybolovstvu v 2018 godu i zadachi na 2019 god [Rosrybolovstvo Collegium. Materials for the meeting of the Collegium on the issue: «Results of the activities of the Federal Agency for Fisheries in 2018 and tasks for 2019»]. Accessible via: <http://fish.gov.ru/press-tsentr?catid=0&id=5>. 11.10.2019.
- Korotkov V.K.* 1998. Reaktsiya ryb na tral, tekhnologiya ikh lova [The reaction of fish to the trawl, the technology of their catch]. Kaliningrad: EHKB AO «MARINPO». 398 s.
- Korotkov V.K., Kuz'mina A.S.* 1972. Tral, povedenie ob'ekta lova i podvodnye nablyudeniya za nimi [Trawl, fishing object behavior and underwater observations]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 270 s.
- Kuznetsov M. Yu.* 2011. Distsantsiya reagirovaniya razlichnykh vidov ryb na gidroakusticheskie shumy promyslovyykh i nauchno-issledovatel'skikh sudov i dopustimye urovni shuma [Distance of response of various fish species to hydroacoustic noises of fishing and research vessels and permissible noise levels] // *Izvestiya TINRO*. T. 164. S. 157–176.
- Kuznetsov Yu.A., Kuznetsov M. Yu.* 2007. Obosnovanie i razrabotka metodov i sredstv promyslovoj bioakustiki [Substantiation and development of methods and means of commercial bioacoustics]. Vladivostok: Izd-vo Dal'rybvtuz. 339 s.
- Lebedev E.A.* 1972. Vliyaniye dliny kabelej na vylov ryby [Effect of cable length on fish catch] // *Rybnoe khozyajstvo*. № 6. S. 55–56.
- Mel'nikov V.N.* 1979. Biotekhnicheskoe obosnovanie pokazatelej orudij i sposobov promyshlennogo rybolovstva [Biotechnical substantiation of indicators of tools and methods of industrial fishing]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 376 s.
- Mel'nikov V.N.* 1973. Biofizicheskie osnovy promyshlennogo rybolovstva [Biophysical Foundations of Commercial Fisheries]. M.: Pishchepromizdat. 319 s.
- Mizyurkin M.A., Mizyurkina A.V., Tatarnikov V.A., Pak A.* 2004. Raznovidovoy promysel [Various fishing]. Vladivostok: TINRO-TSentr. 139 s.
- Obvintsev A.L.* 1975. O vzaimodejstvii ob'ekta lova s tralom [About interaction of a fishing object with a trawl] // *Rybnoe khozyajstvo*. № 1. S. 48–51.
- Pelagicheskie ryby* (sajra, sardina, skumbriya) – putinnyj prognoz na 2018 god. 2018 [Pelagic fish (saury, sardine, mackerel) – fishing season forecast for 2018]. Vladivostok: TINRO-TSentr. 68 s.
- Polyanichko V.I.* 2017. Osobennosti vertikal'nogo raspredeleniya i povedeniya yaponskoj skumbrii i dal'nevostochnoj sardiny po dannym gidroakusticheskikh issledovaniy 2015–2016 gg. [Peculiarities of vertical distribution and behavior of Japanese mackerel and Far Eastern sardine according to hydroacoustic research data in 2015–2016] // «Sovremennye problemy i perspektivy rybokhozyajstvennogo kompleksa». Mat. V nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh s mezhd. uchastiem. Tez. dokl. Moskva, 17–18 aprelya 2017 g. M.: Izd-vo VNIRO. S.221–227.
- Sostoyaniye promyslovyykh resursov*. 2019. Prognoz obshchego vylova gidrobiontov po Dal'nevostochnomu rybokhozyajstvennomu bassejnu na 2019 g (kratkaya versiya) [Forecast of the total catch of aquatic organisms in the Far Eastern fishery basin for 2019 (short version)]. Vladivostok: Izd-vo TINRO. 448 s.
- Fridman A.L.* 1969. Teoriya i proektirovaniye orudij promyshlennogo rybolovstva [Theory and Design of Commercial Fishing Tools]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 568 s.
- Shevchenko A.I.* 1972. Osobennosti tralovogo lova pelagicheskikh skoplenij skumbrii [Features of trawl fishing for pelagic mackerel aggregations] // *Rybnoe khozyajstvo*. № 5. S. 44–46.
- Shevchenko A.I., Bojtsov A.N., Kiselev A.L.* 1976. Obosnovanie konstruktssii raznoglubin'nogo trala [Justification of the design of the midwater trawl] // *Promyshlennoe rybolovstvo*. Vyp. 6. Vladivostok: Izd-vo TINRO. S. 22–27.
- He P., Wardle C.S.* 1988. Endurance at intermediate swimming speeds of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, herring, *Clupea harengus* and saithe *Pollachius virens* // *J. Fish Biol.* Vol. 33. P. 255–266.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Traction and speed characteristics of ships, kN

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Total catch of sardines in 2016 and 2017, in tons

Fig. 2. Total catch of mackerel and catch every decade in 2016 and 2017, in tons

Fig. 3. Zones of behavioral reactions in pair trawling [Melnikov, 1979]

Fig. 4. Fragment of echogram with estimates of the abundance and biomass of stocks of mixed clusters of sardine and mackerel [Polyanichko, 2017].

Fig. 5. Diagram of zones affecting the distance between twin ships