

Новая методология оценки уловистости донного трала

Д-р техн. наук М.Л. Заферман

Неоднократные попытки решения проблемы определения коэффициента уловистости (КУ) трала до сих пор не привели к положительным результатам. Причина этого, на наш взгляд, в односторонности и несогласованности методологических подходов к ее решению.

Известен расчетный методологический подход, выражающийся в попытках теоретически рассчитать КУ (Ионас В.А. *Производительность трала*. М.: Пищевая промышленность, 1967. 51 с.; Честной В.Н. *Динамика уловистости донных тралов*. М.: Пищевая промышленность, 1977. 196 с.; Лукашов В.Н. *Устройство и эксплуатация орудий промысла*. М.: Пищевая промышленность, 1972. 367 с.; Розенштейн М.Н. *Расчет элементов глубоководной траловой системы*. М.: Пищевая промышленность, 1976. 189 с.). Обстоятельный критический анализ этих работ сделан А.И. Трещевым (*Интенсивность рыболовства*. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 236 с.). Их авторы выводят формулы для расчета КУ (у всех они разные), в которых основную роль играют коэффициенты, выражающие вероятность попадания рыбы в трал из разных частей облавливаемого пространства. Однако поскольку каждая из этих вероятностей не определена количественно, то и результат может быть на уровне лишь экспертной оценки.

Второй – экспериментальный – методологический подход разработан в ПИНРО (Заферман М.Л. *Измерение коэффициента уловистости траловых орудий лова*// «РХ», 1976, № 6, с. 51–52; Заферман М.Л., Попков Г.В. *Определение коэффициента уловистости донных тралов с помощью подводных аппаратов*// «РХ», 1982, № 1, с. 50–51; Заферман М.Л., Серебров Л.И. *Методы и результаты изучения коэффициентов уловистости тралов*// *Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствованию орудий лова: Сборник научных трудов/ ВНИРО*. М., 1985, с. 84–94; Серебров Л.И. *О дифференцированной уловистости донных тралов*// *Орудия и способы рыболовства. Вопросы теории и практики: Сборник научных трудов/ ВНИРО*. М., 1989, с. 185–194; Серебров Л.И., Попков Г.В. *Исследование дифференцированной уловистости промыслового трала с помощью БПА «Тетис»*// «РХ», 1988, № 5, с. 73–75; *Zaferman M.L., Serebrov L.I. Results of identification of trawl catchability by underwater methods in relation to some fish species of the Northwest Atlantic/NAFO Scientific Council Meeting. NAFO SCR Doc. 85/111, Serial No. 1088, 1985*). Он предусматривает инструментальное измерение естественной плотности скопления рыбы и сравнение ее с уловом. Предполагалось, что экспериментальный подход, основанный на объективном измерительном процессе, способен дать реальные практические результаты. Однако весьма большая вариабельность результатов препятствовала их использованию на практике. Причина, очевидно, в том, что методика оказалась абстрагированной от поведения рыб при их взаимодействии с тралом.

Таким образом, ни тот, ни другой подход сами по себе не решают задачи оценки КУ, ибо оба неполноценны: расчетный дает формулы, не наполненные физическим содержанием, а экспериментальный – эмпирические результаты, не имеющие теоретического обоснования.

В ПИНРО была предпринята попытка объединить оба подхода на основе принципа комплементарности, т.е. взаимного дополнения методов с целью устранения недостатков каждого. Новая методология определения КУ синтезирована из частей двух упомянутых выше методологических подходов. Основные ее принципы следующие.

1. Инструментальное измерение элементов поведения рыб при взаимодействии с орудием лова в натурном эксперименте: скорости плавания, ориентации, процентного соотношения различных аспектов поведения рыб (например, лежащих на грунте и плавающих рыб, уходящих под нижнюю подбурку или кабель и т.п.). Полезны также оценка двигательной активности рыб по Б.В. Вискребенцеву

(Вискребенцев Б.В. *Поведение рыб в зоне действия траловых орудий лова*// *Биологические основы управления поведением рыб: Сборник статей*. М.: Наука, 1970, с. 267–301).

2. Разработка модели поведения рыб при взаимодействии с тралом, включающей измеренные количественные данные элементов поведения. Модель представляет собой описание перемещений особей в различных частях зоны облова. Для определения КУ наиболее важны оценка степени концентрации рыбы досками и кабелями трала (фактор концентрации – ФК) и процент рыб, уходящих из зоны облова. Под фактором концентрации понимается коэффициент, показывающий увеличение плотности рыбного скопления в устье трала по сравнению с естественной его плотностью.

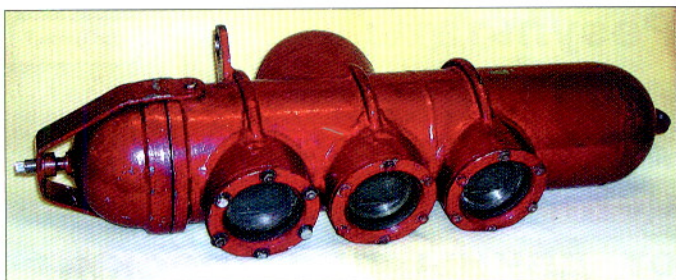
3. Расчет коэффициента захвата (КЗ) рыбы тралом с использованием данных модели поведения рыбы. Как известно (Лукашов, 1972), процесс лова имеет три фазы: управление, захват и удержание. При траловом лове управление поведением объекта – это концентрирование его досками, кабелями и крыльями из боковых зон обловленного пространства в центральную, к устью трала. Захват – попадание объекта в трал. Удержание определяется селективностью орудия лова. Новая методология имеет дело с двумя первыми фазами процесса лова. Вопрос, что происходит с рыбой, захваченной тралом, хотя и важен, но его можно считать в принципе решенным, поскольку разработаны и применяются методы изучения селективности (Трещев, 1983). Понятие «коэффициент захвата (КЗ)» аналогично КУ, но без учета третьей фазы процесса лова. Если КУ – отношение количества рыб в улове к их количеству в обловленном пространстве, то КЗ – отношение количества рыб, вошедших в трал, к количеству их в обловленном пространстве.

В настоящее время определение КУ часто имеет целью калибровку учетного трала в качестве средства определения плотности при проведении траловых съемок. Учетный трал обычно снабжен мелкоячеистой вставкой («рубашкой»), обеспечивающей полное (100 %) удержание рыбы, и в этом случае КЗ равен КУ. Если же трал обладает селективными свойствами (благодаря крупной ячее или селективным решеткам), то КУ следует уменьшить по отношению к КЗ в соответствии с количеством рыбы, ушедшей из трала после захвата.

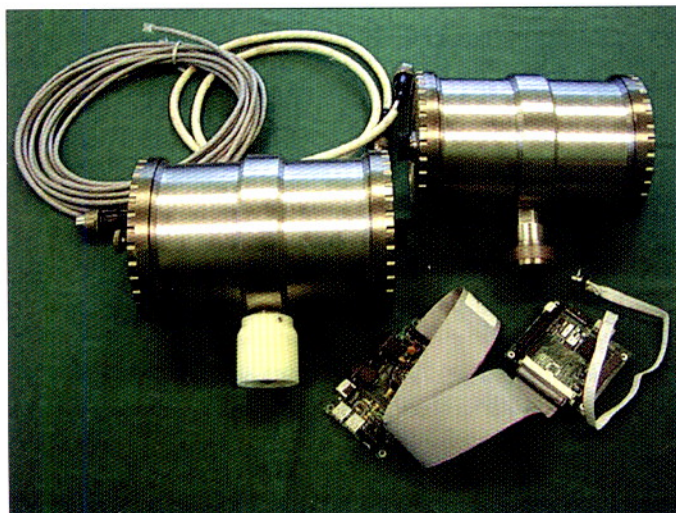
4. Экспериментальное определение КУ с учетом особенностей поведения рыбы, полученных из модели поведения. При определении уловистости экспериментальным методом главной проблемой является оценка естественной плотности рыбного скопления в облавливаемом пространстве. В отношении донных рыб наиболее простой способ для этого – видеосъемка в устье трала с помощью устанавливаемого на трале видеорекордера. Но в этом месте плотность повышена в результате концентрирования рыбы в первой фазе лова. Следовательно, проблема превращается в задачу определения фактора концентрации (ФК), т.е. отношения плотности в устье трала к естественной плотности скопления. Решить ее можно расчетным путем с использованием измеренных элементов поведения рыб.

Экспериментальное определение КУ может осуществляться одним из двух способов: синхронным или полигонным. Первый состоит в сравнении улова и плотности в каждом тралении с последующим осреднением, второй – в сравнении математических ожиданий распределений улова и плотности на некотором полигоне. Выбор одного из этих способов является предметом дальнейших исследований; возможно, он зависит от вида рыбы или от ее распределения в придонном слое. Имеющиеся немногочисленные данные заставляют предположить, что для трески предпочтителен второй способ, а для черного палтуса – первый.

5. Сравнительный анализ, интерпретация и корректировка данных расчета и эксперимента. На этом этапе исследования производится оценка адекватности результатов, полученных как расче-



Подводный видеорекордер АВУ



Подводный видеокомпьютерный регистратор (ПВР)



Черный палтус на дне

том, так и в эксперименте, их согласованности между собой и соответствия данным модели поведения рыбы при взаимодействии с тралом.

Главным принципом нового методологического подхода является изучение взаимодействия рыбы с тралом путем инструментального измерения элементов ее поведения в процессе лова. В этом его отличие от прежних методологий: при расчетном подходе проблемы поведения выражались умозрительными, не измеряемыми коэффициентами, а при экспериментальном – они вообще игнорировались. В то же время новый подход вполне согласуется с идеей Ф.И. Баранова (*К вопросу о взаимодействии трала и рыбы*// «РХ», 1958, № 4, с. 43–45) о том, что проблема уловистости орудия лова – это проблема поведения рыб при лове. Более того, он является развитием этой идеи, поскольку современные технические средства позволяют измерить элементы поведения, которые раньше не могли быть оценены количественно.

Новая методология была опробована в исследованиях черного палтуса в Медвежинско-Шпицбергенском районе, проводившихся ПИНРО по Российско-Норвежской программе в соответствии с ре-

шением 32-й сессии СРНК по рыболовству. В задачу российской стороны входило определение КУ донного трала по палтусу в целях количественной интерпретации данных траловых съемок. Гидроакустика эту рыбу не регистрирует, а видеотехникой прямого наблюдения для глубин его обитания отрасль не располагает.

В исследованиях были использованы траловые видеорекордеры, разработанные в ПИНРО: АВУ (Serebrov, 1997) и ПВР (Заферман М.Л. *Инструментальная оценка численности донных гидробионтов*// Изучение зообентоса шельфа. Информационное обеспечение экосистемных исследований. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 2004, с. 18–31). Прибор устанавливали на верхней подборе, на верхней пласти, в 3 м позади верхней подборы и над грунттропом. По видеозаписям определены:

скорости плавания палтуса – бросковая (8,5 м/с в течение не более 0,3–0,6 с) и крейсерская (с модальными значениями 1–1,75 м/с, что примерно соответствует скорости траления);

процентное соотношение особей – лежащих на грунте и плавающих (под верхней подборой – 61/39 %; в 3 м позади верхней подборы – 0/100; в районе грунттропа – 3/97 %);

ориентация особей во всех позициях съемки (лежащих на грунте – максимум в направлении траления; плавающих – два максимума под углами $\pm 60^\circ$ к направлению траления);

двигательная активность, нарастающая от 0 до 3 баллов в направлении от позиции под верхней подборой к району грунттропа;

относительное число рыб, избегающих поимки уходом под грунттроп, – 36 %.

В естественном состоянии в отсутствие трала, как показали прежние наблюдения в этом же районе с помощью глубоководного аппарата «Север-2», палтус располагается на грунте или медленно плавает в придонном слое при отсутствии выраженной ориентации. В процессе лова скорость и ориентация рыб резко изменяются. Применение модели поведения палтуса при взаимодействии с донным тралом, построенной по результатам измерений элементов поведения, позволило установить следующее.

1. Реакция на приближающийся трал рыб, находящихся в центральной части облавливаемого пространства, начинается при приближении к ним верхней подборы. Рыбы разворачиваются в направлении предстоящего бегства, затем всплывают и плывут впереди трала зигзагообразно. При подходе нижней подборы на расстоянии длины тела рыбы (около 50 см), а иногда и до касания палтус совершает резкие, но кратковременные броски, после чего ложится на грунт или переходит к более медленному плаванию. Но «отдых» длится недолго, так как приближающийся трал заставляет рыбу делать новые броски. Особи, лежащие на грунт после броска, часто пропускают трал через себя и пассивно избегают поимки. По-видимому, в этом заключается причина резкого снижения уловов палтуса при увеличении скорости траления до 3 уз. и более: рыбы чаще вспугиваются, сильнее утомляются и в большем количестве пассивно уходят под нижнюю подбору.

2. Рыбы, находящиеся в боковых частях облавливаемого пространства, реагируют на приближение тралового кабеля бросками перпендикулярно кабелю, после чего останавливаются до подхода следующего участка кабеля. Это продолжается, пока они не попадут в центральную часть перед нижней подборой, т.е. происходит концентрирование рыбы досками и кабелями к устью трала. По данным модели, вероятность попадания рыбы из боковых частей обловленной зоны в центральную равна 0,33. Отношение плотности наблюдаемой на видеозаписи рыбы в устье трала к естественной, названное нами фактором концентрации (ФК), по расчету, оказалось равным 3,2.

3. Согласно расчету, величина КЗ, равная КУ учетного трала со 100%-ным удержанием рыбы мелкочечной вставкой в мешке, для палтуса длиной 31–92 см равна 0,27.

Независимо от расчетов по модели поведения произведено определение КУ экспериментальным методом. Рассматривая эти данные совместно с моделью поведения, мы обнаружили, что они адекватны только при плотности более 0,0012 экз/м². При меньших плотностях видеокамера фиксирует чрезмерно малое число особей, что ведет к нереально большим (2–13) значениям КУ, который, по определению, должен быть меньше единицы. Если плотность рыб выше указанной, то величина ФК в зоне действия видеокамеры является переменной, но по определенному закону, который был выявлен по результатам измерений КУ.

Были рассчитаны соответствующие поправки, что дало возможность определить экспериментальный КУ, равный 0,34, при установке видеорекордера на верхней подборе (самое удобное для установки место). При установке прибора над грунтотром (место наиболее информативное, но опасное для прибора) получили величину КУ равную 0,31. Окончательно рассматривая результаты всех оценок, можно считать, что при данном размерном составе палтуса учетный донный трал по чертежу 492 с мелкочейной вставкой («рубашкой») в мешке имеет КУ равный 0,3.

В настоящее время по аналогичной схеме разрабатывается методика определения КУ для оценки запасов камчатского краба Баренцева моря. Несмотря на весьма большие различия в поведении таких разных объектов, как палтус и краб (и соответственно, в методиках оценки), общим в обоих случаях является методологический подход, опирающийся на исследование поведения объекта при взаимодействии с орудием лова.

В заключение отметим следующие обстоятельства, касающиеся новой методологии. Создание методик оценки КУ на базе нового методологического подхода возможно только при условии технического оснащения исследований подводной видеоаппаратурой, поскольку визуализация подводных объектов является на сегодняшний день единственной технологией, способной регистрировать и измерять элементы поведенческих актов отдельных особей.

При измерениях с помощью видео существует возможность влияния света на поведение объекта. Норвежские исследователи в хорошо поставленном эксперименте показали, что уловы палтуса при установке на трале видеокамеры снижаются на 30 % (*Albert O.T., Harbitz A., Hoines A.S. Greenland halibut by video in front of survey trawl: Behaviour, escapement, and spatial pattern// Journal of Sea Research. 2003. V. 50. P. 117–127*). Несмотря на полное доверие к этим результатам, наши данные их не подтверждают, и, по-видимому, причина кроется в разной конфигурации системы видеосъемки и освещения, применяемой у нас и в Норвегии. Во всяком случае, фактор освещения следует принять во внимание.

Методика оценки КУ донного трала по черному палтусу – первая методика, разработанная на базе нового подхода, – предусматривает определение среднего КУ для данного размерного состава объекта. Для того чтобы определить дифференциальный КУ, необходима подводная видеоаппаратура, обеспечивающая повышенную точность измерений длины рыб *in situ*. С этой целью в ПИНРО разработаны подводный видеокomпьютерный регистратор (ПВР) и лазерный измеритель масштаба видеосъемки (ЛИМ).

