УДК 597.08.591.5

DOI 10.15853/2072-8212.2015.38.96-105

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ РЫБ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ УРЕЗА СНЮРРЕВОДА В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

И.В. Рой, О.М. Лапшин\*, Ю.В. Герасимов\*\*



Мл. н. с., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии 107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-93-10 E-mail: iv roy@vniro.ru

\* Директор, Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел.: (4152) 41-27-01

E-mail: lapshin@kamniro.ru

\*\* Зам. директора, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

152742 Ярославская область, п. Борок

Тел.: (485) 472-45-14

E-mail: gu@ibiw.yaroslavl.ru

СНЮРРЕВОДНЫЙ ЛОВ, КОЭФФИЦИЕНТ УЛОВИСТОСТИ, УРЕЗ СНЮРРЕВОДА, МИНТАЙ, ОКУНЬ, ЭКСПЕРИМЕНТ, МОДЕЛЬ

Представлены результаты модельных исследований особенностей реакции рыб на урез снюрревода. Исследования проводились в бассейне с размерами  $10\times2,5$  м при уровне воды 0,9 м. В ходе эксперимента выполнялись условия геометрического, гидродинамического подобия относительно элементов орудия лова и бихевиорального подобия относительно живых объектов эксперимента и натуры. Получены данные о дистанциях реагирования на урез, а также начальных высотах стай окуней, сбиваемых моделью уреза. Пересчет результатов на условия натуры позволяет скорректировать значение коэффициента уловистости (КУ) снюрревода в интервале от  $0,35\pm0,15$  до  $0,37\pm0,14$ .

# STUDY THE BEHAVIOR OF FISH IN THE ACTIVE ZONE OF SEINE ROPES UNDER MODEL CONDITIONS

I.V. Roy, O.M. Lapshin\*, U.V. Gerasimov\*\*

Researcher, Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO)

107140 Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17

Tel.: (499) 264-93-10 E-mail: iv roy@vniro.ru

\* Director, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography

683600 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18

Tel.: (4152) 41-27-01

E-mail: lapshin@kamniro.ru

\*\* Deputy director, I.D. Papanin Institute for biology of inland waters Russian Academy of Sciences

152742 Yaroslavskaya oblast', Borok

Tel.: (485) 472-45-14

E-mail: gu@ibiw.yaroslavl.ru

DANISH SEINE FISHERY, COEFFICIENT OF CATCHABILITY, SEINE ROPE, WALLEYE POLLOCK, PERCH, EXPERIMENT, MODEL

The results of the model studies of the fish reaction peculiarities to the seine rope are presented. The studies were conducted in a pool with dimensions  $10\times2.5$  m when the water level is 0.9 m. In the experiment are fulfilled conditions of geometric, hydrodynamic similarity with respect to the elements gear and behavioral similarity with respect of living objects of nature and the experiment. There were obtained data on the distance of reaction to the seine rope, also the initial heights of perch's swarm herded by the seine ropes. Recalculation of the results to the conditions of nature allows to adjust the value of the seine's coefficient of catchability ranging from  $0.35\pm0.15$  to  $0.37\pm0.14$ .

Снюрреводный лов занимает весьма значимое место в прибрежном рыболовстве Камчатского региона. Данный вид лова соответствует требованиям ведения рационального рыболовства и является высокоэффективным на промысле разреженных скоплений донных и придонных видов рыб. Применение снюрревода в прикамчат-

ских водах в качестве учетного орудия позволяет получать данные о пространственном распределении и структуре ихтиоценозов, необходимых для определения запасов гидробионтов (Коваленко и др., 2012; Золотов и др., 2012; Терентьев, Малых, 2012; Рой и др., 2014; Малин и др., 2015).

Уловистость любого орудия лова зависит от различных факторов как биотического, так и абиотического характера. К первой группе факторов относится состояние самих рыб: их подвижность, активность, реакции на орудия лова, стайность, особенности распределения; ко вторым — рельеф дна, тип грунта, конструктивные особенности орудия лова, характеристики параметров морской воды, погодные условия.

При определении коэффициента уловистости (КУ) снюрревода необходимо определить зону его действия, что в натурных экспериментальных условиях осложняется неопределенностью ряда параметров, особенно вертикальной дистанции реагирования объекта лова на урез снюрревода (Рой и др., 2014). Модельный эксперимент ставит целью изучение особенностей реакции модельных рыб на модель уреза снюрревода, особенно выявление верхнего горизонта реагирования рыб на движущийся урез. Интерпретация полученных данных в условиях натуры позволит оценить вертикальную составляющую формирования зоны действия учетного снюрревода датского типа относительно наиболее массового вида, на который преимущественно и ориентируется снюрреводный лов прибрежной Камчатки, — минтая Theragra chalcogramma. Также результаты помогут уточнить технические параметры установки, которая будет использована при выполнении последующих подводных натурных экспериментов, для аналогичных натурных экспериментов.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экспериментальные исследования проводились в бассейне Института биологии внутренних вод (ИБВВ) РАН с размерами 10×2,5 м при уровне воды 0,9 м. В ходе эксперимента выполнялись условия геометрического, гидродинамического подобия относительно элементов орудия лова и бихевиорального подобия относительно живых объектов эксперимента и натуры.

Рыб обычно разделяют на микросматиков (обонятельная система (ОС) играет второстепенную роль в анализе сигналов окружающей среды), медиосматиков (ОС играет равную роль с восприятием сигналов сенсорными системами других модальностей) и макросматиков (ОС является ведущей и обуславливает большинство форм поведения). В ИБВВ РАН был разработан биохимический экспресс-анализ разделения ОС рыб на эти три категории. П.А. Гдов-

ский, Н.Н. Ружинская (1990) показали, что зрительные (Зк) и обонятельные (Ок) коэффициенты, полученные на основе определения удельной активности ацетилхолинэстеразы в периферических и центральных отделах обонятельной и зрительной систем и отражающие уровень функционального развития этих сенсорных систем, в большинстве случаев соответствуют экологическим особенностям исследуемых видов рыб. Это позволило им сравнивать между собой различные виды по их зрительным или обонятельным способностям и оценивать сенсорную специализацию каждого из исследуемых видов. Авторы предложили экологические (Эк) коэффициенты, представляющие собой отношение обонятельного коэффициента к зрительному. Если принять за точку отсчета экологический коэффициент леща, который считается медиосматиком (характеризуется примерно одинаковым развитием обонятельной и зрительной систем), то очевидно, что у видов с большим коэффициентом преобладает обоняние, а с меньшим — зрение.

Результаты вычисления Ок, 3к и Эк хорошо согласуются с морфометрическими показателями некоторых видов рыб и, особенно, с биологией исследованных видов рыб, независимо от их систематической принадлежности.

Среди 14 морских и пресноводных видов рыб, тресковые по Ок наиболее близки к щуке (достоверно не различаются) и окуню Perca fluviatilis, у которого Ок в 1,5 раза выше, чем у трески и минтая. Однако Эк минтая и окуня очень близки и достоверно не различаются (0,8 и 1,1 соответственно). Экологический коэффициент минтая был в два раза выше, чем у щуки. Другие пресноводные хищные рыбы были не сопоставимы с минтаем по указанным показателям. Так как у минтая и у окуня тип питания почти одинаков, оба вида активные хищники (в первые годы жизни минтай питается преимущественно планктонными ракообразными, но по мере роста начинает питаться более крупной добычей, а именно мелкими рыбами (мойва, азиатская корюшка) и кальмарами), нами в качестве модельного вида был выбран окунь, который по поведению и реактивности является наиболее близким к минтаю придонным пресноводным видом. Аналогичный подход применен в работах (Герасимов и др., 2010; Gerasimov et al., 2010) по исследованию особенностей поведения рыб в зоне действия рыболовной ловушки в экспериментальных условиях.

Для модельного эксперимента использовались сеголетки окуня длиной 5–6 см (AD), отловленные в Рыбинском водохранилище. Перед использованием рыб в эксперименте в течение нескольких дней их подвергали адаптации к лабораторным условиям в аквариумах. Окончательная адаптация рыб проводилась непосредственно в бассейне, куда высаживались группы окуней по 100 штук.

При использовании известных уравнений Навье-Стокса и неразрывности для установления условий механического подобия двух течений несжимаемой вязкой жидкости около или внутри двух геометрически подобных тел должны быть соответственно равны числа Струхаля, Эйлера, Фруда и Рейнольдса (Фридман, 1969).

Известно (Фридман, 1969), что равенство чисел Струхаля является условием кинематического подобия течений; вопрос о равенстве чисел Эйлера возникает при наличии кавитации, которая в условиях движения как снюрревода в целом, так и отдельных его частей с небольшими скоростями отсутствует; равенство чисел Фруда является условием подобия только при наличии свободной поверхности в рассматриваемом течении, что не характерно для нашего случая.

Следовательно, мы можем применить условие динамического подобия двух течений, возникающих при движении уреза снюрревода в натурных и модельных условиях:

Re = idem = 
$$\frac{lv}{v}$$

где l — характерный линейный размер, v — скорость потока, v — коэффициент кинематической вязкости (для воды —  $10^{-6}$  м²/с).

Но при выполнении моделирования по числу Re, как пишет А.Л. Фридман (1969), необходимо либо сделать размеры модели большими, чем размеры натуры, что в нашем случае бессмысленно, либо проводить эксперимент при скоростях, больших, чем у натуры. Однако проведение модельного эксперимента на больших скоростях также не представляется возможным вследствие того, что нас интересует не столько оценка параметров движения уреза по дну, сколько реакция объекта лова на движущийся урез снюрревода в модельных условиях. Все встает на свои места, когда мы в моделируемую систему, помимо скорости движения (скорости потока) и диаметра уреза снюрревода, вводим и объект лова.

Тогда моделируемая рыболовная система характеризуется не одним характерным линейным размером, а двумя: линейным размером рыб и диаметром уреза снюрревода. Соответственно, после простых преобразований мы получим:

$$\frac{{\rm Re}_{_{\rm M}}^{^{l}}}{{\rm Re}_{_{\rm M}}^{^{d}}} = \frac{{\rm Re}_{_{\rm H}}^{^{l}}}{{\rm Re}_{_{\rm H}}^{^{d}}} = \frac{l_{_{\rm M}}}{d_{_{_{\rm M}}}} = \frac{l_{_{\rm H}}}{d_{_{\rm H}}},$$
 где  $l_{_{\rm M}}$  — длина окуня (AD), см;  $d_{_{\rm M}}$  — диаметр мо-

где  $l_{_{\rm M}}$  — длина окуня (AD), см;  $d_{_{\rm M}}$  — диаметр модели уреза снюрревода, см;  $l_{_{\rm H}}$  — длина минтая (AD), см;  $d_{_{\rm H}}$  — диаметр уреза снюрревода, см.

Исходя из отношения среднего промыслового размера минтая (AD), встречающегося в учетных уловах, к среднему размеру окуней, применяемых в эксперименте в качестве модельных рыб, была определена толщина модели уреза снюрревода.

$$d_{\rm M} = \frac{l_{\rm M}d_{\rm H}}{l_{\rm H}} = \frac{5,5*2,8}{41} = 0,38$$

В соответствии с расчетами, в качестве модели уреза учетного орудия лова применялась алюминиевая проволока, обмотанная изоляционной лентой, диаметр которой составил 4 мм. В движение модель уреза приводилась вручную при помощи подвязанной к краям модели тонкой монофильной лески — таким образом, чтобы перемещение происходило равномерно и с постоянной скоростью.

В.Н. Пуков (1977) отмечает, что любой движущийся предмет, размеры которого меньше или равны величинам самих рыб, является зрительным пищевым сигналом, а любой движущийся предмет, размеры которого больше их — зрительным оборонительным сигналом. Основываясь на данных наблюдениях, примем, что размеры уреза снюрревода и его модели должны быть прямо пропорциональны размерам минтая и молоди окуня. Также имеются данные, что на один и тот же раздражитель рыбы разных размерных групп реагируют по-разному: более крупные рыбы при проявлении опасности первыми проявляют оборонительную реакцию и покидают кормовое скопление (Милановский, Рекубратский, 1960). Наиболее мелкие особи менее реактивны и начинают искать укрытие позднее. Исходя из чего, можно предположить, что линейные величины, получаемые в ходе эксперимента, не должны превышать свои аналоги в условиях натуры. К тому же в натурных условиях помимо самого уреза, длина которого значительно больше, чем применяемая в эксперименте его модель, присутствуют дополнительные отпугивающие факторы — акустические шумы от движения орудия лова и судна, гидродинамические поля, мутьевой шлейф. При этом, по данным подводных наблюдений, именно мутьевой шлейф является одной из основных причин сгона рыб урезом (Ионас, 1960).

Эксперимент выполнялся сериями. За серию принимались 2 проводки модели уреза по дну бассейна вдоль длинной его стороны в обоих направлениях. Для выполнения первой проводки в серии выбирался момент, когда стая принимала дисперсный вид (Серебров, Тарасова, 1992), распределяясь свободным образом в пространстве бассейна, либо момент, когда контакт модели мог быть проведен с нормальной ходовой стаей. Вторая проводка выполнялась в обратном направлении так, чтобы оценить поведение уже среагировавших рыб, моделируя повторный контакт рыб с урезом снюрревода в ходе операции сбивки. Во избежание получения недостоверных результатов вследствие фактора обучаемости модельных рыб, а также эффекта накопления у рыб усталости, с каждой группой выполнялось не более 5 таких серий.

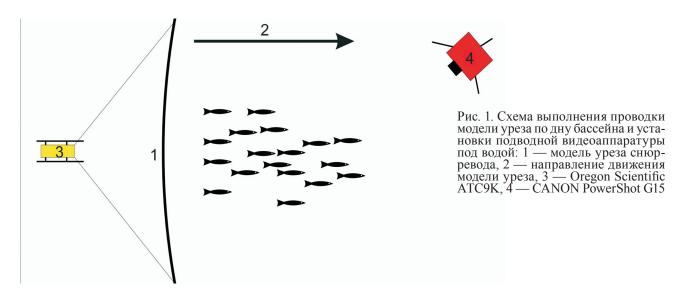
Ход экспериментальных работ фиксировался на два комплекта видеоаппаратуры. Один из них, состоящий из двух IP-камер, охватывающих бассейн по всей длине, давал изображение сверху (в плане). Под водой запись велась камерами Oregon Scientific ATC9K (движущейся на поводцах из монофильной лески вслед за моделью уреза по дну бассейна на расстоянии 1,5 м) и CANON PowerShot G15, установленной неподвижно в одном из углов бассейна (рис. 1). Видеозаписи, полученные с камер, позволяют оценить качественные и количественные параметры стай в ходе эксперимента. Дистанция между моделью уреза и стаей опреде-

лялась как расстояние между урезом и ближайшими к нему особями в стае.

Для выявления эффектов, способных негативно влиять на результаты эксперимента, был проведен статистический анализ с применением логистической регрессии. Он показал, что направление движения проводки или же номер проводки в серии не оказывают значимого влияния на начальную активность стаи (p=0,80). Поскольку уже при натяжении лески, приводящей в движение модель уреза, дисперсная стая рыб становилась активной, и контакт осуществлялся со стаями, имеющими вид испуганной уплотненной стаи и изредка — нормальной ходовой (Серебров, Тарасова, 1992).

Также было выявлено, что на начальную активность стай окуней статистически значимое влияние оказывает время их выдержки в аквариуме (p=0,05), а также количество выполненных с каждой группой серий проводок (p=0,04). В свою очередь, начальная активность рыб статистически значимо влияет на результирующую реакцию рыб при контакте с моделью уреза. Таким образом, чем дольше рыбы выдерживаются в аквариуме и чем дольше над ними проводится эксперимент, тем ниже их активность, как начальная, так и результирующая. Дисперсное состояние рыб во время выполнения проводок (рис. 2) является артефактом, и в последующей обработке данные случаи не используются.

Во время проводок модели уреза по дну бассейна зачастую фиксировались неоднократные контакты стаи с урезом, количество которых могло достигать 4. Для чистоты эксперимента в обработку принимались лишь первые контакты.



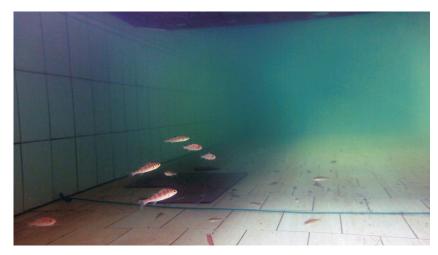


Рис. 2. Дисперсное состояние рыб во время выполнения проводки. Реакция на модель уреза отсутствует. Высота стаи не изменилась (30 см)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За время работ было выполнено 88 проводок в 44 сериях экспериментов, из которых лишь 52 проводки удовлетворили указанным выше условиям. При этом для эксперимента было задействовано 900 окуней из двух отловов.

Рыбы в стаях в рассматриваемых случаях держались преимущественно у самого дна, расстояние от нижнего горизонта стай превышало величину 2 см в единичных случаях (табл. 1). Высота самих же стай является весьма стабильным параметром, демонстрируя высокий уровень корреляции высоты стаи до и после контакта с урезом (r=0.79, p=0.00), что проявляется в слабой изменчивости вертикального распределения. Высота стаи до контакта с урезом имеет среднее значение 21,4±3,2 см и 25,0±3,2 см после контакта. Минимальные и максимальные значения высоты стаи, как до, так и после контакта с урезом, лежали в интервале от 10 до 60 см. При этом фактор высоты стаи до контакта значимого влияния на тип реакций, проявляемых рыбами, не имеет (р=0,40), равно как и наоборот: тип реакции не влияет значимо на высоту стаи после контакта (р=0,89), а также величину ее изменения (p=0,15).

Однако тенденция вертикальной активности стаи при отличающихся типах реакций все же заметна (рис. 3). В случаях ухода рыб от уреза, что составило 69% случаев, чаще наблюдаются изменения высоты стаи, причем изменения происходят как в положительную, так и отрицательную

Таблица 1. Изменение нижнего горизонта движения стаи в результате контакта с урезом

стай в результате контакта с урезом							
Высота горизонта до взаимодей-	2	2	2	5	10		
ствия, см Высота горизонта после взаимо-	2	5	10	2	2		
действия, см Доля случаев, %	83	5	8	3	1		

сторону (рис. 4). В тех случаях, когда рыбы совершают переход через урез (31% случаев), изменение высоты происходит значительно реже

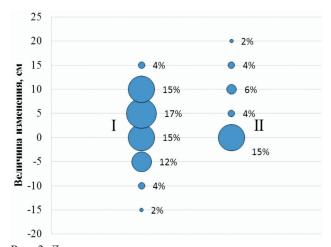


Рис. 3. Доля случаев изменения значения высоты движущейся стаи при проявлении различных реакций стаи на модель уреза: I — уход от уреза; II — переход через урез



Рис. 4. Уход стаи при непосредственном контакте с моделью уреза. Резкое увеличение высоты стаи

(рис. 5), при этом изменений в меньшую сторону замечено не было.

Слабая обратная корреляционная зависимость наблюдается между начальной высотой стаи и дистанцией отхода ее от модели уреза после контакта (r=-0,47, p=0,01). Также выявлена слабая связь r=0,32 при p=0,71 между дистанцией реагирования стаи на урез и дистанцией ее отхода в случае проявления реакции бегства от уреза. Доля проявлений реакции ухода рыб от уреза составила 65%, и в 35% случаев рыбы преодолевали его.

Наиболее часто (74% случаев) реакция стаи на движущуюся модель уреза и начало ухода от него происходили при непосредственном контакте, в остальных случаях эта дистанция варьировала от 10 до 250 см (рис. 6). Таким образом, более чем в 90% случаев оборонительная реакция рыб проявлялась на дистанции, не превышающей 50 см до уреза. Дистанция, на которую отходили рыбы, среагировавшие на урез, до остановки или последующего разворота в его сторону для совершения попытки выйти за пределы моделируемой зоны действия орудия лова, сильно варьировала (рис. 6).

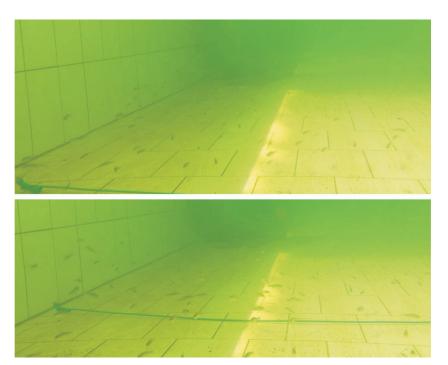


Рис. 5. Переход стаи через урез. Высота стаи до контакта (сверху) и после контакта (снизу) практически не изменяется

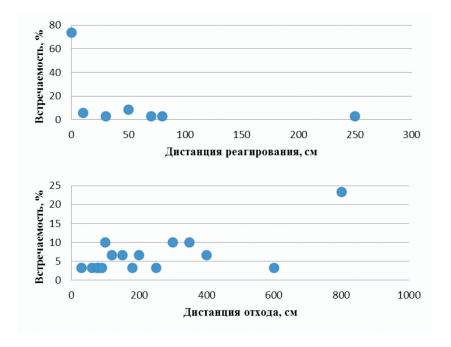


Рис. 6. Дистанция реагирования стай на урез (сверху) и дистанция их отхода после контакта с моделью уреза (снизу)

Некоторые стаи совершали бросок на значительные дистанции, превышающие расстояние в несколько метров (рис. 7), однако в значительном количестве случаев такие отходы были не столь велики. Более чем в четверти случаев (26%) стая уходила от модели на максимально возможную в условиях эксперимента дистанцию, в значительной доле случаев (50%) дистанция отхода не превышала 2 м.

Процентное соотношение случаев проявления той или иной реакции свидетельствует, что в исследуемых случаях рыбы были активны и, что соотносится и с условиями натуры, движение уреза приводит к облову рыб снюрреводом. Поскольку рыбы, подверженные накоплению усталости от передержки в лабораторных условиях и непосредственно от проводимых экспериментов, изначально проявляли слабую активность, в результате это приводило к тому, что рыбы игнорировали движущуюся модель уреза, сохраняя дисперсность стаи или же сбиваясь в неподвижную стаю шаровидной формы. Также о нарастании стресса свидетельствует тенденция уменьшения активности рыб, совершающих переход через модель уреза, которая проявляется в изменении высоты стаи лишь в небольшом количестве случаев.

Пороги двигательных оборонительных реакций, проявляемых модельными рыбами на урез, имеют большое значение. Наблюдаемые в ходе эксперимента величины дистанции реагирования преимущественно лежали в интервале 0-50 см (90% случаев). Прямое сопоставление результатов модельного эксперимента с натурными условиями представляется возможным и будет выполнено на следующем этапе исследований. Что касается анализа подводных наблюдений за реакцией рыб на отдельные элементы снюрревода, то, к сожалению, таких работ было выполнено крайне мало по сравнению с наблюдениями за взаимодействием объекта лова и траловых систем, — наибольший вклад был сделан В.А. Ионасом (1960), Б.В. Выскребенцевым и М.П. Ароновым (1970), выполнившими цикл подводных наблюдений за работой донного невода в Азовском море. Дистанция, с которой наблюдалась реакция бычков на урез снюрревода, составляла 20-40 см, при этом в качестве первостепенного фактора, обеспечивающего концентрирующую способность самих урезов, В.А. Ионас выделял мутьевой шлейф. Подтверждение значимости мутьевого шлейфа отмечается также в работе Б.В. Выскребенцева и М.П. Аронова (1970), где речь идет о случаях, когда после выхода бычка из зоны действия и при отсутствии контакта уреза с дном, наблюдается движение бычка вслед за урезом и последующее возвращение в зону действия, — сам урез не воспринимается как источник опасности. Однако, по нашим собственным подводным наблюдениям, выполненным в при-

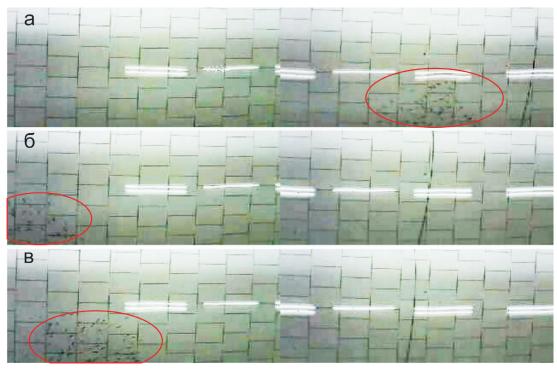


Рис. 7. Стая на расстоянии  $\sim$ 0,5 м (а) реагирует на модель уреза и начинает уходить от него. На дистанции в 3,5 м (б) стая совершает разворот и снова движется в сторону модели уреза (в)

брежных акваториях Черного моря, такое поведение бычка объясняется особенностями поведенческих реакций данного вида.

По данным прямых подводных наблюдений в зоне действия трала, особенности поведения донных рыб схожи с подводными наблюдениями за донным неводом — дистанции реагирования минимальны (Коротков, Кузьмина, 1972; Выскребенцев, 1977). Двигательная оборонительная реакция возникает как при непосредственном контакте с оснасткой орудия лова, так и на дистанциях от 0,5 до 1,0 м. Отмечается, что мобилизационно-панические реакции (Выскребенцев, 1977) у донных рыб при большой скорости их движения даже на коротких дистанциях (до 1 м) делают возможным выход рыбы из трала через дель крыльев, под крылья, под полу взвеси и через дель сетной части трала.

Изучая поведение черноморских рыб, В.А. Рекубратский (1965) выделял элементы поведения, общие у экологически близких видов и проявляющиеся при сходных биологических ситуациях. На основании анализа пищедобывательного и защитного поведения элементы были названы «экологическими стереотипами реагирования». Определяющее значение экологических стереотипов на тип оборонительного поведения рыб отмечается и в работе Б.В. Выскребенцева и Н.В. Савченко (1977). По результатам природных наблюдений и экспериментальных исследований поведения рыб, было выдвинуто положение об универсальной оборонительной реакции как ответе рыб на стимулы общей опасности.

О высокой эффективности моделирования поведения в прикладных целях и о том, что результаты исследования поведения стаи рыб в модели трала хорошо согласуются с общими закономерностями поведения объектов лова в натурном трале, утверждается в экспериментальной работе по моделированию поведения рыб Э.А. Карпенко и соавторов (1988). Установлено, что пороги двигательных реакций окуня, полученные в результате модельного эксперимента, должны быть сопоставимы с порогами придонных рыб в целом.

Б.В. Выскребенцев (1977) отмечает у придонных рыб сравнительно высокий порог двигательных реакций, лежащий в интервале 1,5–3,0 м, и широкое маневрирование по вертикали: более крутые углы опускания рыб вниз при приближении трала. В ходе эксперимента реакция на модель уреза окунями также зачастую сопровождалась кратковременной

сменой высоты стаи, однако преимущественно в сторону увеличения. Спустя незначительный промежуток времени, затрачиваемый преимущественно на разворот стаи, высота ее после контакта с урезом принимала начальное значение.

В.К. Коротков (1977) указывает аналогичные дистанции для придонных рыб, резюмируя, что двигательная реакция на раздражитель во многом зависит от видимости под водой. При видимости у дна 9–10 м дистанция составляет 2,5–3,0 м, ухудшение видимости ведет к некоторому сокращению дистанции реагирования. Оба автора также отмечают высокие концентрирующие свойства мутьевых шлейфов, поднимаемых траловыми досками. Таким образом, пороги двигательной активности, как минимум, превышают длину рыб в несколько раз, что несколько расходится с результатами нашего эксперимента.

В свою очередь, значительная доля случаев (74%) проявления оборонительной реакции модельными рыбами лишь при непосредственном контакте также может свидетельствовать о значимости мутьевых шлейфов в концентрировании рыбы. При хорошей видимости в бассейне модель уреза, не обладая мутьевым отпугивающим воздействием, может не вызывать явного отпугивающего эффекта на некоторой дистанции. Тем не менее, даже в этом случае сохраняются свойства уреза как концентрирующего элемента орудия лова, в значительной доле случаев (69%) осуществляющего сбивку рыбы.

Наиболее важным результатом эксперимента является определение величины параметра вертикального расстояния реакции рыб на движущийся модельный урез. Исходя из принятого масштабного коэффициента, в натурных условиях этот параметр должен составлять в среднем не менее 1,68±0,26 м. При этом нижняя граница стай располагается на высоте 0,16 м от грунта. Таким образом, исходя из этих данных, вертикальная составляющая зоны действия снюрревода составляет не менее 2 м. Однако максимальные начальные высоты стай, облавливаемых моделью уреза, достигали 60 см, что может указывать на то, что при пересчете на натурные условия высота стаи может составлять 4,8 м.

Полученный натурный параметр вертикальной составляющей зоны действия снюрревода (4,8 м) после расчета коэффициента уловистости приводит к сопоставимым результатам оценки

значения коэффициента уловистости снюрревода с применением инструментальных методов (Рой и др., 2014), где значение КУ, в зависимости от метода расчета, было оценено в интервале от 0,30±0,11 до 0,42±0,16 для горизонтов сбивки рыбы 3,5–6,5 м. С учетом экспериментальных данных вертикальной составляющей зоны действия, КУ натурного снюрревода оценивается в интервале от 0,35±0,15 до 0,37±0,14 (табл. 2).

Таблица 2. Оценка значения КУ снюрревода, полученных с применением инструментальных методов (горизонты 3,5 и 6,5 м) и по результатам модельного эксперимента (горизонт 4,8 м)

Горизонт сбивки м

Mama H ma arrama	т оризонт соныки, м		
$\frac{1000}{3,5}$	4,8	6,5	
С использованием			
средних значений			
плотности минтая,	0.35+0.13	0,35±0,15	0.36+0.17
зафиксированных	0,33±0,13	0,55±0,15	0,30±0,17
в зоне действия и			
облова снюрревода			
С использованием	0.42+0.16	0,37±0,14	0.30+0.11
карты распределения	0,42±0,10	0,5/±0,14	0,50±0,11

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты модельных исследований поведения рыб при контакте с урезом снюрревода в целом согласуются с данными непосредственных подводных наблюдений за поведением рыб в зоне действия как тралов, так и снюрреводов, соответствуя этологическим стереотипам реагирования.

Соотношение случаев ухода стаи от модели уреза к переходу через нее составляет 65% и 35% соответственно. Что, несмотря на отсутствие мутьевого шлейфа, обеспечивающего концентрирующую способность урезов, свидетельствует о высокой их эффективности как элемента орудия лова на промысле донных и придонных видов рыб. При этом дистанция реагирования рыб на модель уреза снюрревода была минимальна и в 90% случаев лежала в интервале 0–50 см. Дистанция отхода превышала дистанцию реагирования в несколько раз, однако в 50% случаев не превышала 2 м, и лишь в 26% случаев стаи отходили на дистанцию, максимально допустимую в условиях эксперимента.

Нижний горизонт движения стаи модельных рыб в результате контакта с урезом, независимо от типа реакции, оставался практически неизменным и составлял преимущественно 2 см. Стаи стремились сохранить контакт с грунтом. Высота самих стай при контакте с урезом также является весьма стабильным параметром, величина изменений в большинстве случаев не превышала 10 см.

При проявлении реакции ухода от уреза высота стаи изменялась как в большую, так и в меньшую сторону, переход стаей уреза сопровождался изменением высоты лишь в большую сторону.

Абсолютные начальные высоты стай окуней, условно сбиваемых моделью уреза, достигали 60 см, что при пересчете на натурные условия составляет 4,8 м. Данные эксперимента позволяют скорректировать КУ натурного учетного снюрревода, полученный с применением инструментальных методов, и оценить его в интервале от  $0,35\pm0,15$  до  $0,37\pm0,14$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Выскребенцев Б.В. 1977. Некоторые вопросы теории и методики изучения поведения рыб в связи с проблемами тралового лова / Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. М.: Наука. С. 20–23.

*Выскребенцев Б.В., Аронов М.П.* 1970. Подводные наблюдения в зоне работы орудий лова // Рыбное хозяйство. № 2. С. 21–22.

Выскребенцев Б.В., Савченко Н.В. 1977. Об оборонительном поведении рыб / Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. М.: Наука. С. 98–100.

Гдовский П.А., Ружинская Н.Н. 1990. Оценка функционального развития обонятельной и зрительной систем рыб по активности ацетилхолинэстеразы // Вопр. ихтиологии. Т. 30, вып. 2. С. 305–314.

Герасимов Ю.В., Лапиин О.М., Истомин И.Г. 2010. Особенности поведения рыб в зоне действия ловушки в экспериментальных условиях // Поведение рыб: Материалы докладов IV Всеросс. конф. с междунар. участием (19–21 октября 2010 г., Борок, Россия). М.: АКВАРОС. С. 37–42.

Золотов А.О., Терентьев Д.А., Малых К.М. 2012. Использование снюрреводных съемок для исследования биоресурсов прибрежных вод Камчатки: методические подходы и предварительные результаты // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 27. С. 99–106.

*Ионас В.А.* 1960. Исследование поведения бычка в зоне действия донного невода // Рыбное хозяйство. № 2. С. 35–39.

Карпенко Э.А., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. 1998. Исследования поведения рыб при взаимодействии с элементами моделей тралов // Вопросы теории и

практики промышленного рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова: Сб. науч. трудов. М.: ВНИРО. С. 31–42.

Коваленко М.Н., Широков Е.П., Малых К.М., Сошин А.В., Адамов А.А. 2012. Снюрреводный лов. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 168 с. Коротков В.К. 1977. Поведение рыб при лове донным тралом с крупноячейной делью / Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. М.: Наука. С. 24—29.

Коротков В.К., Кузьмина А.С. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М.: Пищ. пром-сть. 269 с.

Малин М.И., Рой И.В., Лапшин О.М. 2015. Измерение силы цели минтая (*Theragra chalcogramma*) Авачинского залива на частотах 38 и 120 кГц // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 36. С. 72–78. *Милановский Ю.Е., Рекубратский В.А.* 1960. К вопросу о методах изучения стайного поведения рыб. Научн. докл. высш. школы. Биол. науки, № 4. С. 77–82. *Пуков В.Н.* 1977. Некоторые особенности поведения сайры и совершенствование техники ее лова // Изучение поведения рыб в связи с совершенствованием орудий лова. М. С. 141–145.

*Рекубратский В.А.* 1965. Некоторые особенности защитного поведения черноморских рыб / Биологи-

ческое значение и функциональная детерминация миграционного поведения животных. М.-Л.: Наука. С. 89–91.

Рой И.В., Лапшин О.М., Малин М.И. 2014. Оценка коэффициента уловистости снюрревода датского типа с применением инструментальных методов // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 35. С. 74–86. Серебров Л.И., Тарасова Г.П. 1992. Структура и уровни группового взаимодействия рыб в стаях различного типа // Вопр. ихтиологии. Т. 32. Вып. 1. С. 176–180.

Терентьев Д.А., Малых К.М. 2012. Сравнительная характеристика стандартных съемок в Авачинском заливе при использовании снюрреводов дальневосточного и датского типов в 2009—2010 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 27. С. 107—118.

Фридман А.Л. 1969. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть. 568 с.

Gerasimov Yu.V., Lapshin O.M., Istomin I.G. 2010. Fish behaviour patterns as a basis for determining catching parameters of fish pots // ICES Document CM /I:06. 10 p.