

Обвинцев А.Л. 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыбное хозяйство. № 1.— С. 48–51.

Сергеев Ю.С. 1979. Основы теории лова ставными неводами и тралами.— М.: Пищевая промышленность.— 142 с.

Серебров Л.И., Понков Г.В. 1982. Определение коэффициента уловистости донного трала с помощью БПА «Тетис» // Рыбное хозяйство. № 8.— С. 59–61.

Фридман А.Л. 1981. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства.— М.: Легкая и пищевая промышленность.— 328 с.

УДК 639.2.081.117.004.17:639.223.5

Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры его облавливаемых скоплений

Э.А. Карпенко (ВНИРО)

Оценка уловистости трала проводится на основе известных стереотипов поведения рыбы в орудии лова, все параметры которого известны [Карпенко и др., 1997].

Процесс лова рыбы любым отцеживающим орудием включает захват скопления, направление в удерживающую часть, а затем в зону накопления, из которой впоследствии улов попадает на судно. Результативность добычи на каждом из этих этапов зависит как от поведения объекта, так и от конструктивных особенностей орудий лова и временных факторов, режимов работы.

Подводные наблюдения показывают [Коротков, Кузьмина, 1972; Обвинцев, 1975], что независимо от вида рыба ведет себя в зоне действия трала в целом одинаково: в устьевой части не испытывает особого беспокойства, затем по мере прохода в сужающуюся часть трала ее беспокойство возрастает и достигает такой степени, что она предпринимает отчаянные попытки уйти из облавливаемого пространства. Практически на всех этапах прохождения вдоль трала особи ориентированы головой в сторону устья (к выходу).

Известен эффект «воронки», когда в трал входит водо-рыбной смеси больше, чем ее может пропустить сливное отверстие — «куток». Поэтому для эффективной работы трала должен обеспечиваться перевод облавливаемой рыбы последовательно из одной зоны в другую во избежание перемещения объекта в обратном направлении. В идеальном случае интенсивность поступления рыбы в трал при установившемся режиме облова во всех зонах должно быть одинаковой [Обвинцев, 1975].

Пространство облова было нами разграничено на зоны исходя из особенностей поведения рыбы и отличительных черт рассматриваемой части пространства облова. При этом характеристикой зоны является степень изоляции скопления от окружающего пространства, а характеристиками поведения служат наличие той или иной реакции и возможность ее осуществления.

Облавливаемое пространство можно условно разделить на четыре зоны. **Зона спугивания**, располагающаяся от досок до сечения по центру верхнего гужа характеризуется тем, что косяк рыбы здесь не полностью изолирован элементами траловой системы от остального пространства: имеется возможность ухода вверх, между шлейфами досок и крыльями и т.д. В отличие от зоны спугивания в зоне, начиная от гужа до некоторого сечения траловой оболочки, косяк уже полностью изолирован от окружающей среды, рыба может уйти через поверхность орудия, но удерживается за счет сохранения у особей оборонительной реакции.

В этой зоне в результате сужения конуса трала происходит уплотнение косяка, т.е. ее можно назвать **зоной захвата**.

В момент, когда плотность косяка достигнет предела, рыба перестает отпугиваться траловой оболочкой и проявляет стремление через нее уйти. Если размер ячеи позволяет, то рыбы выходят из трала или объеживаются. Часть трала, в которой рыбы проявляют сильное беспокойство, получила название «критическая зона», а сечение трала в этом месте «критическое» [Карпенко и др., 1977]. Естественно, если шаг ячеи препятствует уходу рыбы, то после «критического» сечения (начала **зоны удержания**) у рыбы остается только одно направление возможного выхода из удерживающего пространства — вперед по направлению движения трала. Очевидно, что «критическая зона» возникает тогда, когда степень сжатия косяка начинает стеснять или ограничивать имевшиеся ранее возможные направления движения, например, разворот с минимальным диаметром циркуляции.

Зона удержания заканчивается наименьшим раскрытием трала — сечением цилиндрической части мешка. К этому моменту теснота рыб в скоплении может достичь предельного значения, при котором особи, если и сохраняют возможность движения, то только вперед по направлению траления (**зона накопления**).

Изложенный принцип разграничения трала на зоны, исходящий из особенностей поведенческой реакции и ограничения степеней свободы перемещения рыбы, легко объясняет такие явления, как, например эффект «воронки», который, несомненно, появится, если теснота рыб в скоплении достигнет критического значения до подхода мелкаячейной части трала либо цилиндрической части мешка.

В зависимости от размеров косяка и его начальной плотности критическое и предельное значения тесноты могут располагаться на разных расстояниях от начала зоны захвата (гужа). Например, если уже начальная плотность косяка будет равна предельной, то никакого сжатия скопления не произойдет, и улов может составить только доля, «вырезанная» предельным сечением трала. И наоборот, может оказаться начальная плотность скопления настолько малой, что даже в цилиндрической части мешка теснота не достигнет предельного значения. Из примера следует, что показатель уловистости трала при облове косяков разных размеров и плотности для одного и того же трала может оказаться различным.

Улавливающая способность зоны захвата зависит от ряда факторов, среди которых наиболее важное значение имеют следующие:

- скорость и направление движения косяка до попадания в зону захвата;
- размеры и пространственное расположение косяка;
- квалификация и опыт судоводителей;
- оснащенность судна гидроакустическими приборами и их совершенство;
- скорость траления;
- соотношения размеров и раскрытий трала в различных нормальных сечениях с размерами скопления, а также конструкция элементов трала (доски, кабели и т.д.).

Из перечня факторов видно, что все они, за исключением последнего, практически не имеют к конструкции трала никакого отношения. Об этом свидетельствует практика совместной работы судов разных типов в одном районе и на одном объекте, когда суда меньшей мощности имеют уловы не меньше, чем супертраулеры. Об этом же свидетельствуют суточные данные об уловах однотипных судов, в которых разница в уловах обычно колеблется порой от 30 до 50%. Совсем иначе обстоит дело с конструкциями непосредственно тралов. Неоднократные испытания тралов и сравнение их уловов показывают, что при практически равных раскрытиях устья и одинаковой оснастке тралов уловистость изменяется в значительном диапазоне.

Учитывая эти обстоятельства, была предпринята попытка определить такую форму зон захвата, удержания и накопления, при которой исключается выход рыбы через поверхность оболочки трала. Тогда, приняв эту форму за эталон и сравнивая ее с формой реальных тралов, можно рассчитать выход рыбы из этих зон действия, т.е. оценить общую и дифференцированную (по длине или возрас-

ту) уловистость трала, определить массу и размерно-массовый состав облавливаемых скоплений и изучить влияние на уловистость конструктивных элементов и режима буксировки трала.

Поставленная задача реализована при наличии двух видов информации:

- технической документации на трал и показателей режима траления;
- эксплуатационно-биологических данных (улов за траление, продолжительность траления, начальная высота скопления, размерно-массовый состав пробы из улова, отношение высоты тела рыбы к ее длине, дистанция реагирования объекта на детали орудия).

Формирование эталонной формы осуществлялось при следующих предпосылках:

- тяга судна не ограничена;
- ядро (центр) скопления при подходе к главному сечению (гужа) находится на оси симметрии трала;
- раскрытия поперечных сечений от главного сечения до предельного гарантируют прохождение скопления с учетом его сжатия;
- наибольшая степень сжатия скопления в любом сечении не превышает предельной.

Дифференцированные по длинам l_i или возрастам T^+ рыб коэффициенты уловистости φ_i определяются как произведение коэффициентов захвата ψ_{1i} , удержания в критической зоне ψ_{2i} и селективности ψ_{3i} .

Коэффициент захвата определен как функция максимальной скорости рыбы длиной l_p , скорости траления, размеров косяка, дистанции реагирования на детали орудия лова, раскрытий трала.

Среднее значение коэффициента захвата выражается следующим образом:

$$\psi_{1i} = 2V/V_{li} - 1,$$

где V — скорость траления, м/с; V_{li} — максимальная скорость рыбы длиной l_p , м/с.

Максимальная скорость рыб может быть определена для тресковых рыб по формуле Н.Н. Андреева [Обвинцев, 1975]:

$$V_{li} = (3l_i + 0,65).$$

Коэффициент удержания является функцией длины, вертикальной и горизонтальной скоростей перемещения рыб от сетного полотна к оси трала, высоты и ширины скопления в данном сечении оболочки трала, а также геометрических характеристик секций трала (раскрытий, шага ячеи, коэффициентов раскрытия ячеи, углов атаки сетного полотна).

Определение коэффициентов удержания в той или иной части проведено путем сравнения формы эталона (траектории рыбы данного размера, находящейся на границе скопления вдоль трала) с формой трала в данном сечении, т.е. условия $\gamma_p < \gamma_{mp}$ (γ_p — угол наклона траектории рыбы к оси трала; γ_{mp} — угол атаки сетного полотна).

При этом принято, что рыбы каждого размера имеют равную вероятность оказаться на краю скопления, а скорость вертикального и горизонтального перемещения (сжатия косяка) по оси трала равна нулю.

Расчет параметров сжатия косяка по нормальным сечениям оболочки трала производился по формулам:

$$h_j = h_{j-1} \times \exp[-(V_{2j}/V) \times (x_j/h_{j-1})]$$

$$b_j = b_{j-1} \times \exp[-(V_{3j}/V) \times (x_j/b_{j-1})],$$

где h_j и b_j — половина высоты и ширины косяка и j -том сечении (отсчет $j = 0, 1, 2, 3 \dots n$ ведется от сечения по верхнему гужу); Δx_j — горизонтальное расстояние между сечениями; v_{2j} и v_{3j} — вертикальная и горизонтальная скорости перемещения рыбы от сетного полотна к оси трала при сжатии косяка соответственно, м/с. С учетом обеспечения условий сгона рыб от оболочки трала к его оси эти скорости приняты равными:

$$V_{2(3)} = [V \sin \gamma \cos (90^\circ + \gamma)] / [\sin (270^\circ - \gamma) / 2],$$

где — угол атаки верхней (нижней) или боковой пластины трала.

Следует отметить, что указанные скорости ухода рыб от сетного полотна хорошо согласуются с результатами исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами тралов в модельных условиях [Карпенко и др., 1977]:

$$V_2 = 0,72h_0 V \operatorname{tg} \gamma_{\sigma} / 0,72h_0 + r;$$

$$V_3 = 0,72b_0 V \operatorname{tg} \gamma_{\varepsilon} / 0,72b_0 + r,$$

где h_0 и b_0 — половина высоты и ширины коска рыбы в устье трала соответственно; r — дистанция реакции объекта лова (минтая) на детали орудия лова, принята равной 1,5 м [Коротков, Кузьмина, 1972; Белов и др., 1987].

Коэффициент удержания определялся следующим образом:

$$\psi_2 = \psi_{2\varepsilon} \times \psi_{2\sigma},$$

где $\psi_{2\varepsilon}$ и $\psi_{2\sigma}$ — коэффициенты удержания рыб в горизонтальной и вертикальной плоскостях трала соответственно. Эти коэффициенты определяются отношением площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от критического сечения до цилиндрического сечения кутка ко всей площади горизонтальной (вертикальной) проекции трала от нулевого сечения (по гужу) до сечения по кутку:

$$\psi_{2\varepsilon} = [b_0 \exp(-V_{3j}/V \times x_j/b_{j-1}) + r] \times (L_{mp} - L_x) / (b_0 + d_p + r) \times L_{mp}$$

$$\psi_{2\sigma} = [h_0 \exp(-V_{2j}/V \times x_j-1) + r] \times (L_{mp} - L_x) / (h_0 + d_p + r) \times L_{mp}.$$

Отсев рыб через ячейу аккумулярующей зоны трала (мешка) определялся по формуле:

$$\psi_{3i} = 1 / 1 + \exp[l_{max}(l_{50\%} - l_i) / l_{min} \times a],$$

где l_{max} , l_{min} , $l_{50\%}$ — длина рыб в улове максимальная, минимальная и длина, при которой отсеивается 50% рыб соответственно; a — шаг ячеей.

Длина рыб при отсеиве 50%

$$l_{50\%} = k_s B \cong 2ak_s,$$

где k_s — коэффициент селективности; B — внутренний размер ячеей.

Иначе $l_{50\%}$ можно выразить эмпирической формулой:

$$l_{50\%} = x(l_{max} + l_{min}) / 2.$$

По данным исследований селективности траловых мешков из монопропилена в Беринговом море на промысле минтая, $k_s = 3,54$ и соответственно $x = 0,98$.

Общий коэффициент уловистости равен:

$$\varphi = P_{yl} / P_0,$$

где P_{yl} — масса улова, т; P_0' — масса обловленного скопления, определяемая выражением:

$$P_0' = [P_{yil} / \varphi_i] = [(P_{yl} \times n_i G_i) / (\varphi_i \sum n_i G_i)],$$

где P_{yil} — масса рыб длиной l_i в улове; n_i — количество рыб длиной l_i в пробе из улова; G_i — масса рыб длиной l_i .

Результаты и обсуждение

Используя указанную выше необходимую информацию о применяемых орудиях лова на том или ином судне, режимах их работы и эксплуатационно-биологических характеристиках, определили дифференциальную и общую уловистость некоторых тралов, что позволило уточнить (а, вернее, определить) структуру облавливаемых скоплений минтая в Беринговом и Охотском морях.

Графики дифференциальной уловистости трала 120/1120 м, размерного состава улова, полученного в июле 1995 г. в Наваринском районе Берингова моря, и размерный состав скопления показали, что общая уловистость трала составляла $\varphi = 0,109$.

Аналогичные графики приведены по Олюторскому району Берингова моря также за июль 1995 г., где общая уловистость того же трала была $\varphi = 0,197$, и Северо-Охотоморскому в апреле 1995 г. $\varphi = 0,203$.

Из полученных результатов следует, что размерные составы уловов и скоплений существенно отличаются друг от друга, что, на наш взгляд, необходимо учи-

тывать при анализе состава популяции объекта лова. При облове донных скоплений это различие тоже наблюдается, но имеет несколько иной характер. Размерный состав скоплений по-прежнему смещен влево, однако доля мелких рыб уменьшается, хотя их все равно больше, чем в улове. Интересно отметить, что при определении уловистости японских донных тралов на промысле минтая, прослеживается четкая зависимость показателей уловистости от медианы размерного состава улова, аппроксимируемая уравнением с высокой степенью корреляции (0,98):

$$\varphi = -0,0149l_m + 1,3665,$$

где $l_m = (l_{min} + l_{max})/2$ — медиана структуры улова.

Следует напомнить, что структура обловленных скоплений определена теоретически на основе учета общих стереотипов поведения рыбы в трале. Адекватность результатов неоднократно подтверждалась экспериментами на промысле разных объектов (ставриды и скумбрии ЦВА, ЮВА, ставриды ЮВТО, сельди Балтики и окуня-клювача моря Ирмингера).

Многочисленные промысловые испытания тралов свидетельствуют, что орудия лова, близкие по своим параметрам и режимам работы, на одной и той же рыбе часто показывают разную структуру уловов. Это объясняется неоднородностью облавливаемых стай и подтверждает, что для анализа состояния популяции необходимо сопоставлять структуры уловов с конкретной информацией о применяемых орудиях лова.

Что касается весьма распространенного в ихтиологических исследованиях приравнивания при траловых съемках коэффициента уловистости единице, полагая, что оценка запаса при этом будет минимальной, то следует отметить следующее.

Во-первых, строго говоря, никакого коэффициента уловистости не существует. Коэффициент предполагает наличие некоторой стабильности, константы. Уловистость орудия лова — это вероятность попадания промыслового объекта в зону действия орудия за определенное время его работы. Поэтому оценка уловистости всегда дискуссионна. Уловистость меняется на протяжении суток, сезона, и экспериментальная ее оценка весьма затруднительна, хотя такие методы и есть.

Во-вторых, доказано, что уловистость, равная единице, может быть только у идеального орудия лова, зона действия которого стремится к бесконечности [Кадильников, 1988]. Поэтому оценку уловистости (но не коэффициента) необходимо осуществлять либо по каждой промысловой операции, либо по осредненной величине из нескольких операций, либо по максимально полученной.

Поскольку между длиной рыбы и возрастом имеется тесная связь, то при анализе состояния популяции и запасов необходимо учитывать различие в структурах улова и скопления.

Выводы

Определение дифференциальной уловистости тралов позволяет уточнить (вернее, определить) структуру облавливаемых скоплений промысловых объектов. Структура скоплений смещена влево, в сторону малоразмерных рыб, что необходимо учитывать при анализе состояния запаса рыб и популяции в целом.

Возрастной состав запаса должен ориентироваться на структуру скоплений.

В целях оценки интенсивности вылова, представляющего собой отношение вылова к запасу, необходим мониторинг использования орудий лова (наименование, оснастку, режим работы, чертеж), а также регулярное определение размерно-массового состава улова.

Для определения селективности орудия лова, являющегося одним из элементов уловистости, необходимы биометрические измерения рыб (длины рыб обшей, по Смиту, промысловой; высоты, толщины и обхвата тела рыбы).

Отсутствие указанных данных не обеспечит объективности результатов исследования состояния популяции изучаемого объекта.

Литература

- Андреев Н.Н.* 1972. Проектирование кошельковых неводов.— М.: Пищевая промышленность.— 277 с.
- Белов В.А. и др.* 1987. Буксируемые орудия лова.— М.: Агропромиздат.— 200 с.
- Кадильников Ю.В.* 1988. Об оценке запасов промысловых объектов методом траловых съежек // Доступность морских промысловых объектов для орудий лова и технических средств наблюдений: Сб. науч. тр.— Калининград.: АтлантНИРО.— С. 30–43.
- Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В.* 1997. Экспериментальные исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами трала в модельных условиях // *Вопр. ихтиологии*. Т. 37.— С. 253–260.
- Коротков В.К., Кузьмина А.С.* 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ним.— М.: Пищевая промышленность.— 269 с.
- Мельников В.Н.* 1983. Биотехнические основы промышленного рыболовства.— М.: Легкая и пищевая промышленность.— 216 с.
- Обвинцев А.Л.* 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // *Рыбное хозяйство*. № 1.— С. 48–51.

УДК 639.2.081.117:639.223.5 (265.53)

Характеристики уловов минтая крупнотоннажного траулера в охотоморской экспедиции 2002 г.

*А.И. Шевченко, С.Э. Астафьев (ТИНРО-центр);
В.А. Татарников (ВНИРО)*

Минтай является основным объектом промысла на ДВ бассейне как по объемам вылова, что обусловлено его массовостью, так и по востребованности продукции на внутреннем и внешнем рынках. Охотоморский преднерестовый минтай представляет особую ценность в связи с наличием икры, приводящей к увеличению стоимости.

В последнее десятилетие под воздействием ряда негативных факторов природного и антропогенного происхождения биомасса охотоморского минтая значительно снизилась. К началу 1990-х гг. наметилась тенденция снижения запасов, связанная с ухудшением условий воспроизводства и появлением ряда неурожайных поколений. Негативную роль на состояние запасов минтая оказывает и промысел, если он ведется на недостаточном селективном уровне. Как показали исследования, проводившиеся на некоторых видах рыб, в частности на балтийской сельди [Шевцов и др., 1986; Efanov, 1981], селективный уровень промысла в значительной мере определяет формирование размерно-возрастного состава промыслового стада.

В 1998–2001 гг. были предприняты меры по повышению селективного уровня специализированного промысла минтая на Дальнем Востоке: увеличился минимальный размер ячеи в зависимости от материала тралового мешка до 100–110 мм; обязательно используется селективная вставка с квадратным расположением ячеек. Кроме того, регламентирована длина поясов на траловом мешке и посадка сетного полотна на топенанты с таким расчетом, чтобы обеспечивалось раскрытие ячеек с коэффициентами 0,5/0,87. С 2001 г. минимальный промысловый размер минтая увеличен с 30 см до 35 см с одновременным увеличением допустимого прилова минтая непромысловой длины с 8 до 20%. В дальнейшем под выражениями «молодь» или «малоразмерные рыбы» подразумевается минтай промысловой длины менее 35 см.

Однако анализ современного состояния селективности промысла минтая показал, что из официальной отчетности о работе промысловых судов невозможно