

ПРОМРЫБОЛОВСТВО

УДК 639.2.081.117.004.17

И.В. Рой*

Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

ПОДВОДНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПОВЕДЕНИЕМ РЫБ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ
СНЮРРЕВОДА

Для оценки влияния элементов учетного снюрревода на поведение минтая *Theragra chalcogramma* в зоне его действия выполнялись наблюдения с помощью подводного видеоборудования, установленного как на специально разработанной и сконструированной экспериментальной установке, так и непосредственно на элементы снюрревода. В ходе проведения натурного эксперимента экспериментальная установка уреза снюрревода продемонстрировала свою невысокую эффективность для выполнения поставленной задачи. Несмотря на это, конструкцию можно применять для учетной съемки малоподвижных донных гидробионтов на однородных грунтах без резких изменений рельефа. Установка подводного видеоборудования непосредственно на снюрреводе показала высокую эффективность работы урезков: в зоне облова остается до 92 % рыб, находившихся в обметанном пространстве. По результатам исследований был произведен итоговый расчет коэффициента уловистости — $0,40 \pm 0,15$ с применением расчета биомассы по карте распределения.

Ключевые слова: снюрреводный лов, коэффициент уловистости, урез снюрревода, минтай, эксперимент, подводные наблюдения, реакция рыб, поведение рыб.

Roy I.V. Underwater observations on fish behavior to determine the coefficient of catchability for Danish seine // Izv. TINRO. — 2016. — Vol. 187. — P. 233–244.

Underwater observations were conducted to assess the impact of the research Danish seine elements on behavior of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in its active zone. The underwater video equipment was installed on specially designed and constructed experimental platform and on elements of the Danish seine. In the experiment with pollock, the experimental platform demonstrated its low efficiency, however, it could be used for observations on sedentary benthic organisms on homogeneous soils without sharp changes in the terrain. With the equipment installed directly on the Danish seine, high efficiency of the seine ropes was observed: up to 92 % of fish from encircled volume remained in the towed area. Taking into account this estimation and features of fish biomass distribution, the coefficient of catchability for Danish seine is determined as 0.40 ± 0.15 .

Key words: Danish seine fishery, coefficient of catchability, seine rope, walleye pollock, experiment, underwater observation, fish reaction, fish behavior.

Введение

Снюрреводный лов имеет большое значение в промышленном рыболовстве Камчатского региона, являясь основным для мало- и среднетоннажных судов. Снюрревод

* Рой Иван Владимирович, младший научный сотрудник, e-mail: iv_roy@vniro.ru.
Roy Ivan V., junior researcher, e-mail: iv_roy@vniro.ru.

обладает высокой эффективностью при облове разреженных скоплений рыб на больших площадях, при этом оказывает значительно менее негативное влияние на донные биоценозы по сравнению с донными травами, что способствует сохранению водных биоресурсов и ведению рационального рыболовства.

Однако, несмотря на значительный период применения снюрреводов на промысле, недостаточно изучены отдельные параметры процесса взаимодействия орудия и объекта лова, что в свою очередь не позволяет дать количественную характеристику уловистости снюрревода, выражающуюся через коэффициент уловистости (КУ).

Целью исследования являлись оценка влияния элементов учетного снюрревода на поведение минтая *Theragra chalcogramma* путем наблюдения за поведением рыб с помощью подводного видеооборудования, установленного как на специально разработанной и сконструированной экспериментальной установке, так и непосредственно на элементы снюрревода, и последующее определение величины зоны действия орудия лова и коэффициента уловистости при проведении учетных съемок.

В результате исследований была определена зона действия снюрревода, что делает возможным его применение в качестве учетного орудия лова для определения запасов гидробионтов в прикамчатских водах.

Реакция рыб на активные орудия лова и их элементы является одним из наиважнейших факторов в процессе лова, что стимулировало многочисленные исследования в этом направлении. В результате отмечено, что поведение рыб в зоне действия движущихся орудий лова обусловлено не столько видовыми особенностями, сколько экологической принадлежностью рыб (Рекубретский, 1965; Вискребенцев, Савченко, 1977; Гдовский, Ружинская, 1990; Fernö, 1993), что потребовало применения сравнительного подхода, принимая во внимание классификацию видов в различных экологических группах.

Большая часть исследований посвящена изучению поведения рыб в зоне действия тралов, в том числе и донных. Описаны особенности поведения многих рыб, в том числе таких демерсальных видов, как пикша, хек, сайда, путассу, треска, а также камбалы. Придонные рыбы создавали скопления в предустьевой зоне трала, двигаясь вперед в направлении движения трала между крыльями на расстоянии видимости от элементов орудия лова (Winger et al., 2010). Наблюдаемые стаи пикши имели форму узкой полосы шириной не более 5–6 особей и не более 1 м высотой (Main and Sangster, 1981). В длину такие стаи простирались настолько позволяла наблюдать прозрачность воды — 10 м и более. По мере уставания рыбы начинали медленное движение вверх с последующим скатыванием в устье трала или же выходом из зоны облова через верхнюю подбору. Выходы под нижней подборой не наблюдались, единично осуществлялись выходы рыб в пространство между крылом и мутьевым шлейфом. Весьма схоже поведение хека. Стаи высотой 1–2 м двигались на равном расстоянии от крыльев в направлении движения трала. До момента ската в мотню трала хек движется перед устьем не более 1 мин, при этом скорость движения рыб меньше, чем скорость траления.

Наблюдались как одиночные экземпляры, так и накопление трески перед нижней подборой (Main and Sangster, 1981; Rosen et al., 2012). В зависимости от размера рыб движение продолжалось от 20 до 70 с, после чего у рыб отмечалась усталость и они начинали прижиматься к грунту. При приближении бобинцев совершались скачкообразные движения между правой и левой частями предустьевой зоны. Наконец, треска разворачивалась горизонтально у дна и либо сваливалась в трал, либо уходила между бобинцами.

Камбалы сбивались в центре нижней подборки под воздействием кабелей. Рыбы реагировали и уплывали под прямым углом от приближающихся кабелей или при контакте с ними (Main and Sangster, 1981; Albert et al., 2003; Winger et al., 2004, 2010). При этом рыбы отплывали на расстояние до 1 м от кабеля и затаивались до тех пор, пока снова не были потревожены кабелем. Таким образом, двигаясь зигзагообразно, они оказывались перед нижней подборкой, где продолжали движение перед тралом до 1 мин. При наступлении усталости рыбы сваливались в трал либо уходили под подбору.

Ввиду ограниченной видимости не удавалось наблюдать сам процесс сбивки рыб урезами (Hemmings, 1967, 1973; Wardle, 1983). Пикша, сайда, ставрида, песчанка часто

наблюдались между крыльями на более поздних этапах сбивки, где они стремились занять пространство между крыльями, сохраняя при этом определенные плотности стай. При этом скопления пикши зачастую простирались в направлении перед устьем невода, насколько хватало прозрачности воды. При закрытии крыльев скопление вытягивалось в вертикальной плоскости, в некоторых случаях возвышаясь над верхней подборой и теряясь вверх. Отмечается, что при таком пространственном распределении рыбы поворачивали и уходили из зоны облова над неводом. Типичное поведение одиночных рыб на крыльях заключалось в соблюдении определенного положения относительно их. Рыба начинает движение перед неводом, и по мере увеличения скорости ее движения становятся более прерывистыми с резкими бросками. По мере устания рыба разворачивается и попадает внутрь. Авторы отмечают сходное поведение рыб в зоне действия как трала, так и снюрревода.

Поведение камбаловых в предустьевой зоне снюрревода аналогично их поведению в приустьевой зоне трала. Относительно урезов снюрревода наблюдалось два типа реакций: движение по направлению буксировки и уход от него под прямым углом. Первая реакция отмечена на ранних этапах сбивки, и в основном рыбы избегали сбивку по причине усталости и обгона урезами. Вторая реакция наблюдалась на более поздних этапах и приводила к смещению рыб к устью невода. Потеря контакта урезами или же крылом с грунтом в результате подъема на небольших неровностях приводила к выходу рыб под элементами орудий лова.

Анализ представленных материалов лег в основу при планировании собственных экспериментов по определению реакции минтая на урез невода и написании настоящей статьи.

Материалы и методы

Исследования выполнялись в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) с 14 по 30 мая 2014 г. в Авачинском заливе и с 20 по 24 июля в Кроноцком заливе (НИС КамчатНИРО типа МРТК («МРТК-316» и «Инженер Мартынов»)) (рис. 1). В Авачинском заливе работы по изучению характера двигательных реакций минтая на урез снюрревода проводились на глубинах от 30 до 150 м, в Кроноцком — от 80 до 200 м.

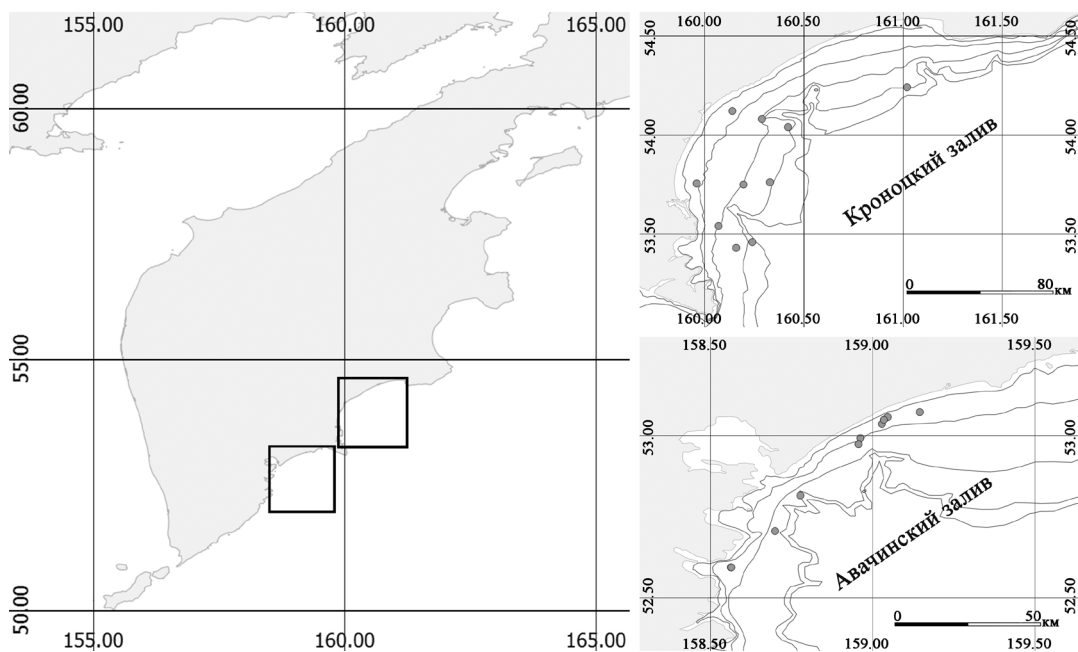


Рис. 1. Район выполнения исследований
Fig. 1. Area of research

Для выполнения подводных наблюдений за поведением рыб и изучения их реакции на элементы снюрревода, в частности на урез, в Авачинском заливе была применена оригинальная экспериментальная установка (рис. 2), представляющая собой металлические полозья, соединенные трехметровой полый трубой. Между полозьями крепился отрезок уреза, аналогичный применяемому на снюрреводах. Для осуществления буксировки установка крепилась через проушины в полозьях к судовой лебедке. Для осуществления видеозаписи использовалась видеокамера «Drift HD Ghost-S», помещенная в глубоководный герметичный бокс. Бокс крепился к трубе на платформе таким образом, чтобы можно было изменять угол наклона камеры по вертикали. Для освещения применяли подводные фонари «XTAR D26», световой поток 1000 лм со светорассеивателями, закрепленные на трубе на расстоянии 50 см от бокса.

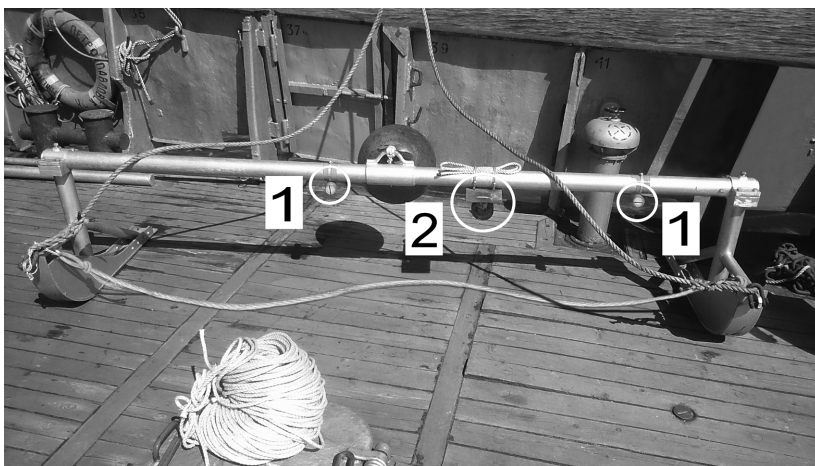


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки для подводных наблюдений за поведением рыб: 1 — подводные фонари; 2 — глубоководный герметичный бокс с видеокамерой

Fig. 2. General view of experimental system for underwater observations of fish behavior: 1 — underwater lights; 2 — deep-water box with video camera

В первом варианте экспериментальная установка опускалась с борта НИС при помощи лебедки. Для лучшей устойчивости экспериментальной конструкции на трубе в центре был прикреплен кухтыль. Время буксировки выбиралось в соответствии с ресурсами элементов питания подводного оборудования и составляло 1,5 ч. Скорость буксировки варьировалась от 0,5 до 2,0 уз, что соответствует скорости движения уреза снюрревода на разных этапах замета. Для получения информации о размерно-массовом составе рыб, необходимой для последующей обработки видеоданных, выполнялись заметы снюрревода.

Во втором варианте видеозаписывающее и световое оборудование устанавливалось непосредственно на снюрреводе (40,3/39,3 м, урезы длиной 1500 м) — на канате крыла у клячки (рис. 3). Монтаж ударостойкого глубоководного бокса с камерой и модифицированного фонаря ПРФ-СД-1 осуществлялся на деревянной направляющей. Световой поток фонаря составлял не менее 600 лм. Расстояние между фонарем и боксом камеры — 25 см, заметы выполнялись в стандартном промысловом режиме. Для стабилизации движения видеоаппаратуры в водной среде и минимизации гидродинамических воздействий на конструкцию у камеры и фонаря крепились кухтыли, благодаря чему оптическая ось камеры была направлена параллельно грунту. Таким образом, высота горизонта хода подводного оборудования была равна высоте клячки и составляла 1 м. В ходе выполнения экспериментов фиксировались биологические характеристики уловов, необходимые для дешифрирования полученных видеоданных.

Обработка и интерпретация видеоматериалов для получения данных, необходимых для оценки зоны действия снюрревода, проводились в соответствии с техническими характеристиками видеооборудования: матрица — Cmos Sony Exmor 12 мп, 1/2.5” формата 3:4, 7-элементный стеклянный объектив, фокусное расстояние $2,97 \pm 0,50$ мм,



Рис. 3. Установка подводного оборудования на снюрреводе
Fig. 3. Underwater video equipment installed on Danish seine

режим видеосъемки — 1080 ТВЛ, 60 кадров/с, — а также калибровочными данными, полученными в бассейне. Калибровка видеокамеры была выполнена для компенсации дисторсионных искажений, возникающих на отснятых видеоматериалах.

В ходе калибровки камеры, помещенной в бокс, с различных дистанций с шагом 0,5 м делались снимки калибровочного объекта с линейным размером 39 см. Значение длины калибровочного объекта обусловлено средним значением длины (AD) минтая в уловах. Затем на полученных снимках измерялся размер объекта в пикселах. Таким образом была получена степенная зависимость изменения размера объектов в кадре (пиксел) от их расстояния от объектива видеокамеры (метры) (рис. 4) с высокой достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9966$. Полученное уравнение регрессии позволяет вести расчеты дистанции реагирования минтая на урез снюрревода по средним значениям длины рыб.

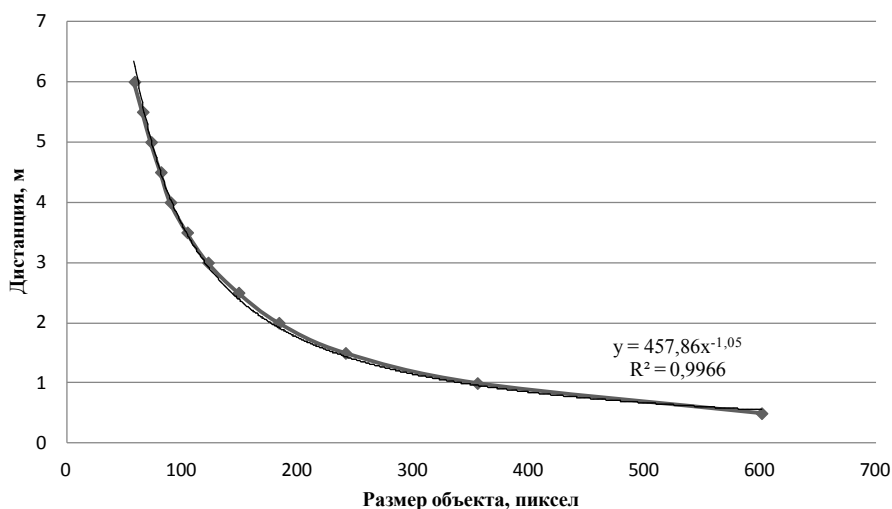


Рис. 4. Зависимость размера объекта в кадре от его расстояния до камеры
Fig. 4. Dependence of an object size in video frame on its distance from video camera

Согласно стандартным нормам для систем телевидения замкнутого контура (CCTV) дистанция распознавания для видеосистем с аналогичными характеристиками составляет 7,9 м при необходимом для этого линейном разрешении 100 пикселей/м. Однако указанная дистанция искусственно ограничена при проведении исследований

6 м по причине плохой различимости объектов на снимке при более дальних дистанциях, а также ввиду низкой прозрачности воды. С учетом угла обзора видеокамеры в вертикальной плоскости 60° , указанного в технических характеристиках видеокамеры, и нахождения ее оптической оси на высоте 1 м высота обзора по вертикали на снимке составляет не более 4,5 м (рис. 5).

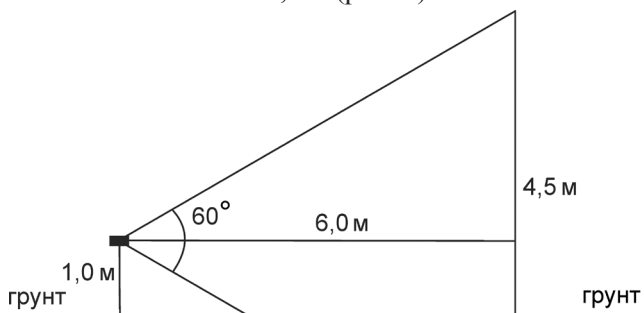


Рис. 5. Поле зрения видеокамеры
Fig. 5. View field of video camera

Таким образом, зная размер объекта на снимке в пикселах a и его смещение относительно оптической оси снимка o' также в пикселах (рис. 6), можно рассчитать горизонт движения объекта o в метрах. Для этого необходимо определить относительный размер пиксела изображения на дистанции нахождения интересующего нас объекта. Дистанцию до объекта l находим при помощи степенной регрессии:

$$l = 457,86a^{-1,05}. \quad (1)$$

Для решения задачи необходимо знать значение половины высоты поля обзора O в метрах на дистанции, в вертикальной плоскости которой находится объект:

$$O = l \operatorname{tg} 30^\circ. \quad (2)$$

Далее рассчитываем высоту объекта над грунтом с учетом его положения в кадре o' , в том числе относительно оптической оси, и крепления камеры на кляче (1 м над грунтом):

$$o = 1 + Oo'/O', \quad (3)$$

где O' — половина высоты кадра в пикселах, имеет постоянное значение 540.

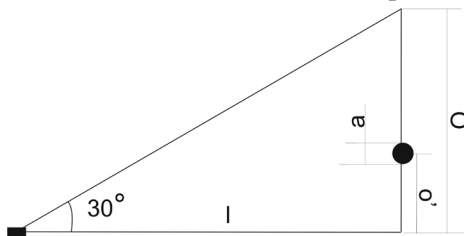


Рис. 6. Схема расчета высоты нахождения объекта
Fig. 6. Scheme for calculating of height of an object location

При обработке видеоматериалов было выделено три типа оборонительных реакций минтая на урез снюрревода: 1 — резкое изменение направления движения в сторону центра обметанного пространства; 2 — постепенное удаление от уреза вглубь обметанного пространства; 3 — выход минтая из обметанного пространства.

Расчет биомассы минтая в зоне действия снюрревода производится по картам распределения, построенным в ГИС Картмастер, на основании плотностей распределения минтая, полученных на станциях в результате выполнения гидроакустической съемки (Рой и др., 2014).

Результаты и их обсуждение

Для определения зоны действия снюрревода с применением экспериментальной установки было выполнено 10 буксировок. Однако эксперименты не позволили зафиксировать реакцию минтая при контакте с установкой. Очевидно, что сказался недоучет масштабного эффекта при планировании данного эксперимента, т.е. установка вследствие небольшой длины элемента уреза не создавала улавливающего эффекта на объект лова. Однако в секторе обзора видеокамеры эпизодически фиксировались крабы, камбалы, скаты и бычки (рис. 7).

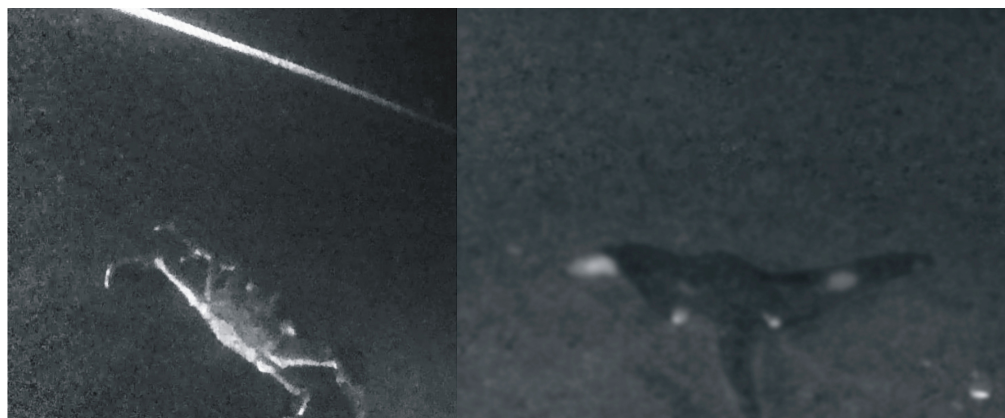


Рис. 7. Донные гидробионты, реагирующие на элемент уреза снюрревода: краб (слева), скат (справа)

Fig. 7. Bottom organisms coming into contact with a model of Danish seine rope: crab (left), ray (right)

Практически все донные гидробионты (особенно донные виды рыб — камбалы, бычки, скаты и т.п.), вступающие в контакт с приближающейся модельной установкой, проявляли схожую реакцию и смещались внутрь моделируемого обметанного урезами снюрревода пространства. Исключением являлись крабы, которые игнорировали движущуюся конструкцию, и рыбы, покидавшие моделируемую зону действия снюрревода, очевидно, по причине усталости. Однако на некоторых видеозаписях наблюдались стаи рыб, которые на скорости, превышающей скорость буксировки модели, подплывали к ней, не демонстрируя оборонительной реакции. Рыбы в течение непродолжительного времени продолжали хаотичное движение перед камерой, после чего удалялись от конструкции в направлении движения (рис. 8).



Рис. 8. Хаотичное перемещение стаи рыб, обогнавшей модель уреза снюрревода

Fig. 8. Chaotic movement of a fish school at the model of Danish seine rope

Для установления причин отсутствия реакции минтая на модельную установку были выделены две наиболее вероятные: во-первых, во время начала экспериментов минтай перестал образовывать плотные нерестовые скопления, на которых планировалось проводить эксперимент; во-вторых, изготовленная конструкция генерировала слишком сильное шумовое поле, распугивая и без того немногочисленных особей минтая задолго до их попадания в объектив камеры.

На втором этапе исследований установка видеооборудования производилась непосредственно на снюрреводе, что позволило осуществить полноценные наблюдения за поведением минтая в зоне действия урезов снюрревода. В ходе проведения эксперимента было выполнено 8 заматов, 5 из них дали удовлетворительные уловы и, как следствие, информативные видеоданные о реакции минтая на урез снюрревода на этапах сбивки и выборки урезом.

На одном из видеофрагментов первые экземпляры минтая попадают в поле зрения видеокамеры уже на четвертой минуте с начала движения уреза снюрревода. Всего в ходе обработки видеозаписей, полученных на этапе сбивки и на протяжении практически всей выборки, было зафиксировано 528 контактов минтая с урезом снюрревода. Из них 389 с одиночными объектами и 139 контактов с мелкими стаями. В поле зрения объектива видеокамеры попадают стайки от 2 до 6 рыб. Общее же количество рыб, зафиксированных видеокамерой, составило 782 экз. По данным биологического анализа средняя длина минтая из уловов снюрревода составляла $39,0 \pm 1,64$ см ($p = 0,95$).

В ходе подводных наблюдений за поведением рыб в зоне действия снюрревода были выделены три типа реакции: резкое изменение направления движения рыб внутрь обметанного пространства, постепенное удаление рыб от уреза внутрь обметанного пространства, выход минтая из обметанного пространства (рис. 9).

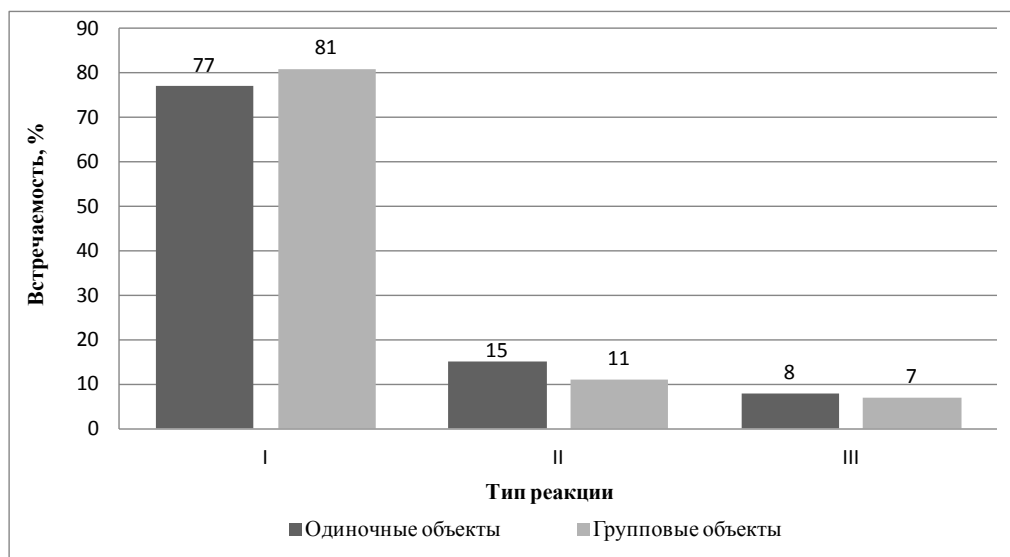


Рис. 9. Встречаемость реакций минтая на урез снюрревода: *I* — резкое изменение направления движения внутрь обметанного пространства; *II* — постепенное удаление от уреза внутрь обметанного пространства; *III* — выход минтая из обметанного пространства

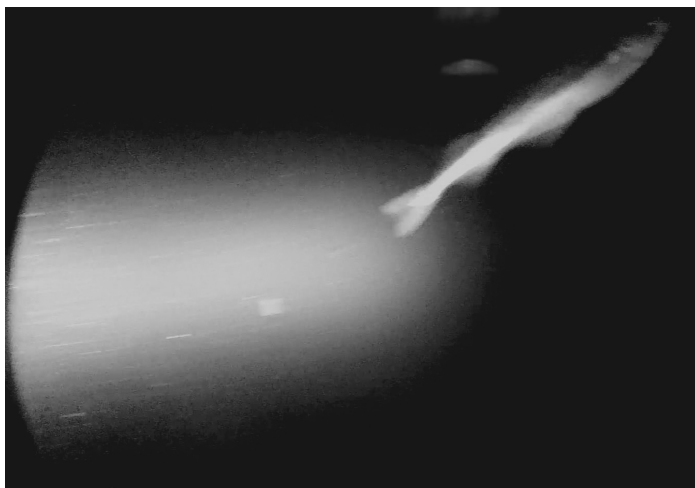
Fig. 9. Occurrence of walleye pollock reactions on seine rope: *I* — sharp change in direction of movement inside encircled space; *II* — gradual distancing from seine rope inward the encircled space; *III* — escape from the encircled space

На раннем этапе сбивки урезом наблюдались отдельные случаи выхода минтая из зоны действия снюрревода. Происходило это, видимо, по причине малой скорости движения уреза и, как следствие, отсутствия мутевого шлейфа. Минтай практически не проявлял реакцию на урез, двигался вдоль него и выходил из обметанного пространства. Более того, в первые несколько минут после начала движения уреза рыбы проявляли некоторую заинтересованность и подходили на близкие дистанции к урезу, после чего удалялись. По мере увеличения скорости движения уреза выход минтая из зоны действия орудия лова отмечался реже. При этом наблюдался резкий скачок рыб вверх и по направлению выхода из обметанного пространства (рис. 10). Некоторые рыбы выходили из облавливаемого пространства без смены горизонта движения.

После того как скорость движения уреза возрастала, поведение минтая изменялось и доминантной реакцией на элементы орудия лова становилась оборонительная реак-

Рис. 10. Уход одиночной особи минтая из зоны действия снюрревода

Fig. 10. Escape of a single walleye pollock out from the active zone of Danish seine



ция с последующим уходом от раздражителя. Большинство рыб (до 92 %), попавших в поле зрения камеры (высота горизонта 4,5 м), оставались внутри облавливаемого пространства. Наиболее встречаемой реакцией минтая на урез было резкое изменение направления движения к центру обметанного пространства (рис. 11), которое сопровождалось изменением горизонта движения по сравнению с исходным. При этом дистанция реагирования варьировала от 0,5 до нескольких метров.

Рис. 11. Резкий разворот и уход рыб в направлении от уреза

Fig. 11. Sharp turn and movement of fish from seine rope



Менее распространенным типом реакции объекта лова на урез было постепенное отдаление от него вглубь обметанного пространства, что наблюдалась как с одиночными, так и с групповыми объектами. Рыбы не проявляли резких и скачкообразных движений, плавно подходя на более близкие дистанции к урезу и к вызванному его движением по дну мутевому шлейфу, затем так же плавно удаляясь (рис. 12). При проявлении данного типа реакций минтай практически не изменял горизонта своего движения по сравнению с исходным.

Диаграмма на рис. 13 показывает, что дистанция, с которой проявляется реакция ухода от уреза одиночных экземпляров минтая, несколько отличается от аналогичной дистанции у минтая в стае. Одиночные рыбы подходят на значительно меньшее расстояние к урезу. В случае наблюдения стай реакция всех рыб, находящихся в поле зрения, обуславливалась поведением одного или нескольких экземпляров, находящихся ближе всего к элементам орудия лова. В целом в 83 % случаев оборонительная



Рис. 12. Движение минтая вдоль движущегося уреза с плавным уходом вглубь обметанного пространства

Fig. 12. Walleye pollock movement along moving seine rope with smooth running deep into the encircled space

реакция у наблюдаемых рыб, как одиночных, так и стайных, выражающаяся в уходе вглубь обметанного пространства, проявлялась на расстоянии 2–5 м. При наблюдении групповых объектов отличие реакции отдельных объектов от реакции всей группы на раздражитель наблюдалось крайне редко — 9 случаев. Все эти случаи происходили тогда, когда минтай по каким-либо причинам слишком сильно приближался к урезу, вслед за чем следовал резкий скачок особи вверх в стремлении выйти из обметанного пространства. Степень агрегированности рыб в ходе наблюдений не сказалась принципиально на горизонте движения объектов, и более 80 % рыб двигались над грунтом на расстоянии не более 2 м, что сопоставимо с высотой мутьевого шлейфа, создаваемого движущимся урезом. При этом концентрация минтая в зоне взаимодействия рыб с урезом снуровода не отличалась высокой плотностью: в кадре наблюдается от 1 до 6 рыб.

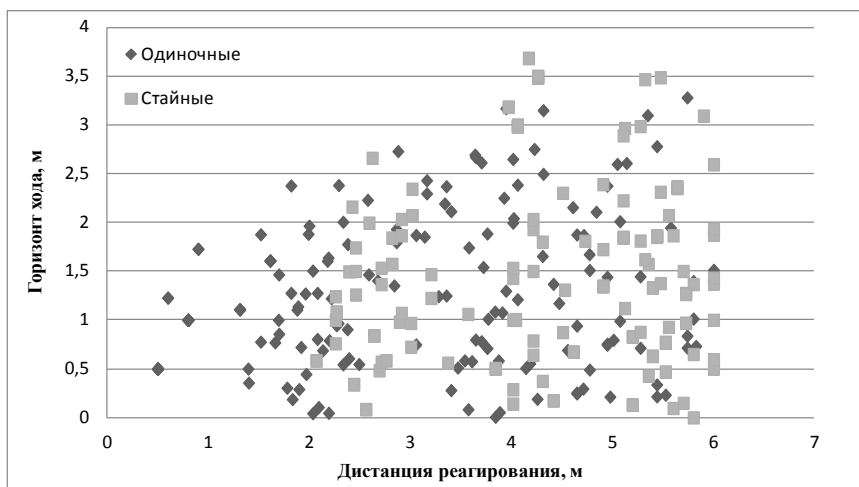


Рис. 13. Пространственное положение минтая относительно уреза при регистрации попыток его ухода от движущегося уреза

Fig. 13. Spatial position of walleye pollock relative to the seine rope in process of its attempts of distancing from the moving seine rope

Весьма характерны вертикальные перемещения минтая при возникновении оборонительной реакции на урез. Во время ухода от уреза в том или ином направлении вглубь обметанного пространства горизонт движения в большинстве случаев не изменялся. При преодолении препятствия в виде мутьевого шлейфа преимущественно наблюдалось смещение объекта в верхние горизонты, однако встречались и случаи, когда рыбы стремительно бросались непосредственно в шлейфовое облако (рис. 14).

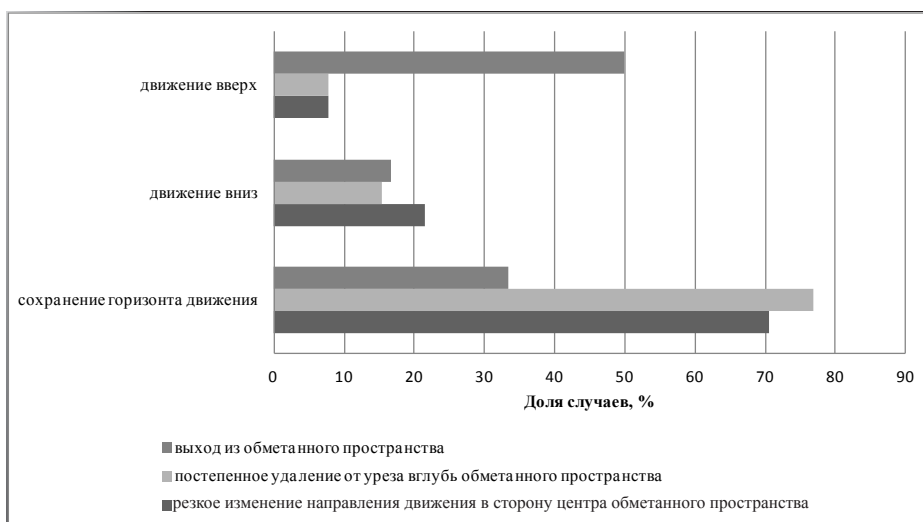


Рис. 14. Перемещения минтая при проявлении различных типов реакций на урез
Fig. 14. Movement of walleye pollock in different types of reactions to the seine rope

Полученные в ходе подводных наблюдений данные в целом согласуются с предварительными оценками, полученными с применением инструментальных методов (Рой и др., 2014) и посредством моделирования реакции рыб на урез (Рой и др., 2015). Прежде всего следует отметить горизонт движения минтая — его наиболее встречаемую и максимальную величину. В обоих случаях высота движения рыб над грунтом, как в натуре, так и при пересчете из модели, преимущественно не превышала 2 м, максимальные наблюдаемые значения в натуре — не более 4 м, что несколько меньше, чем значение, полученное в результате модельного эксперимента (4,8 м). Дистанция реагирования рыб на урез также имеет схожие показатели с той разницей, что в условиях природы вследствие наличия мутьевого шлейфа очень незначительное число рыб подходило к урезу на расстояние менее 2 м.

Коэффициент уловистости орудий лова рассчитывается как отношение массы минтая в улове ко всей биомассе рыбы, находящейся в обловленном объеме воды непосредственно до начала лова. Для расчета итоговых значений КУ использовались материалы более ранних исследований (Рой и др., 2014). При определении биомассы с использованием усредненного значения плотности рыб на станции по результатам гидроакустической съемки с учетом полученных данных о зоне действия снюрревода величина КУ орудия составляет $0,35 \pm 0,14$. Однако, по нашему мнению, более корректным в отношении орудия лова, ведущего учетную съемку, является метод расчета биомассы с использованием карты распределения. В таком случае КУ принимает значение $0,40 \pm 0,15$.

Исходя из мультипликативной схемы уловистости (Кадильников, 2001) уловистость снюрревода можно представить следующим образом:

$$P = P_y P_c, \quad (4)$$

где P — полная уловистость снюрревода; P_y — условная вероятность сбивки рыбы урезами снюрревода; P_c — условная вероятность попадания рыбы в снюрревод и удержания ее в нем.

Таким образом, согласно расчетам уловистость самого снюрревода составляет 0,43.

Заключение

В ходе проведения натурного эксперимента модельная установка уреза снюрревода продемонстрировала свою незначительную эффективность для выполнения задач наблюдения за предполагаемым объектом лова. Возможно, это связано лишь с низкой концентрацией минтая, однако наиболее вероятен фактор распугивания его акустическими шумами, создаваемыми в результате движения металлической конструкции по дну. Несмотря на это, конструкцию можно применять для учетной съемки малоподвижных

донных гидробионтов на однородных грунтах без резких изменений рельефа. Применение хорошего освещения и широкоугольных видеокамер с известными техническими характеристиками позволит не только определить видовой состав, но и оценить размерный ряд.

Использование подводной видеотехники, установленной на модельной экспериментальной установке, а также непосредственно на снюрреводе, дает возможность получать данные о поведенческих реакциях рыб, в особенности минтая, на элемент снюрревода — урез, работа которого вносит наиболее значительный вклад в формирование уловов. Практически в полном объеме урезами сбиваются донные виды рыб — камбалы, бычки, скаты и т.п.

Обработка материалов видеонаблюдения, полученных в результате установки оборудования непосредственно на снюрреводе, показала, что проявляемые минтаем оборонительные реакции весьма однотипны и наиболее распространенной из них являлось движение параллельно урезам с плавным отходом во внутреннюю зону обметанного пространства. Таким образом, действительно урезы обладают высокой эффективностью сбивки рыбы: условная вероятность сбивки рыбы урезами снюрревода составляет 0,92.

Тем самым мы подтверждаем первоначальную гипотезу о высоком улавливающем воздействии урезков на придонные скопления минтая, т.е. наибольший вес в уловистости минтая вносят урезы. При этом исходя из мультипликативной схемы уловистости условная вероятность попадания рыбы в снюрревод и удержания ее в нем составляет 0,43, а полная уловистость снюрревода — $0,40 \pm 0,15$.

Список литературы

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

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

Кадильников Ю.В. Вероятностно-статистическая теория рыболовных систем и технологической доступности для них водных биологических ресурсов : моногр. — Калининград : АтлантНИРО, 2001. — 277 с.

Рекубратский В.А. Некоторые особенности защитного поведения черноморских рыб // Биологическое значение и функциональная детерминация миграционного поведения животных. — М. ; Л. : Наука, 1965. — С. 89–91.

Рой И.В., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. Исследования поведения рыб в зоне действия уреза снюрревода в модельных условиях // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2015. — Вып. 38. — С. 96–105.

Рой И.В., Лапшин О.М., Малин М.И. Оценка коэффициента уловистости снюрревода датского типа с применением инструментальных методов // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2014. — Вып. 35. — С. 74–86.

Albert O.T., Harbitz A., Høines A.S. Greenland halibut observed by video in front of survey trawl: behavior, escapement, and spatial pattern // J. Sea Res. — 2003. — Vol. 50, Iss. 2–3. — P. 117–127.

Fernö A. Advances in understanding of basic behaviour: consequences for fish capture studies // ICES mar. Sei. Symp. — 1993. — № 196. — P. 5–11.

Hemmings C.C. Direct observation of the behaviour of fish in relation to fishing gear // Helgoländer wiss. Meeresunters. — 1973. — Vol. 24. — P. 348–360.

Hemmings C.C. Divers observe the Danish seine net // Scot. Fish. Bull. — 1967. — № 28. — P. 17–20.

Main J. and Sangster G.I. A study of the fish capture process in a bottom trawl by direct observations from a towed underwater vehicle : Scot. Fish. Res. Rep. — 1981. — № 23. — 23 p.

Rosen S., Engås A., Fernö A., and Jørgensen T. The reactions of shoaling adult cod to a pelagic trawl: implications for commercial trawling // ICES Journ. of Mar. Sci. — 2012. — № 69. — P. 303–312.

Wardle C.S. Fish Reactions to Towed Fishing Gears // Experimental Biology at Sea / A.G. Macdonald and I.G. Priede (eds). — L. ; N.Y. : Academic Press, 1983. — P. 167–195.

Winger P.D., Eayrs S., Glass C.W. Fish behaviour near bottom trawls // Behaviour of Marine Fishes: capture Processes and Conservation Challenges / P. He (ed.). — Blackwell Publishing, 2010. — P. 67–103.

Winger P.D., Walsh S.J., He P., and Brown J.A. Simulating trawl herding in flatfish: the role of fish length in behaviour and swimming characteristics // ICES Journ. of Mar. Sci. — 2004. — № 61. — P. 1179–1185.

Поступила в редакцию 3.10.16 г.