

Техника для рыбохозяйственных  
исследований

УДК 597-151:681.883.4

Эффективность акустического метода управления  
поведением рыб и факторы, влияющие на нее*А.В. Митителло, Н.Г. Ключарева, Ю.Н. Кравченко*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: av\_mititello@vniro.ru, nklyuch@vniro.ru, kravyn@vniro.ru

Акустический метод является эффективным средством управления нагульным поведением рыб, его совершенствование обуславливает необходимость проведения ряда экспериментов. В описанных исследованиях, акустический сигнал электромагнитного излучателя используется как условный стимул в формировании условно-рефлекторного поведения рыб. Исследования проводятся в Тверской области, на Вазузском водохранилище, вблизи Зубцовского рыбозавода, в течение пяти лет. Описаны экспериментальные работы 2018 года, связанные с выделением искусственного акустического стимула на фоне других факторов, сопутствующих управлению поведением рыбных скоплений, и оценке его информационной значимости для рыб. Систематизирована и рассмотрена совокупность факторов, влияющих на применимость и эффективность метода. Проведено сравнение особенностей поведения групп рыб, одной — обученной с помощью акустического метода, другой — собранной исключительно методом прикармливания. Доказано, что группу рыб, приученную приходить на акустический сигнал можно перемещать быстрее, чем рыб, прикормленных без сигнала. Было отмечено, что у обученных рыб формируются характерные особенности поисково-кормового поведения, позволяющие выделять их на фоне прочих. Результаты экспериментальных работ позволяют утверждать, что сигнал акустического стимулятора «ЭМИ», используемый в рамках метода, является приоритетным фактором для формирования управляемой группы. Показано, что применение акустического метода управления поведением рыб позволяет создавать скопления рыб, которые можно собирать в выбранных точках акватории с приемлемыми для данного вида условиями среды и перемещать его на дистанции до 280 м за один переход. Корректировка элементов данного метода управления поведением водных биоресурсов, исходя из задач и условий работ, особенностей водоёмов и целевых видов рыб, расширяет возможности его применения.

**Ключевые слова:** управление поведением рыб, условно-рефлекторное обучение рыб, акустический стимулятор, гидроакустический мониторинг.

**ВВЕДЕНИЕ**

Возможность управления поведением рыб, а именно, перераспределение их скоплений, перспективна для решения большо-

го круга задач в рыболовстве, рыбоводстве и рыбозащите. Применение звуковых стимулов имеет ряд преимуществ перед другими способами воздействия.

На полигоне Вазузского водохранилища в 2018 году были продолжены исследования по оценке возможностей управления поведением гидробионтов, а именно, перемещению обученных рыб по акватории нагула, с использованием акустического электромагнитного излучателя «ЭМИ» в рамках разработанного ранее метода [Воловова, Долгих и др., 2017].

В процессе проведения исследований решались следующие задачи:

- сравнение особенностей формирования и перемещения группы рыб, обученной с использованием методики условно-рефлекторного привлечения, и контрольной группы, приученной приходить только на корм;

- изучение отклика приученных на звуковой сигнал рыб на единовременное привлечение в две равноудаленные точки, с акустическим сигналом и прикормкой и только кормом;

- определение максимальной дистанции отклика обученных рыб на акустический сигнал.

### МЕТОДИКА

Для обучения рыб естественного водоёма применялась методика условно-рефлекторного привлечения с использованием акустического сигнала как условного стимула. Акустический стимулятор «ЭМИ», как и применяемый ранее стимулятор «Сигнал-М», излучает кодированные послылки, состоящие из четырёх импульсов с заполнением

частоты 300 Гц, излучаемых в следующей последовательности: первый — 100, второй — 290, третий — 290, четвёртый — 180 мс; интервалы между импульсами в посылке — 180 мс, паузы между посылками 1,1с [Воловова, Красюк, 1987]. Сигнал, излучаемый акустическим стимулятором «ЭМИ», отображен на рис. 1.

Обучение состоит из последовательности регулярных сеансов регламентированной по времени подачи акустического сигнала, сопровождающейся подкормкой. Используется многокомпонентный корм TetraPond MultiMix.

Регламент стандартного сеанса состоит из следующих фаз:

- 5 минут — «Сигнал», работа акустического сигнала;

- 20 минут — «Сигнал + корм», работа акустического сигнала, сопровождающегося подкормкой рыб;

- 10 минут — «Пауза», работа сигнала и кормление приостанавливаются;

- 20 минут — «Сигнал + корм 2», работа акустического сигнала, сопровождающегося подкормкой рыб.

Такие сеансы проводятся дважды в день, утром и вечером, в пике кормовой активности рыб.

Работы проводились с лодки, оснащенной акустическим стимулятором «ЭМИ», эхолотом и плавучей кормовой площадкой.

Вся серия экспериментов сопровождалась гидроакустическим мониторингом с использованием эхолота Simrad EK15



Рис. 1. Характерный вид отдельного сигнала гидроакустического стимулятора «ЭМИ»

с антенной, направленной от дна к поверхности. Таким образом, условно конический луч антенны захватывает больший объём водной толщи в её приповерхностном слое. Гидроакустический мониторинг проводился на каждом сеансе, если позволяли погодные условия.

При оценке численности рыб в процессе проведения сеанса использовался мильный коэффициент поверхностного обратного рассеивания (NASC) [MacLennan et al., 2002] в размерности  $\text{м}^2/\text{м}$  миля<sup>2</sup>, рассчитанный для каждой минуты сеанса и принятый за индекс численности для данной серии экспериментов. Данный параметр является энергетической характеристикой эхосигнала от рыбных скоплений. При одновидовых и одноразмерных скоплениях NASC однозначно характеризует численность рыб в озвученном объёме, поскольку плотность рыб определяется как отношение NASC к  $\delta$  (эффективное обратное рассеяние ультразвука одиночной рыбой, измеряемое в  $\text{м}^2$ ). При разнородных и разноразмерных скоплениях ситуация не столь очевидна. Но принимая во внимание, что размерно-видовой состав рыб, вовлечённых в экспериментальную группу, был однороден на протяжении нескольких лет исследований, и результирующие значения  $\delta$  имели незначительную вариабельность из года в год, значение NASC может характеризовать динамику численности рыб в процессе сеансов.

В работах 2018 года были поставлены два эксперимента, в которых фактор акустического воздействия и фактор наличия корма были пространственно разнесены для оценки значимости каждого из них.

В первом случае происходило параллельное обучение местных рыб на разных участках водохранилища, разделённых русловой частью. Пространственная схема работы представлена на рис. 2.

У одного берега проводились стандартные сеансы с акустическим сигналом и подкреплением кормом, у другого, в схожем по условиям месте, — приучение проводилось только с использованием корма. Было проведено по 12 сеансов на этих точках. Это



Рис. 2. Схема эксперимента по формированию и перемещению обученной и контрольной групп рыб

позволило оценить особенности поведения рыб этих групп и динамику накопления их численности.

Затем во второй части этого эксперимента источники стимуляции были смещены на 75–80 м, для оценки эффективности перемещения скоплений. Обработаны эхограммы гидроакустических станций на точках до и после переходов и выполнен сравнительный анализ данных.

Во втором эксперименте группе, приученной собираться на акустический сигнал, был предоставлен выбор между равноудаленными точками, на одной из которых подавался только корм, а на другой — подавался сигнал, сопровождаемый подкормкой, схема представлена на рис. 3.

Эксперимент был организован следующим образом: в точке, на которой проводились предшествующие сеансы, два оператора на двух лодках включали акустический сигнал на



**Рис. 3.** Схема эксперимента по выявлению приоритетного фактора акустического метода управления поведением рыб

пять минут, затем, в течение ещё десяти минут, подкрепляли его кормом. Собранные таким образом обученные рыбы, операторы расходились в противоположных направлениях на 120 м каждый. Затем синхронно проводились сеансы, в одном случае — полный сеанс с акустическим стимулятором, в другом — половина сеанса привлечения на корм. Эксперимент сопровождался гидроакустическим мониторингом, сперва — на полусеансе с прикармливанием, а затем эхолот передавался другому оператору, выполняющему сеанс с акустическим стимулятором. Эксперимент выполнен дважды со сменой направления движения операторов. Синхронные сеансы сопровождались видеозаписью поверхности в кормовых площадках и вокруг них.

Определение максимальной дистанции действия сигнала «ЭМИ» на обученных рыб было выполнено путём сбора их в исходной точке, затем переходе лодки с операторами на дистанцию в 380 метров, выполнении короткого сеанса привлечения, а после этого — пошагового сокращения дистанции на 50 м с полусеансами на контрольных точках, вплоть до появления экспериментальной группы, демонстрирующей характерное поведение. Схема эксперимента представлена на рис. 4.



**Рис. 4.** Схема эксперимента по определению максимальной дистанции реакции рыб на сигнал акустического излучателя

В рамках проведения фоновых исследований акватории экспериментального полигона были проведены гидроакустические съёмки, выполненные параллельным галсированием с использованием научных эхолотов Simrad EY500 и EK15. Записанные в процессе съёмок эхограммы были обработаны в пост-процессинговой системе EchoView 3.50 (demo), затем в геоинформационной системе «Картмастер» построены планшеты распределения в размерности коэффициента обратного рассеивания,  $Sa$  ( $m^2/ga$ ).

В течение периода исследований оценивалось влияние параметров среды обитания на кормовую активность гидробионтов, проводились регулярные метеорологические наблюдения, измерения температуры и концентрации кислорода в воде с использованием термооксиметра OxyGuard Handy Polaris, прозрачность воды измерялась диском Секки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При параллельном обучении двух групп местных рыб, с использованием акустического стимулятора и без него, были обнаружены значительные отличия в их поведении.

В отличие от контрольной группы, привлекаемой только на корм, группа, приученная с использованием акустического сигнала, демонстрировала быстрый рост численности, проявляла высокую кормовую активность в непосредственной близости от лодки и операторов в пределах кормовой площадки. Стабильные заходы рыб на кормовую площадку были отмечены уже на 4 сеансе, а при последующем обучении их численность и кормовая активность заметно увеличилась. На протяжении 8 дней и 12 сеансов было сформирована стабильная группа, состоящая из уклейки обыкновенной, визуально оцениваемая примерно в сто экземпляров.

По наблюдениям этого и предыдущих сезонов работ для приученных рыб характерны следующие особенности поведения:

- отсутствие страха перед лодкой, людьми в ней, в том числе их голосом и жестикულიцией;
- активное кормление в периметре кормовой площадки, плавучего кольца диаметром 2,5 м и вблизи него;
- преобладание крупных особей;
- активное кормление с первых секунд фазы «Сигнал + корм», что означает подход рыбы к лодке ещё до того, как в воду попадает корм.

Эти особенности настолько ярко выражены, что позволяют определять принадлежность рыб к обученной акустическим методом группе.

Результаты обработки эхограмм гидроакустических станций на точках до и после переходов представлены на рис. 5. Зна-

чения индекса численности для точек, где использовался акустический стимулятор, более чем на порядок превышают значения контрольных точек, на которых для привлечения использовался исключительно корм. При переходе с точки 1 (с акустическим стимуляцией) на точку 2 численность осталась стабильно высокой, а при переходе с точки контроль 1к (без акустической стимуляции) на точку контроль 2к — упала на 40%.

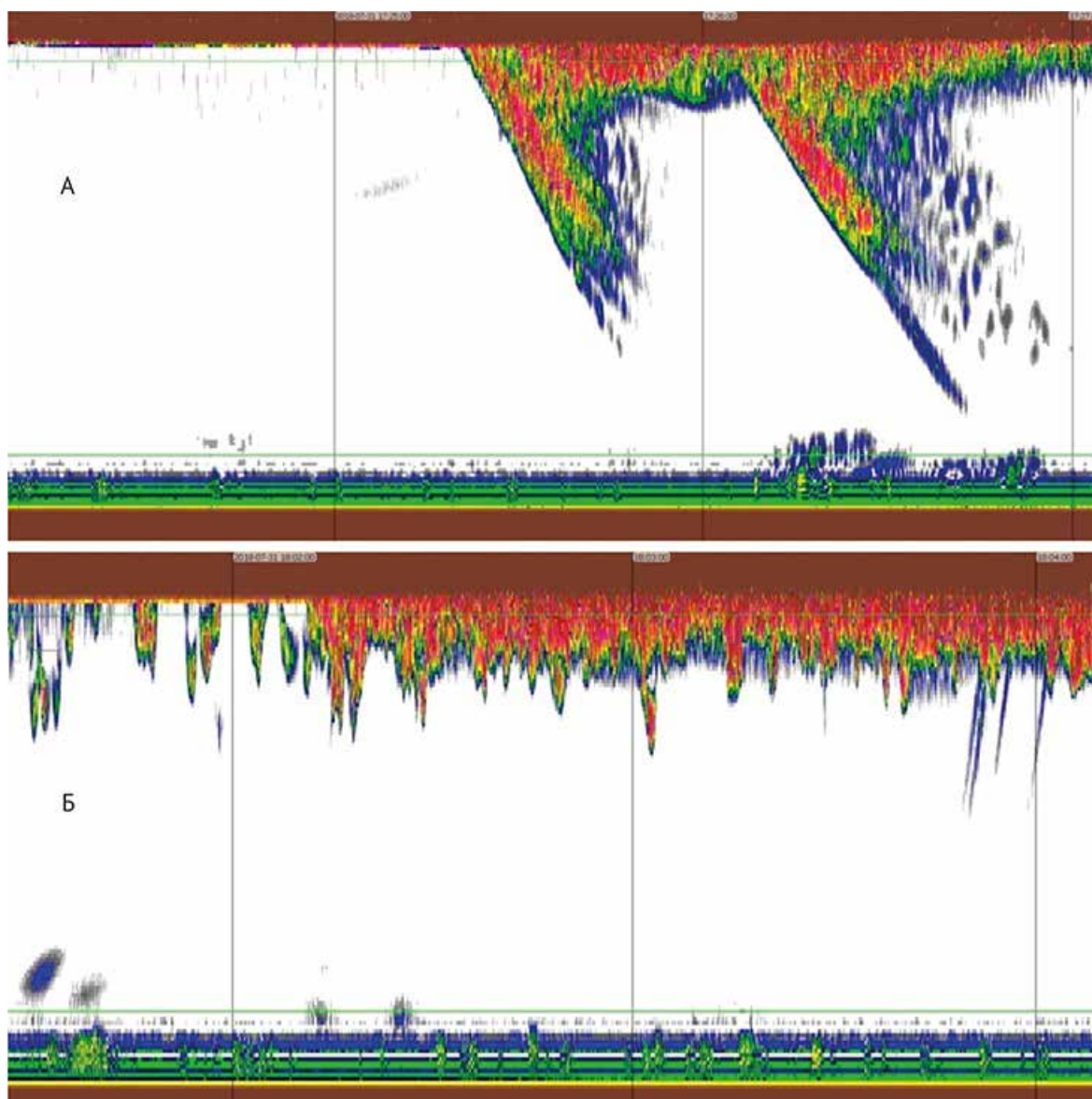
Эксперимент с предоставлением обученной приходить на акустический сигнал группе выбора между равноудаленными источниками прикорма, один из которых сопровождался звуковым сигналом, также дал положительные результаты.

В обоих повторах наблюдалось однозначное предпочтение приученной группой точки с работающим гидроакустическим сигналом. На этих точках при подаче сигнала появлялись десятки рыб, проявляющие характерные особенности поведения. На точках без сигнала рыба появлялась в меньших количествах и держалась на дистанции от лодки с кормовой площадкой.

Результаты гидроакустического мониторинга подтверждают наблюдения. На рис. 6 представлены эхограммы с синхронных сеансов. Видно, что при начале кормления без акустического сигнала корм оседает на дно несъеденным, а при начале кормления, подкреплённом сигналом гидроакустического стимулятора «ЭМИ», рыба появляется сразу и активно поедает корм в приповерхностном слое воды.



**Рис. 5.** Сравнение динамики образования и перемещения группы рыб, обученной с использованием методики условно-рефлекторного привлечения, и группы, приученной приходить только на корм



**Рис. 6.** Эксперимент с синхронными сеансами:

А — начало кормления без акустического сигнала: корм оседает несъеденным; Б — начало кормления с акустическим сигналом: рыба активно выедает корм

Табл. 1, построенная после обработки эхограмм, показывает, что на точке с акустическим стимулятором число рыб превышало на три порядка таковое на контрольной точке с кормом.

В завершение сезона исследований 2018 года проводилась оценка максимальной дистанции действия акустического стимулятора для данного объекта в данных условиях. Собрав обученную группу на исходной точке тем же путём, что и в предыдущем эксперименте, операторы

передвинулись на дистанцию 380 м, большая дистанция означала бы приближение к русловой части, являющейся препятствием для перемещения обученной группы рыб. На этой точке был включен акустический сигнал, а через пять минут сигнал начали подкреплять кормлением в течение ещё 20 минут. Отклика группы, проявляющей характерные поведенческие особенности, на этой точке не наблюдалось. Были видны круги в шлейфе выносящегося корма.



**Таблица 1.** Сравнение динамики индекса численности в процессе синхронных сеансов

Минуты от начала кормления	NASC м <sup>2</sup> /м миллион <sup>2</sup> в минуту	
	без сигнала	с сигналом
2	0	1233,02
4	3,34	5379,08
6	0	7008,75
8	0,65	8144,67
10	1,23	6393,44
12	0	8731,64
14	2,68	6733,93
16	0	8008,74
18	0	6741,21
20	22,31	4176,2

Затем дистанцию сократили на 50 м (до 330 м). Был повторно проведён полусезанс: акустический сигнал в течение 5 минут и сигнал с кормлением ещё 20 минут. Наблюдалось кормление в шлейфе, некоторые рыбы приближались на расстояние до 5 м к лодке. Характерного интенсивного питания в кормовой площадке не происходило.

При повторном сокращении дистанции на 50 м (до 280 м) ситуация в корне изменилась. При включении сигнала внутри кормовой площадки появились крупные уклейки, быстро кружащие в поисках корма, при его вбрасывании рыба стала активно питаться,

**Таблица 2.** Значения индекса численности на различных дистанциях, м<sup>2</sup>/м миллион<sup>2</sup>

Минуты/ Дистанция	380 м	320 м	280 м
1–3	0	0	324,7
4–6	0	0	95,7
7–9	0	0	2091,6
10–12	30,8	2,3	3218,5
13–15	34,3	34,3	6120,5
16–18	9,2	15,5	5841,9
19–21	19,9	13,9	8180,7
22–24	41,8	61,2	6752,5
25–27	0	0	7562,5

численность по визуальным оценкам составляла несколько десятков. Такое поведение, как было сказано выше, характерно для рыб, приученных акустическим методом.

Результаты обработки эхограмм в размерности коэффициент обратного рассеивания м<sup>2</sup>/м миллион<sup>2</sup>, принятом ранее за индекс численности, представлены в табл. 2.

Таким образом, было показано, что максимальная дистанция действия акустического стимулятора «ЭМИ» для уклейки обыкновенной в условиях мелководья составляет не менее 280 метров.

## ОБСУЖДЕНИЕ

При применении практики обучения и перемещения рыб в нагульный период в условиях естественного водоёма следует учитывать сложную совокупность факторов, влияющих на возможность и эффективность данного процесса. В процессе проведения экспериментальных работ были выделены две группы факторов, оказывающих влияние на формирование обученных групп рыб и особенности их перемещения на акватории полигона, — естественные и искусственные.

К естественным факторам следует отнести, в первую очередь, особенности акватории и собственно гидробионта — объекта применения методики, а также метеорологическую обстановку.

Следует понимать, что в основе практики управления поведением рыб лежит не только условный рефлекс, но и стайное поведение и, в частности, подражательный рефлекс рыб [Герасимов и др., 1980]. Таким образом, на эффективный результат следует рассчитывать при работе со стайной массовой рыбой, такой как в случае экспериментальных работ в 2018 г. — уклейкой обыкновенной *Alburnus alburnus* (L., 1758). В прошлом метод с успехом применялся на форели радужной *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) и карпе обыкновенном *Cyprinus carpio* L., 1758. В экспериментах 2014–16 годов наблюдались лещ *Abramis brama* (L., 1758), густера *Blicca bjoerkna* (L., 1758), краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758), плотва *Rutilus rutilus* (L., 1758). Большую часть

объектов рыбоводства и рыболовства можно отнести к стайным рыбам, поэтому есть высокая вероятность успешного применения метода управления поведением рыб с помощью акустического стимулирования. Однако возможность перемещать стаи хищных рыб (окунь *Perca fluviatilis* L., 1758), засадных хищников (щука *Esox lucius* L., 1758, сом *Silurus glanis* L., 1758), рыб, проявляющих территориальное поведение или особые способы добычи питания (толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844), белый амур *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)), остаётся под вопросом.

В умеренном поясе ярко выражены сезонные особенности поведения. Предполагается, что применять акустический метод управления поведением в зимовальный и нерестовый периоды нецелесообразно ввиду низкой эффективности, связанной в первом случае с низкой пищевой активностью рыб и технической сложностью процесса, а во втором — с преобладанием полового поведения над пищевым. Начинать обучение можно вскоре после нереста, когда рыбы начинают активно питаться, вступая в период нагула. По результатам многолетних работ самые ранние сеансы привлечения на акустический стимул на акватории полигона происходили в конце мая, самые поздние — в начале октября.

В течение 2018 года было выполнено четыре гидроакустических съёмки в различные сезонные периоды. Планшеты, построенные по результатам обработки данных этих съёмок, представлены на рис. 1. Низкие концентрации скоплений гидробионтов в мае могут быть связаны с тем, что массовые виды рыб находились на нерестилищах, расположенных на прибрежных мелководьях, которые невозможно охватить в процессе гидроакустической съёмки. В летний период наблюдается мозаичное распределение скоплений с тенденцией к предпочтению акваторий мелководий и свалов (резких перепадов глубин). В октябрьской съёмке рыба преобладала ближе к русловой части, на глубинах 6–8 м.

При планировании работ следует учитывать такой значимый фактор как особенности акватории. Эффективное управление поведением, в частности, перемещение рыб по водоёму, достигается правильным выбором полигона и маршрута перемещения в пределах акваторий с комфортными для рыб условиями, избегая участков с нетипичными для данного вида рыб глубинами, скоростями течений. В работах прошлых лет было отмечено, что перемещение обученной группы уклейки обыкновенной через глубоководный, русловый участок полигона оказалось невозможным. На участке акватории, закрытой от ветра, рост числен-

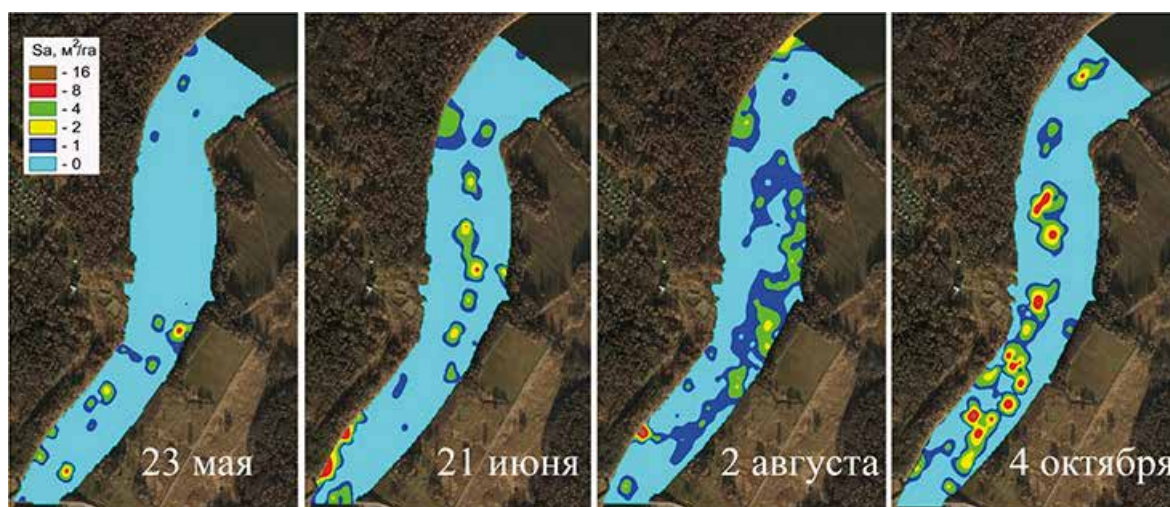


Рис. 7. Сезонные изменения распределения скоплений гидробионтов на акватории проведения экспериментальных работ



ности группы обучаемых рыб был выше, чем на открытом участке, подверженном ветровому волнению.

В период исследований, связанных с работами по управлению поведением рыб, оценивалось влияние погодных факторов на динамику образования и перемещения групп рыб. Отмечено, что на начальном этапе обучения рыб наибольшее влияние на их поведение оказывают ветер, волнение и наличие осадков. При проведении сеансов условно-рефлекторного привлечения в условиях сильного ветра и волнения рыбы неохотно подходят к кормушке и практически не поднимаются к поверхности. Соответственно, процесс формирования кормового рефлекса идёт медленнее, чем при ясной, безветренной погоде. В меньшей степени метеофакторы оказывают влияние на поведение обученной акустическим методом группы рыб. Численность и кормовая активность рыб, привлекаемых на звуковой сигнал в зону кормления, незначительно снижается в дождливую, ветреную погоду. При заметном волнении рыбы реже поднимаются к поверхности, но активно выедают сносимый и тонущий корм. Высокая активность и максимальная численность стаи зафиксированы в ясные, безветренные дни.

Экспериментальные работы по привлечению рыб и перемещению обученной группы рыб в 2018 г. проводились в зоне мелководья с пологим свалом в диапазоне глубин 2,5–4 м. Эта часть акватории характеризовалась равномерным прогревом воды и отсутствием заморных явлений. В период исследований температура изменялась в пределах 21,3–24,9 °С, концентрация кислорода — от 7,9 до 11,3 мг/л.

Очевидной связи поведения рыб с изменением температуры и содержанием кислорода в воде не было отмечено, поскольку уклейка — рыба верхней пелагиали и изменение кислородного режима у дна не оказывает на неё заметного влияния.

Методика управления поведением рыб с помощью акустического стимулятора основывается на внесении в среду нового, искусственного фактора, и сопровождения его положительным для рыб подкреплением.

Звуки излучателя «ЭМИ» выполняют функцию условного стимула в формировании и поддержании условно-рефлекторного поведения. Искусственный сигнал однозначно выделяется на фоне естественных звуков и антропогенных шумов на водоёме. По сложности организации он находится в вариационном ряду звуков питания рыб разных видов и размеров, что было установлено анализом биоакустических записей, полученных в разное время на различных объектах [Воловова, 1983].

Эксперименты показали, что при прочих равных условиях рыбы стабильно отдавали предпочтение точке — источнику звуковой стимуляции. Таким образом, использование акустического сигнала позволяет обучить рыб быстрее и перемещать обученную группу эффективнее, чем без него.

Кормление рыб, как искусственный фактор, в процессе применения акустического метода является неотъемлемой его частью. Рыбы получают подкормку на каждом сеансе, но только одновременно с работой сигнала, это зафиксировано в регламенте сеанса. Корм следует выбирать исходя из потребностей целевых видов рыб. Для работы с многовидовым сообществом естественного водоёма был выбран многокомпонентный корм TetraPond MultiMix, состоящий из плавающих хлопьев, тонущих таблеток, гранул и гаммаруса.

Для рыб естественного водоёма силуэт человека на берегу или на лодке является в большей или меньшей степени, в зависимости от видовой принадлежности и возраста рыбы, отпугивающим фактором. В прудовых и садковых рыбных хозяйствах, напротив, наблюдается положительная двигательная реакция на человека, осуществляющего кормление и ряд других явлений, сопутствующих кормлению. По наблюдениям в процессе экспериментальных работ отмечено, что рыбы естественного водоёма, обученные приходить на акустический сигнал, начинают демонстрировать отсутствие страха перед лодкой, людьми в ней, в том числе их голосом и жестикულიацией, вплоть до кормления «с руки». Контрольная группа рыб, прикармливаемая без акустического сигнала,

ла, держалась на дистанции от лодки, редкие особи, приблизившись до 1,5–2 м, схватывали корм и резко заглублялись.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных работ позволяют утверждать, что акустический сигнал стимулятора «ЭМИ», используемый согласно методике, является приоритетным фактором для быстрого формирования управляемой группы рыб. Показано, что применение методики управления поведением рыбных скоплений с использованием акустического стимулятора «ЭМИ» позволяет создавать группу рыб, которую можно собирать в выбранных точках акватории с приемлемыми для данного вида условиями среды и перемещать на дистанции более 150 м (до 280 м) за один переход. При применении предложенной методики управления поведением водных биоресурсов следует корректировать её элементы, исходя из задач и условий работ, особенностей водоёмов и целевых видов рыб.

Возможность управления поведением рыб, перспективна для решения большого круга задач в рыболовстве, рыбоводстве, рыбозащите и природоохранных мероприятиях.

### ЛИТЕРАТУРА

- Воловова Л.А. 1983. О структуре биозвуков питающейся форели // Вопросы промысловой гидроакустики. М.: ВНИРО. С. 65–71.
- Воловова Л.А., Долгих М.Г., Ключарева Н.Г., Митинелло А.В. 2017. Перспективы контролируемого воспроизводства рыб на внутренних водоёмах: натурное моделирование // Труды ВНИРО. Т. 166. С. 116–124.
- Воловова Л.А., Красюк В.В. 1987. Методические рекомендации по управлению морским нагулом и отловом радужной форели при помощи гидроакустических стимулов. М.: ВНИРО. 28 с.
- Герасимов В.В., Дарков А.А., Радаков Д.В. 1980. Основные механизмы и принципы управления стайным поведением рыб // Экологические основы управления поведением животных. М.: Наука. С. 51–57.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. of Marine Science, 59: 365–369.

Поступила в редакцию 10.04.2019 г.  
Принята после рецензии 30.08.2019 г.

## Equipment for fisheries research

**The effectiveness of the acoustic method of controlling the behavior of fish and the factors affecting it***A. V. Mititello, N. G. Klyuchareva, Yu. N. Kravchenko*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

The acoustic method is an effective way of controlling the feeding behavior of fish; its improvement required a series of experiments. In the studies described, the acoustic signal of an electromagnetic emitter is used as a conditional stimulus in the formation of the conditioned-reflex behavior of fish. Research is being conducted in the Tver Region, on waters of Vazuzskiy reservoir, near Zubtsovskiy pond fishery, for five years. Present study of 2018 aims the separation of the artificial acoustic stimulus from other factors determining behavior of fish and assessment of its informational significance for fish. The complex of factors, affecting possibility and effectivity of the method usage is explored and systematized. Behavior features of the group of fish, trained to gather by the acoustic method are compared to ones of the control group, gathered only for feeding. It has been proven, that the sound-trained group could be gathered and relocated faster, then the fed one. Sound-trained fish behavior allows recognizing them among others. The results of experimental works shows that the acoustic signal of the “EME” (electromagnetic emitter) stimulator used within the method is a priority factor for the formation of a trained group. It is shown that the use of an acoustic method to control the behavior of fish allows you to create a group of fish that can be collected at selected points of water area with acceptable environmental conditions for this specie and move it up to a distance up to 280m in one passage. Adjusting the elements of this method of controlling the behavior of aquatic biological resources, based on the tasks and conditions of work, the characteristics of water bodies and target fish species, expands the possibilities of its application.

**Keywords:** fish behavior modification, conditioned-reflex fish training, acoustic stimulator, sonar monitoring.

## REFERENCES

- Volovova L. A.* 1983. O strukture biozvukov pitayushcheysya foreli [On the structure of feeding trout's biosounds] // *Voprosy promyslovoj gidroakustiki*. M.: VNIRO. S. 65–71.
- Volovova L. A., Dolgikh M. G., Klyuchareva N. G., Mititello A. V.* 2017. Perspektivy kontroliruemogo vosproizvodstva ryb na vnutrennikh vodoemakh: naturnoe modelirovanie [Prospects of controlled fish reproduction in inland water bodies: natural modeling] // *Trudy VNIRO*. T. 166. S. 116–124.
- Volovova L. A., Krasnyuk V. V.* 1987. Metodicheskie rekomendatsii po upravleniyu morskim nagulom i otlovom razuzhnoj foreli pri pomoshchi gidroakusticheskikh stimulov [Guidelines on the management of rainbow trout marine feeding and carching using sonar stimuli]. M.: VNIRO. 28 s.
- Gerasimov V. V., Darkov A. A., Radakov D. V.* 1980. Osnovnye mekhanizmy i printsipy upravleniya stajnym povedeniem ryb [Basic mechanisms and principles of controlling the schooling behavior of fish] // *Ehkologicheskie osnovy upravleniya povedeniem zhivotnykh*. M.: Nauka. S. 51–57.
- MacLennan D. N., Fernandes P. G., Dalen J.* 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // *ICES J. of Marine Science*, 59: 365–369.

TABLE CAPTIONS

**Table 1.** Comparison of the dynamics of the abundance index in the process of synchronous sessions

**Table 2.** The values of abundance index at different distances

FIGURE CAPTIONS

**Fig. 1.** The typical form of a single signal of the «EME» hydroacoustic stimulator

**Fig. 2.** The scheme of the experiment on the formation and movement of the trained and control fish groups

**Fig. 3.** The scheme of the experiment identifying the priority factor of the acoustic method of controlling the behavior of fish

**Fig. 4.** The scheme of the experiment determining the maximum distance of fish response to the signal of an acoustic emitter

**Fig. 5.** Comparison of the dynamics of formation and movement of fish, trained by the technique of conditioned reflex attraction, and the group, trained to come only to food

**Fig. 6.** The synchronous sessions experiment:

A — the beginning of feeding without an acoustic signal: the feed is drowning uneaten; B — the beginning of feeding with an acoustic signal: the fish actively eats food

**Fig. 7.** Seasonal variability of the hydrobiont's distribution in the surrounding waters