

С. Н. Хусаинова, А. В. Мельников, Д. А. Окунев

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РЫБЫ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ РАЗНОГЛУБИННОГО ТРАЛА

Исследовалось поведение и распределение рыбы на разных этапах лова разноглубинными тралами с целью повышения эффективности лова с учетом того, что помимо поведения рыбы существенное влияние на эффективность тралового лова оказывают параметры разноглубинных тралов и режимов траления. Описаны виды скопления объектов лова при разноглубинном траловом лове. Оценка поведенческих реакций в естественных условиях проводилась с учетом характера и плотности скопления рыбы, особенностей их перемещения и глубины расположения. Уточнен характер поведения объекта лова в зоне действия акустических и гидродинамических полей судна. Отмечается, что, несмотря на незначительное действие полей оснастки передней части трала на рыбу, направляющее и ограничивающее действие полей, благодаря большому объему этой части трала, достаточно для предотвращения ухода рыбы из орудия лова, что может увеличить эффективность лова. Описаны условия уменьшения ухода объекта промысла из зоны мелкоячейной и крупноячейной частей трала. Показано, что для управления поведением рыбы в зоне мелкоячейной части трала для достижения максимальной эффективности лова необходимо принимать некоторую среднюю скорость траления. Эффективность лова, связанная с поведением рыбы в траловом мешке, зависит в основном от его селективных свойств и, соответственно, от параметров, определяющих селективность (рабочий размер ячеи, относительное удлинение ячеи, биометрические характеристики тела рыбы, размерный и видовой состав облавливаемых скоплений, интенсивность поступления рыбы в траловый мешок, величина улова). В ходе исследования уточнены эмпирические зависимости, описывающие изменения параметров перемещения косяка рыб под влиянием внешних условий.

Ключевые слова: орудие лова, объект лова, поведение рыбы, гидродинамические и акустические поля, раскрытие трала, высота скопления рыб, скорость траления, эффективность лова, селективные свойства тралового мешка.

Введение

Поведение и распределение рыбы на разных этапах лова разноглубинными тралами отличается определенными особенностями, которые могут повлиять на эффективность лова.

При лове разноглубинными тралами выделяют несколько этапов, каждому из которых соответствуют определенные характерные участки зоны действия орудия лова, ряд воздействий на объект лова, особенности ухода рыбы из зоны облова [1].

По типу реакций объекта лова выделяют следующие этапы лова:

- объект лова находится вне зоны воздействия трала;
- объект лова находится в зоне воздействия промыслового судна (воздействуют акустические, гидродинамические и световые поля контрастов судна);
- объект лова находится в зоне преимущественного действия ваеров (действуют в основном гидродинамические поля ваеров и, в меньшей степени, поля судна);
- объект лова находится в зоне преимущественного действия траловых досок (действуют в основном поля досок и, в меньшей степени, поля ваеров и судна);
- объект лова находится в зоне преимущественного действия кабелей трала (действуют в основном поля кабелей и досок);
- объект лова находится в предутьевом пространстве трала;
- объект лова находится в крупноячейной части трала;
- объект лова находится в мотне трала;
- объект лова находится в кутке трала.

Целью нашего исследования стало изучение поведения и распределения рыбы на различных этапах лова разноглубинными тралами.

Поведение объекта лова на разных этапах тралового лова

Поведение рыбы в естественных условиях. Для оценки поведенческих реакций в естественных условиях прежде всего необходимо знать характер и плотность скоплений рыбы, особенности их перемещения и глубину расположения скоплений.

При разноглубинном траловом лове встречаются скопления объектов лова различных видов:

- в виде слоя рыбы, с высотой, не превышающей вертикальное раскрытие трала, и горизонтальными размерами, превышающими горизонтальное раскрытие трала;
- в виде отдельных косяков с горизонтальными и вертикальными размерами, сопоставимыми с горизонтальным и вертикальным раскрытием трала;
- скопления рыбы с горизонтальными и вертикальными размерами, существенно превышающими горизонтальное и вертикальное раскрытие трала;
- промысловые из-за небольших размеров скопления.

В 85–90 % случаев встречаются скопления в виде слоя рыбы ограниченной высоты. Высота скоплений этого вида может быть от нескольких метров до размеров, сопоставимых с вертикальным раскрытием трала.

Чаще всего высота скоплений составляет менее 30–40 м. Это обусловлено тем, что объекты разноглубинного лова при дневном и сумеречном режиме освещенности на глубине лова (10^{-4} – 10^{-5} лк) обычно придерживаются слоя с определенным диапазоном освещенности. Таким образом, уровень освещенности и прозрачность воды в основном и определяют высоту скоплений. Высота слоя описывается соотношением

$$H = 1,4X_c \lg \frac{E''}{E'}$$

где X_c – прозрачность воды по диску Секки, м; E'' и E' – нижняя и верхняя границы диапазона освещенности, предпочитаемой рыбой.

Анализ показал, что модальная высота скоплений рыб обычно составляет 1,0–1,5 X_c , причем для 80 % скоплений рыб высота не превышает 2,0–2,5 X_c . В случаях затрудненной зрительной ориентации (например, ночью), диапазон глубин, на котором располагается рыба, несколько расширяется.

Скопления пелагических рыб могут иметь разную плотность в различных частях косяка. Горизонтальные и вертикальные размеры косяков достигают соответственно 400–500 и 150–200 м.

Плотность скоплений пелагических рыб, в зависимости от вида объекта лова, может изменяться от нескольких граммов на 1 м^3 до 0,5–5,0 $\text{кг}/\text{м}^3$. Средняя концентрация рыб в промысловых скоплениях при траловом лове обычно составляет от 1 до 10 $\text{г}/\text{м}^3$.

По характеру перемещения облавливаемых скоплений рыб различают малоподвижные скопления и скопления, совершающие разнонаправленные перемещения. Скорость перемещения рыбы при горизонтальных миграциях зависит от вида миграции. Наиболее высокая скорость миграций, составляющая 1–4· l м/с (l – длина рыбы), отмечена в случаях нерестовых, кормовых и зимовальных перемещений. Максимальная скорость на отдельных участках миграций может достигать 2–3 м/с. Существуют очень медленные миграции морских рыб, обусловленные изменением температурного режима водоема, постепенным расходом кормовой базы, а также миграции внутри ограниченного района. Скорость пассивной миграции, например, из-за сноса течением, сопоставима со скоростью течения.

Вертикальные перемещения рыб обусловлены в первую очередь изменением освещенности в водоеме, например, при смене дневного и ночного режимов. Скорость вертикальных перемещений может изменяться от 0,005 до 0,025 м/с и определяется соотношением

$$V_v = \frac{7,4 \cdot 10^{-5}}{\alpha_v} \cos \varphi \cos S_0 \sin 15(T - 12),$$

где α_v – показатель вертикального ослабления света водой; φ – широта района промысла; S_0 – склонение солнца; T – время лова, которое отсчитывают от 12 часов дня.

Если объект лова в силу своих предпочтений придерживается глубин с сумеречным световым режимом, то в момент времени T он располагается на глубине

$$H = \frac{a[\sin 15(T - 12) \cos \varphi \cos S_0 + \sin \varphi \sin S_0 + \sinh I] - \lg E_B}{\alpha_B}, \quad (1)$$

где E_B – средняя освещенность, которую предпочитает рыба; a – эмпирический коэффициент, который принимают равным 9,0 для ясной погоды и 8,0 для пасмурной.

Поскольку глубина расположения объекта лова зависит от многих факторов, в ряде случаев формула (1) может давать погрешность.

Поведение рыбы в зоне действия полей судна. На этом этапе поведение объекта лова обусловлено в основном влиянием на рыбу акустических и гидродинамических полей судна. Такое влияние особенно заметно, если расстояние от скопления рыбы до судна составляет не более 70–100 м по глубине и 200–300 м по горизонтали.

Степень и тип реакции на судно, кроме интенсивности физических полей, зависят от видовых особенностей акустической и зрительной ориентации рыбы, периода годового жизненного цикла и ряда других факторов. Реакцией большинства пелагических рыб является погружение со средней скоростью 0,4–0,5 м/с. Однако первоначальная скорость погружения может составить от 0,6–0,8 до 1,0–1,5 м/с. Средняя глубина погружения, как правило, не более 20–30 м, причем в мелководных районах она ограничивается грунтом. По мере удаления судна, рыба, в большинстве случаев, возвращается на прежние глубины со скоростью, меньшей скорости погружения.

Заныривание косяка при прохождении над ним судна приводит к увеличению ошибки наведения трала и, соответственно, к уменьшению обловленного объема скопления. Лишь при погружении облавливаемых скоплений до грунта ошибка наведения уменьшается, однако работа пелагического трала у грунта не всегда возможна из-за вероятности зацепов и порывов. Вместе с тем при погружении обычно уменьшается высота скоплений и, соответственно, увеличивается их плотность. Таким образом, в ряде случаев воздействие полей судна на объект лова может вызвать увеличение эффективности лова.

Поведение рыбы в зоне ваеров и траловых досок. Поведение рыбы на этапах лова, связанных с прохождением между ваерами, траловыми досками и кабелями, обычно слабо влияет на результаты лова из-за незначительных размеров зоны действия этих элементов трала и расположения их физических полей частично вне зоны облова.

Однако, в ряде случаев, например, когда траловые доски идут на уровне верхней подборы разноглубинного трала, нижние кабели расположены на уровне хода трала, гидродинамические поля траловых досок и кабелей несколько расширяют горизонтальные размеры зоны облова. Это расширение невелико, т. к. зона действия вихревых шлейфов от траловых досок, в зависимости от их размеров, конструкции и угла атаки, достигает 100–120 м, но их направляющее действие на объект лова часто нивелируется тем, что при обычной длине кабелей 100–150 м между вихревыми шлейфами и крыльями трала образуются зазоры в гидродинамическом поле, через которые рыба может уйти из зоны облова. Гидродинамический след от кабелей значительно слабее, чем от досок. Длина гидродинамического следа превышает 20–25 м, и он также оказывает лишь незначительное влияние на зону облова трала.

Поведение рыбы в предустьевом пространстве трала. В пространстве перед устьем разноглубинных тралов основное влияние на рыбу оказывают световые поля контрастов и гидродинамические поля оснастки передней части трала.

Дальность видимости щитков, кухтылей и других элементов оснастки устья трала для дневного режима освещения на глубине лова в среднем составляет 7–12 м, а зона действия гидродинамических полей – 3–6 м. Дистанция активной реакции рыбы на элементы оснастки при дневном режиме освещения на глубине лова может достигать 4–10 м, но не превышает значения дальности видимости для этих условий. При переходе к сумеречному режиму освещенности дальность видимости элементов оснастки устья трала снижается до 1–2 м, а при переходе к ночному световому режиму падает до нуля. В этом случае основное влияние начинают оказывать гидродинамические поля избыточного давления элементов оснастки, а дальность активной реакции рыбы падает до 1–2 м.

Поведение рыбы в зоне крупнейшей оболочки передней части трала. Реакция рыбы на физические поля оболочки устья трала приводит к уменьшению эффективного объема устья

и, соответственно, к некоторому снижению эффективности лова. С другой стороны, эти же поля препятствуют уходу рыбы через оболочку. Влияние физических полей оболочки устья трала выше при работе небольшими тралами. Это связано, в том числе, с меньшим размером ячее оболочки таких тралов. В условиях зрительной ориентации, особенно при облове больших скоплений рыб, реакция рыбы на поля оболочки устья трала заметно повышает эффективность лова за счет снижения ухода объекта промысла из трала.

Уход рыбы из предустьевого пространства трала возможен несколькими путями:

- под нижнюю подбору;
- над верхней подборой;
- через канатные связи крыльев;
- путем опережения трала.

В условиях дневного светового режима при облове подвижных, не очень плотных скоплений, особенно велика вероятность ухода рыбы из предустьевого пространства трала под нижнюю подбору. Уход рыбы увеличивается с уменьшением площади устья трала. В случае недостаточной скорости траления возрастает уход рыбы путем опережения трала.

Передняя часть современных крупных тралов изготавливается, как правило, из веревочно-канатных элементов и имеет крупную ячею, которая в статике не является препятствием для рыбы. Тем не менее она выполняет задерживающие и направляющие функции.

Это связано с действием на рыбу гидродинамических полей, световых полей контрастов и акустических полей оболочки движущегося трала. Контактные воздействия оболочки трала при больших расстояниях между канатными элементами не имеют значения. Акустические поля оболочки трала, по сравнению с акустическими шумами водоема, акустическими полями траловых досок и оснастки передней части трала, невелики и также не оказывают заметного влияния на поведение рыбы.

В передней части трала наибольшее влияние на объект лова оказывают гидродинамические поля скоростей и давлений оснастки устья трала и оболочки трала. При обычном угле атаки оболочки порядка $5-10^\circ$ часть поля скоростей расположена внутри оболочки. Толщина этого поля не превышает 1,5 м. При попытке прохода через оболочку рыба попадает сначала во внешнюю часть пограничного слоя. Скорость потока здесь направлена в сторону, противоположную направлению движения трала. Нахождение в этом слое вызывает у рыбы реореакцию, в результате чего рыбы ориентируются головой в сторону устья трала и перемещаются в том же направлении. Значительное количество рыб проходит сквозь внешнюю часть пограничного слоя и попадает в его внутреннюю часть. Скорость потока и скорость траления здесь по направлению совпадают. В этой зоне у одной части рыб возникает реореакция, вызывающая их перемещение в сторону тралового мешка, у другой – оптомоторная реакция, приводящая к движению рыбы в попутном потоке за оболочкой.

В работах В. Р. Протасова [2] и Е. Е. Вишневецкого [3] отмечено, что механизм оптомоторной реакции часто оказывается сильнее механизмов реореакции, а скорость попутного потока достигает 40–50 % от скорости траления. Соответственно, скорость абсолютного перемещения рыбы, обусловленная оптомоторной реакцией, достигает $12-14 l$ м/с (l – длина рыбы), т. е. больше, чем максимальные значения скорости рыбы.

Структура гидродинамического поля, созданного оболочкой трала, по длине очень неоднородна. На входе в трал гидродинамические поля оболочки практически отсутствуют. Здесь отмечаются в основном гидродинамические поля от подбор и оснастки устья трала. По мере удаления от устья влияние гидродинамических полей этих элементов уменьшается и на расстоянии 15–25 м преобладают гидродинамические поля самой оболочки. Ближе к траловому мешку интенсивность гидродинамических полей оболочки увеличивается за счет уменьшения размера ячее оболочки и диаметра сетной части. Гидродинамическое поле распределяется неоднородно и внутри ячее, образующих оболочку. В передней части трала, где расстояние между веревочно-канатными элементами достаточно велико, внутри ячее могут оказаться площадки с достаточно малой интенсивностью гидродинамического поля, при которой поле не способно выполнять направляющие и задерживающие функции.

Гидродинамические поля давлений оболочки трала и механизм их действия на рыбу, в отличие от гидродинамических полей скоростей, изучены хуже. Однако очевидно, что поля избыточных давлений оболочки снижают вероятность ухода рыбы из трала.

Путей ухода рыбы из передней крупноячейной части разноглубинных тралов два – через оболочку и через устье. Уход через оболочку в условиях зрительной ориентации и невысокой скорости траления, как правило, не превышает 10–15 %. Однако уход может существенно увеличиться в случае ночного светового режима на глубине лова и при высокой скорости траления. Выход рыбы через устье трала наблюдается в основном в условиях зрительной ориентации, при скорости траления на 15–20 % меньшей максимальной скорости объекта лова.

Поведение рыбы в зоне мелкоячейной оболочки средней части трала. Гидродинамические и световые поля контрастов оболочки в средней части трала значительно интенсивнее, и их влияние сказывается во всем объеме этой части трала. Соответственно, поведение рыбы в этой зоне существенно отличается от ее поведения в передней части трала. В этом случае характерны попытки рыб пройти через ячейку, попытки разворота и перемещения в сторону устья трала, перемещение в сторону тралового мешка под воздействием вновь поступающей рыбы.

В конце передней части трала на поведение рыбы заметно влияют условия зрительной ориентации. Вероятность ухода рыбы через ячейку сетного полотна и разворота в направлении устья на этом участке трала повышается при дневном и сумеречном световом режиме.

На вероятность ухода рыбы из мелкоячейной части трала путем прохождения через ячейку заметно влияют угол конусности оболочки, скорость траления и размер ячейки. Оптимальный угол конусности составляет 7–8°. При этом гидродинамическое поле оболочки в основном находится внутри трала, а вероятность «выталкивания» через ячейку соседними рыбами сравнительно невелика.

На поведение рыбы в этой части трала влияет скорость траления. В этой зоне многие рыбы, чувствуя опасность, пытаются развернуться и начать двигаться в сторону устья. При недостаточной скорости траления они могут выйти из трала. В случае увеличения скорости траления в этой зоне образуется сильное поле избыточных давлений (так называемый подпор), которое мешает перемещению рыбы в мешок трала. Увеличенная скорость траления повышает вероятность «выдавливания» рыбы через ячейку вновь подходящими рыбами, несмотря на повышенную интенсивность гидродинамического поля. Поскольку увеличение скорости траления оказывает двойное влияние на вероятность ухода рыбы в этой зоне, для достижения максимальной эффективности лова необходимо принимать некоторую среднюю скорость.

Поведение рыбы в траловом мешке. Эффективность лова, связанная с поведением рыбы в траловом мешке, зависит в основном от его селективных свойств и, соответственно, от параметров, определяющих селективность. К таким параметрам необходимо отнести прежде всего рабочий размер ячейки, относительное удлинение ячейки, биометрические характеристики тела рыбы, размерный и видовой состав облавливаемых скоплений, интенсивность поступления рыбы в траловый мешок, величину улова.

Селективные свойства тралового мешка во многом определяют общие результаты траления в отношении прилова рыб непромысловых размеров, ухода через ячейку рыб промысловых размеров, доли рыб, обьяченных сетным полотном, и доли рыб, погибающих после ухода через ячейку. Правила регулирования рыболовства ограничивают только прилов рыб непромысловых размеров. При его обычной величине 5–10 % уход через ячейку рыб промысловых размеров часто превышает 15–20 %, а иногда достигает 50–70 %, что может сделать лов малоэффективным.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования были получены следующие результаты:

- рассмотрены особенности поведения и распределения рыбы на разных этапах лова разноглубинными тралами;
- показано существенное влияние поведения рыбы, параметров разноглубинных тралов и режимов траления на эффективность тралового лова;
- приведены эмпирические зависимости, описывающие параметры перемещения косяка рыб в зависимости от внешних условий.

Результаты исследования могут быть использованы в деятельности конструкторских организаций при проектировании новых и совершенствовании существующих тралов, а также в деятельности научных и учебных организаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В. Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства. М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1983. 216 с.
2. Протасов В. Р. Поведение рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1978. 295 с.
3. Вишневецкий Е. Е. О скоростях попутного потока, создаваемого движущейся рыболовной сетью // Рыбное хозяйство. 1969. № 9. С. 49–52.

Статья поступила в редакцию 22.06.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хусаинова Светлана Николаевна – Россия, 414056, Астрахань, Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры аквакультуры и рыболовства; khusainova-91@mail.ru.

Мельников Александр Викторович – Россия, 414056, Астрахань, Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры аквакультуры и рыболовства; alex_meln@list.ru.

Окунев Дмитрий Алексеевич – Россия, 414056, Астрахань, Астраханский государственный технический университет; студент, направление подготовки «Промышленное рыболовство»; kober94@bk.ru.



S. N. Khusainova, A. V. Melnikov, D. A. Okunev

**FEATURES OF FISH BEHAVIOR
IN THE ACTION ZONE OF MIDWATER TRAWL**

Abstract. Researches in the field of behavior and distribution of fish at different stages of fishing were conducted using midwater trawls in order to increase fishing efficiency, subject to the fact that, besides fish behavior, parameters of midwater trawls and types of trawling affect the efficiency of trawling. Congestions of catch objects at midwater trawling have been described. Evaluating the behavior reactions of fish under natural conditions was investigated accounting the nature and density of fish schools, their manner of migration and the depth of location. The behavior pattern of an object of catch in the acoustic and hydrodynamic areas of the vessel has been specified. Despite insignificant impact of fields of the tackle in the front part of a trawl on fish, the directing and restrictive action of fields due to the big volume of this part of the trawl is enough to prevent fish escaping from the fishing gear, which could increase catch efficiency. There have been described the conditions for decreasing fish escape from fine meshed and wide meshed parts of the trawl. It was shown that to regulate the fish behavior in the fine meshed part of the trawl and to obtain maximum efficiency of fishing, it is important to trawl with average speed. Catch efficiency is linked to fish behavior in the trawl bag and depends generally on its selective properties and parameters that determine selectivity (operating size of a mash, relative mash extension, biometric parameters of fish body, size and species composition of schools, intensity of fish entering the trawl bag, catch amount). In the course of the research there have been specified the empirical dependences describing parameters of movement of fish schools under the external conditions.

Key words: fishing gear, object of fishing, fish behavior, hydrodynamic and acoustic field, disclosure of the trawl, height of the clusters of fish, speed of trawling, effectiveness of fishing, selective properties of the trawl bag.

REFERENCES

1. Mel'nikov V. N. *Biotehnicheskie osnovy promyshlennogo rybolovstva* [Biotechnological grounds of the commercial fishery]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost' Publ., 1983. 216 p.

2. Protasov V. R. *Povedenie ryb* [Fish behavior]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1978. 295 p.
3. Vishnevetskii E. E. O skorostiakh poputnogo potoka, sozdavaemogo dvizhushcheisia rybolovnoi set'iu [On the problem of the speed of the tail flow created by a moving fishing net]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1969, no. 9, pp. 49-52.

The article submitted to the editors 22.06.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Khusainova Svetlana Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Aquaculture and Fishery; khusainova-91@mail.ru.

Melnikov Alexander Viktorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Aquaculture and Fishery; alex_meln@list.ru.

Okunev Dmitry Alekseevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student, training area "Industrial Fishery"; kober94@bk.ru.

