

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРУДОВЫХ ЭЛЕКТРОНЕВодОВ

Д. А. Кострыкин, Ю. Н. Грозеску

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

На фоне постоянного увеличения объема выращивания рыбы, характерного для прудового рыбоводства в России, рыбопродуктивность многих прудов, особенно неспускных, остается очень низкой. Отмечается, что одним из основных факторов низкой продуктивности (1–5 ц/га) является несовершенство существующих орудий и способов лова рыбы. При значительных затратах ручного труда и времени вылов выращенной рыбы составляет не более 50 %. Оставшаяся рыба большей частью погибает во время зимних заморозов. Для уменьшения доли ручного труда и повышения эффективности лова рыбы в неспускных прудах во многих странах ведутся работы, направленные на модернизацию существующих или разработку новых орудий лова. Наиболее перспективными в этом отношении являются электроневода для облова неспускных прудов, малых озер и подобных им водоемов. Преимуществами данного метода являются охват большой зоны облова, возможность лова рыб, уходящих из обычных неводов, и работа в заиленных и закоряженных водоемах. Изучение закономерностей действия электрического поля на рыбу необходимо для объяснения и прогнозирования ее поведения в электрических полях, разработки технических средств, обеспечивающих нужное управляющее воздействие, разработки мероприятий по охране ихтиофауны от вредного воздействия электрических полей и т. д.

Ключевые слова: электрическое поле, закидной невод, верхняя и нижняя электроподборы, электроневод, карповые, растительноядные.

Для цитирования: *Кострыкин Д. А., Грозеску Ю. Н.* Оценка эффективности работы прудовых электроневодов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 127–133. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-127-133.

Введение

Для современного прудового рыбоводства России характерно постоянное увеличение объема выращивания рыбы в результате улучшения и распределения существующего фонда прудов, повышения их рыбопродуктивности. Однако рыбопродуктивность многих прудов, особенно неспускных, остается очень низкой (1–5 ц/га). Среди причин данной ситуации называются несовершенство существующих орудий и способов лова рыбы [1, 2]. При больших затратах ручного труда и времени этими орудиями вылавливают не более 50 % выращенной рыбы. Оставшаяся рыба большей частью погибает во время зимних заморозов.

Особенностью лова рыбы в неспускных прудах является многообразие орудий и способов лова. Во многих странах ведутся работы, направленные на модернизацию существующих или разработку новых орудий лова с применением физических раздражителей. Оба эти направления предполагают максимальное использование машин и механизмов для уменьшения доли ручного труда в процессах лова и повышения эффективности лова. Наиболее перспективными в этом отношении являются электроневода для облова неспускных прудов, малых озер и подобных им водоемов. Положительными качествами электрифицированных неводов являются большая зона облова, возможность лова рыб, которые уходят из обычных неводов, и работа в заиленных и закоряженных водоемах, когда нижнюю подбору приподнимают над грунтом, а роль сетной стены у грунта выполняет электрическое поле. В то же время существующие электрифицированные невода имеют ряд недостатков. Для создания электрического поля достаточной протяженности (3–4 м) необходимы высокие напряжения на электродах. Это приводит к подглушиванию части рыбы и ее потере, когда электроподбора приподнята вместе с нижней подборой невода над грунтом. Напряженность электрического поля в этом случае убывает к грунту от электроподборы, в результате чего часть рыбы направляется электрическим полем из средних слоев воды к грунту, что приводит к уходу рыбы из обметанного пространства. Кратковременные импульсы и относительно большая скважность между ними не могут удержать донную рыбу, которая обнаружила приближающийся в толще воды невод и наметила уход из него под нижнюю подбору.

Даже с учетом отмеченных недостатков уловистость электрифицированных закидных неводов в прудовых условиях значительно выше традиционных орудий лова. Таким образом, орудия и способы электролова прудовой рыбы во всех случаях более производительны, обеспечивают высокий уровень механизации и культуры труда рыбаков. В то же время в конструкции орудий электролова недостаточно учтены особенности поведения рыбы, схемы электрификации орудий лова выбраны без серьезного обоснования, режим работы электрифицированных орудий лова не учитывает особенности воздействия электрических полей на рыбу и т. д. Все это указывает на необходимость разработки методики обоснования орудий и способов электролова прудовой рыбы, в которой внешняя среда, электрические поля и орудия лова, а также прудовая рыба рассматривались бы как элементы системы управления объектом или процессом лова.

Внешние факторы среды, влияющие на эффективность электролова, рассмотрены в [3]. Установлено, что успешность электролова зависит от площади, глубины и засоренности водоемов, температуры, электрической проводимости воды, грунтов и т. д.

Мощность электроловильных установок в первую очередь зависит от электрической проводимости воды. Эта зависимость общеизвестна, однако специфика и многообразие электродных систем, сложности расчета электрических полей таких систем затрудняют использование обычных зависимостей для расчета мощности установок при электролове.

Анализ особенностей воздействия электрических полей на рыбу и опыта применения разных электроустановок показал, что перечисленные управляющие функции способны выполнять поля переменного поля. Их преимущество заключается в четкости проявления основных реакций всеми рыбами относительно низких пороговых значений этих реакций, многообразия способов получения полей заданной структуры и формы с помощью несложных систем электродов. Так, по данным [4], пороговые значения соответствующих реакций в полях переменного тока в 4–10 раз меньше, чем в полях постоянного и импульсного токов.

При электролове рыбы наблюдается два варианта нарастания силы тока. Если ток включается, когда электрод находится вблизи рыбы, на рыбу действует быстро нарастающий ток; если к рыбе приближается включенный электрод, это соответствует усилению тока в опытах с помощью реостатов. По данным многих авторов, граничные условия, при которых достигается направленное движение рыбы к аноду или сказывается отпугивающее воздействие, близки к условиям, вызывающим у рыбы состояние глубокого угнетения, поэтому очень важно знать в каждом конкретном случае допустимые скорости приближения систем электродов к рыбе [5].

Методы и результаты исследований

В прудовых хозяйствах Астраханской области выращивают карповых и растительноядных рыб. Биология этих рыб изучена достаточно полно, т. к. карповые издавна являются объектами прудового рыболовства, а растительноядные стали в последние годы одним из основных объектов рыбоводства в южных районах страны.

Карповые большую часть суток проводят в поисках пищи, а утром и по вечерам поднимаются к поверхности воды. В летнее время наибольшие и разреженные стаи совершают перемещение у береговых зарослей и не уходят далеко от мест кормления.

При появлении акустических раздражителей карповые опускаются на дно и уходят из зоны интенсивности шумов. Положение раздражителя (у дна, в толще ила, у поверхности воды) заметно не изменяет реакции рыб.

Осенью, когда температура воды опускается ниже 10–12 °С, рыба собирается в плотные стаи, которые совершают значительные перемещения по акватории пруда. Стаи формируются по возрастному признаку (двухлетки, трехлетки и т. д.); при температуре воды менее 5–6 °С стаи рыб уходят на глубокие участки прудов и практически не реагируют на раздражители.

Небольшие по размерам, но плотные стаи *растительноядных* рыб летом обычно находятся в зарослях зеленой растительности в толще или у поверхности воды.

Реакция рыб на действие раздражителей заметно зависит от положения источника раздражений. Приближение раздражителя к стае рыб со дна вызывает уход рыб от раздражителя. Если же источники шумов находятся у поверхности воды или на небольшом расстоянии от стаи, ближайшие к раздражителю рыбы обычно бурно реагируют на появление раздражителя (выпрыгивают из воды, «глиссируют» по поверхности).

При понижении температуры воды рыба группируется в крупные стаи по видам и совершает значительные перемещения. При температуре ниже 7 °С рыба не выходит из глубоководных участков прудов.

Из проведенных визуальных наблюдений следует, что поведение карповых и растительноядных рыб заметно различается, что необходимо учитывать при создании орудий лова прудовой рыбы.

Поведение рыбы в зоне действия волокуши, бредней и малых закидных неводов озерного типа исследовали весной при лове производителей и осенью при вылове товарной рыбы.

Эффективность работы неэлектрифицированных неводов устанавливали по результатам облова зимовалов. Зимовалы имеют размеры $100 \times 30 \times 1,5$ м. Воду перед обловом приспускают и рыбу вылавливают волокушей. По этим данным строили статистические модели поведения рыбы для II и III поведенческих этапов реакций рыбы – при тяге невода и притонении. Поведение рыбы на I этапе не рассматривали, т. к. в прудах распределение рыбы можно считать равномерным, поэтому при замете с неводом вступает в контакт небольшое количество особей.

Статистическая модель на II этапе охватывает промежуток времени от начала тяги невода до момента, когда крылья подходят к берегу.

На III этапе статистические модели описывали поведение рыбы от начала выборки крыльев до момента подсушки мотни. Таким образом, полученные статистические модели с вероятностью 0,95 (95 %) характеризуют уловистость закидного невода (табл. 1).

Таблица 1

Статистическая модель поведения рыбы в зоне неэлектрифицированного невода

Модель поведения	Распределение вероятности моделей	
	Этап поведения рыбы	Значение вероятности
Растительноядные		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	II	0,34
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,06
Рыба уходит из невода между клячами и берегом		0,11
Рыба остается в неводе		0,49
Карповые		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	II	0,01
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,17
Рыба уходит из невода между клячами и берегом		0,20
Рыба отходит и остается в обметанном пространстве		0,62
Растительноядные		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	III	0,209
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,05
Рыба остается в неводе		0,241
Карповые		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	III	0,04
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,431
Рыба остается в неводе		0,149

Количество оставшейся в неводе рыбы получено осреднением по результатам лова.

Особь карпа при приближении невода вначале держалась у сетного полотна, затем часть рыб уходила от невода, а другая часть расходилась вдоль сетного полотна в стороны. Все рыбы при этом опускались на дно. Через 3–5 минут перемещения невода между берегом и клячами (при расстоянии 0,5–1,0 м) формировались стаи уходящих из невода рыб. Перед неводом вода «вскипает» и видны характерные следы уходящих рыб. При притонении, когда невод приближается к противоположному берегу, интенсивность ухода увеличивается.

Растительноядные рыбы обнаруживали невод на расстоянии 3–5 м, и при его приближении часть из них прыгали через верхнюю подбору. Иногда рыбы перемещались вдоль верхней подборы, но не на большие расстояния и в основном вдоль крыльев. Прыжки рыб в центральной части невода всегда прицельны и имеют длину до 1–2 м при высоте до 0,3–0,5 м. У крыльев рыбе часто не удается найти выход из зоны облова, т. к. рыба выпрыгивает навстречу приближающемуся орудию лова под острым углом.

Кроме отличительных черт в поведении обеих групп рыб отмечали и определенные сходства. К таким признакам относились перепрыгивание некоторой части особей через верхнюю подбору, уход растительных рыб под низы невода, их попытки прорваться через сетное полотно, а также перемещение вслед за карповыми по ходу орудия лова.

Различия в поведении обеих групп рыб в зоне действия орудия лова можно объяснить видовыми биологическими особенностями.

Поведение рыб в зоне действия электроневода устанавливали при лове рыбы в коллекторах прудов и при их полном залитии. Статистические модели строили по видам.

Для облова коллекторов и разливов полупускных прудов применяли электроневода $50 \times 2,5$ м и $150 \times 2,5$ м, а для облова полностью залитых прудов – электроневод $300 \times 2,8$ м. Первые два электроневода оснащали верхними электроподборами, состоящими из горизонтальных электродов, запаянных по системе ЭРГ-1/8, и нижних линейных электродов из стального оцинкованного троса, на которые подавали напряжение 127 В. Трехсотметровый невод оснащали верхней электрической подборой, на электроды которой подавали напряжения от трехфазного понижающего трансформатора, и нижней электроподборой, состоящей из 3-х электродов, на которые подавали напряжение от сети трехфазного тока через понижающий трансформатор. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Статистическая модель поведения рыбы в зоне электрифицированного невода

Модель поведения	Распределение вероятности моделей	
	Этап поведения рыбы	Значение вероятности
Белый амур (<i>Tenopharyngodon idella</i>)		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	II	0,015
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0
Рыба уходит из невода через концы крыльев		0,015
Рыба остается в обметанном пространстве		0,97
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	III	0,01
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,02
Рыба теряется при подсушке мотни		0,025
Рыба остается в неводе		0,915
Карп (<i>Cyprinus carpio</i>)		
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	II	0
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,035
Рыба уходит из невода через концы крыльев		0,015
Рыба остается в обметанном пространстве		0,95
Рыба уходит из невода через верхнюю подбору	III	0,005
Рыба уходит из невода под нижнюю подбору		0,05
Рыба теряется при подсушке мотни		0,015
Рыба остается в неводе		0,88

Белый амур (*Tenopharyngodon idella*) обнаруживал приближение электроневода обычно раньше, чем электрическое поле начинало оказывать на него воздействие, если рыба ориентирована головой в сторону приближающегося невода. В этом случае на расстоянии в 5–7 м до него амур поднимался к поверхности и быстро плыл навстречу неводу. При попадании в электрическое поле белый амур в основном не менял направление движения, а пытался пройти через верхнюю электроподбору и подбору невода, где в зоне высоких напряжений впадал в состояние электрошока.

Если белый амур обращен головой по ходу приближающегося невода, то в основном он обнаруживал его по воздействию электрического поля. В этом случае он броском отходил от невода на расстояние 7–10 м, разворачивался в сторону приближающегося невода, выходил на поверхность воды, и картина повторялась.

Чем больше особей белого амура одновременно обнаруживали воздействие электрического поля, тем более активны их попытки пройти это поле. При этом наблюдались случаи прохода через верхнюю электроподбору крупными особями (массой 6–10 кг), что связано с большой

инерционной массой у этих особей. Сразу же за верхней электроподборой рыбы оказывались обездвиженными и после удаления верхней электроподборы медленно (1–3 мин) возвращались в нормальное состояние.

Все виды прудовых рыб из семейства карповых в электрическом поле ведут себя одинаково. Приближение электроневода они обнаруживали по действию электрических полей верхней или нижней электроподборы. Реакция карповых на электрическое поле нижней электроподборы проявлялась во вздрагивании и небольшом броске в верхние слои воды. При воздействии электрического поля верхней электроподборы все особи карпа опускались к грунту, некоторые из них пытались пройти у грунта под нижнюю электроподбору, а значительная часть уходила в направлении перемещения невода.

Попавшие в мотню карпы не делали попыток выйти из невода через электрическое поле, но искали прорывы в сетном полотне и всегда были направлены головой к сетному полотну. После удаления из электрического поля карпы пребывали в состоянии электрошока 3–8 мин.

При выборе вида тока прежде всего учитывали управляющие функции, которые должно выполнять электрическое поле, необходимую мощность и надежность электрической установки, возможность регулирования параметров электрического поля. Поведение прудовой рыбы в зоне действия неводов показывает, что в районе нижней подбора невода электрическое поле должно выполнять задерживающие функции и функции увеличения двигательной активности рыбы, отпугивая ее в верхние слои воды. Из-за низкой относительной прозрачности воды рыба обнаруживает сетное полотно невода на малом расстоянии, поэтому зона действия электрического поля нижней электроподборы может быть небольшой.

Чтобы предотвратить уход рыбы через верхнюю подбору невода, электрическое поле здесь призвано выполнять задерживающие функции и функции уменьшения двигательной активности для растительноядных и вызывать реакцию возбуждения рыбы на некотором (1–1,5 м) расстоянии от верхней подбора.

С учетом малых глубин в прудах протяженность зоны возбуждения необходимо ограничивать на расстоянии до 1–1,8 м от электродов с тем, чтобы электрические поля с верхней и нижней подбора невода не взаимодействовали между собой. Зона электротока у верхней электроподборы должна быть небольшой (0,3–0,4 м), чтобы не оказывать существенного воздействия на рыбу у дна и в толще воды. В то же время этот участок поля обязан остановить растительноядных рыб, стремящихся в прыжке или с большой скоростью пройти через верхнюю подбору невода.

Активность рыбы в районе верхней подбора зависит от возраста особей, одновременно вступающих во взаимодействие с электрическим полем, поэтому необходимо предусмотреть возможность регулирования протяженности поля в процессе лова изменением подаваемого на электроды напряжения.

Заключение

Закономерности действия электрического поля на рыбу изучают для объяснения и прогнозирования ее поведения в электрических полях, разработки технических средств, обеспечивающих нужное управляющее воздействие, разработки мероприятий по охране ихтиофауны от вредного воздействия электрических полей и т. д. По результатам анализа статистических моделей поведения рыбы в зоне электрифицированного невода установлено, что эффективность лова прудовой рыбы электроневодом в 4–6 раз выше, чем эффективность лова неэлектрифицированным неводом. Для растительноядных рыб вероятность улова составляет 0,91, для карповых – 0,88, при лове неэлектрифицированным неводом – 0,24 и 0,15 соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кострыкин Д. А.* Применение электрических полей для облова прудовых хозяйств // Сб. науч. тр., посвящ. 90-летию Науч.-производств. центра рыб. хоз-ва. Алматы: Изд-во Казах. ун-та, 2019. С. 320–323.
2. *Марышев Ф. Г.* Прудовое рыболовство. М.: Высш. шк., 1973. 428 с.
3. *Шентяков В. А.* Пресноводный электротраловый лов рыбы с применением переменного тока. М.: Пищ. пром-сть, 1964. 82 с.

4. Стернин В. Г., Бумейстер Ю. К. Выбор электродов при электролове рыбы // Тр. Балтийск. науч.-исследоват. ин-та рыб. хоз-ва. 1970. Вып. 5. С. 223–238.
5. Кострыкин Д. А., Грозеску Ю. Н. Оценка эффективности действия электрических полей на рыб // Каспий в цифровую эпоху: материалы Национ. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках Междунар. науч. форума «Каспий 2021: пути устойчивого развития» (27 мая 2021 г.). Астрахань: Изд-во Астрахан. ун-та, 2021. С. 370–373.

Статья поступила в редакцию 12.07.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Алексеевич Кострыкин – старший преподаватель кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; kda797@mail.ru.

Юлия Николаевна Грозеску – д-р с.-х. наук, доцент; профессор кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; grozesku@yandex.ru.



ESTIMATING EFFICIENCY OF POND ELECTRIC SEINE NETS OPERATION

D. A. Kostrykin, Yu. N. Grozescu

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article considers the problem of low productivity of many fish farms, especially non-drainage ponds against the background of a growing increase in the volume of fish farming, which is typical for pond fish farming in Russia. It has been found that one of the main factors of low productivity (1–5 c/ha) is the imperfection of existing tools and methods of fishing. With significant costs of manual labor and time, the catch of farmed fish is no more than 50%. The remaining fish die mostly during winter fish kills. To reduce the proportion of manual labor and improve the efficiency of fishing in non-drainage ponds, many countries are looking for the methods to modernize existing or develop new fishing gear. The most promising in this respect are electric breeders for fishing in the non-drainage ponds, small lakes and water reservoirs. The advantages of this method are the coverage of a large fishing zone, the possibility of catching fish leaving ordinary seines, and work in silted and tied water bodies. Studying the regularities of the electric field impact on fish is necessary to explain and predict its behavior in electric fields, to develop technical means that provide the necessary control activity, to develop measures to protect ichthyofauna from the harmful effects of electric fields, etc.

Key words: electric field, seine net, electric headlines and leadlines, electric seine net, Cyprinidae, herbivorous.

For citation: Kostrykin D. A., Grozescu Yu. N. Estimating efficiency of pond electric seine nets operation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2021;3: 127-133. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-3-127-133.

REFERENCES

1. Kostrykin D. A. *Primenenie elektricheskikh polei dlia oblova prudovykh khoziaistv* [Application of electric fields for fishing in pond farms]. *Sbornik nauchnykh trudov, posviashchennyi 90-letiiu Nauchno-proizvodstvennogo tsentra rybnogo khoziaistva.* Almaty, Izd-vo Kazakh. un-ta, 2019. Pp. 320-323.

2. Maryshev F. G. *Prudovoe rybolovstvo* [Pond fishing]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 1973. 428 p.
3. Shentiakov V. A. *Presnovodnyi elektrotralovyi lov ryby s primeneniem peremennogo toka* [Freshwater electric trail fishing with alternating current]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1964. 82 p.
4. Sternin V. G., Bumeister Iu. K. Vybory elektrodov pri elektrolove ryby [Choosing electrodes for electrofishing]. *Trudy Baltiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khoziaistva*, 1970, iss. 5, pp. 223-238.
5. Kostykin D. A., Grozesku Iu. N. Otsenka effektivnosti deistviia elektricheskikh polei na ryb [Evaluating effectiveness of electric fields impact on fish]. *Kaspii v tsifrovuiu epokhu: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Kaspii 2021: puti ustoychivogo razvitiia» (27 maia 2021 g.)*. Astrakhan', Izd-vo Astrakhan. un-ta, 2021. Pp. 370-373.

The article submitted to the editors 15.07.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dmitry A. Kostykin – Senior Lecturer of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; kda797@mail.ru.

Yulia N. Grozesku – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; grozesku@yandex.ru.

