

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

## TECHNOLOGICAL PROCESSES, MACHINES AND APPARATUS FOR PROCESSING AQUATIC BIORESOURCES

Научная статья

УДК 639.3.06

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-97-104>

EDN GRVLRG

### Изменение внешнего вида и поведения рыбы в зоне действия электрического тока

*Дмитрий Алексеевич Кострыкин*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, kda797@mail.ru*

---

**Аннотация.** Исследования воздействия электрических полей на рыбу были начаты в конце XX в., но специальные исследования начались только после попыток использования электрических полей для лова рыбы. Важным элементом таких исследований является выбор критерия для оценки эффективности действия электрического поля на рыбу. В процессе изучения влияния эколого-физиологических признаков и различных параметров тела рыбы на пороговые величины реакций рыб установлено, что колебания пороговых величин у различных рыб объясняются неодинаковым строением нервной системы или различиями кожного покрова, формы и размера тела или различиями образа жизни. Однако видовые различия реакций рыбы нельзя объяснить только одним из рассмотренных факторов, необходимы комплексные исследования, поясняющие особенности реакций рыбы как сложной биологической системы на электрический ток. Во время проведенных экспериментов удалось проследить, как ведет себя рыба в поле переменного тока. Общая картина поведения рыбы при постепенном увеличении тока такова. При включении тока, когда градиент потенциала ниже 0,033 В/см, рыба внешне не проявляет никаких признаков возбуждения. Однако величина градиента потенциала 0,033 В/см справедлива лишь для данных условий опыта, т. е. для воды температурой 18–20 °C, причем лишь для карпа длиной 9–14 см. Недостатком некоторых исследований является качественное описание явлений. Например, установлено, что при медленном увеличении напряженности поля электрического тока пороговое значение реакций рыбы существенно увеличивается, а иногда отмечают отсутствие промежуточных реакций. Однако степень влияния этого фактора на пороговые величины не исследована. Результаты подобных исследований имеют большое практическое значение для прудовых условий, когда часть рыбы после вылова используется в качестве посадочного материала или идет на пополнение стада производителей.

**Ключевые слова:** электрический ток, воздействие, карп, поведение рыбы, градиент потенциала

**Для цитирования:** Кострыкин Д. А. Изменение внешнего вида и поведения рыбы в зоне действия электрического тока // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 2. С. 97–104. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-97-104>. EDN GRVLRG.

Original article

## Changing the appearance and behavior of fish in the electric current area

*Dmitry A. Kostrykin*

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russia, kda797@mail.ru*

**Abstract.** Research on the effects of electric fields on fish began at the end of the 20th century, but special research began only after attempts to use electric fields for fishing. An important element of such studies is the choice of criteria for evaluating the effectiveness of an electric field on fish. In the process of studying the influence of ecological and physiological features and various body parameters of fish on the threshold values of fish reactions, it was found that fluctuations in the threshold values in different fish are explained by the different structure of the nervous system or differences in skin, body shape and size, or lifestyle differences. However, the species differences in fish reactions cannot be explained by just one of the factors considered; comprehensive studies are needed to explain the specifics of fish reactions as a complex biological system to electric current. During the experiments, it was possible to trace how the fish behaves in an alternating current field. The general pattern of fish behavior with a gradual increase in current is as follows. A free-roaming fish, when the current is turned on, when the potential gradient is below 0.033 V/cm, does not externally show any signs of excitation and continues to behave as if there were no current in the circuit. However, the value of the potential gradient of 0.033 V/cm is valid only for these experimental conditions, i.e. for water with a temperature of 18-20 °C, and only for carp with a length of 9-14 cm. The disadvantage of some studies is the qualitative description of phenomena. For example, it has been found that with a slow increase in the field strength of an electric current, the threshold value of fish reactions increases significantly, and sometimes the absence of intermediate reactions is noted. However, the degree of influence of this factor on the threshold values has not been studied. The results of such studies are of great practical importance for pond conditions, when some of the fish after being caught are used as planting material or are used to replenish the herd of producers.

**Keywords:** electric current, impact, carp, fish behavior, potential gradient

**For citation:** Kostrykin D. A. Changing the appearance and behavior of fish in the electric current area. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2025;2:97-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-2-97-104>. EDN GRVLRG.

### Введение

Изучение общих вопросов воздействия электрических полей различных видов тока на рыб, а позднее – механизма этого воздействия началось в 70-х гг. прошлого столетия. Эти вопросы интересовали ученых с тех пор, как было установлено направляющее и оглушающее действие тока. Большое внимание уделялось изучению общих закономерностей поведения рыб при действии на них электрического тока в зависимости от применявшихся параметров тока, условий внешней среды и состояния рыбы, большей частью усилия были направлены на определение пороговых значений тока и напряженности поля от положения тела рыбы в момент включения тока по отношению к силовым линиям [1].

Современное состояние вопроса о влиянии переменного тока на рыб не дает возможности ответить на ряд практических вопросов, связанных с применением электролова. Относительно подробно разработан вопрос о сущности действия тока на рыб, но недостаточно освещено, как ведет себя рыба в поле переменного низкочастотного тока (50–60 Гц), определяет ли рыба направление, откуда происходит электроудар, умеет ли избежать электрополя и пр.

Неизвестно также, какие стадии возбуждения проходит рыба при постепенном увеличении тока, каково их внешнее отличие – вопрос, имеющий первостепенную важность для электролова.

### Материалы и методика исследований

Для выяснения вопросов, тонет или всплывает рыба при действии на нее переменного тока и происходит ли оживление оглушенной рыбы после выключения последнего, был проведен ряд экспериментов в лабораторных условиях [2] и в прудовом хозяйстве. Методика проведения опытов в прудовом хозяйстве была такова. На 2–3 см ниже поверхности пруда пропускался голый медный провод длиной 30 м, сечением 10 мм, исполнявший роль верхнего электрода. На плаву верхний электрод поддерживался обычным неводным поплавком. К верхнему электроду по всей его длине подвязывался изолированный провод (магистральный). От него через каждые 3 м, а в последующих опытах через 2 и 1,5 м отходили изолированные концы («отростки»), свешивающиеся вниз до самого дна пруда. К концам изолированных отростков подвешивались отрезки оголенной медной проволоки (нижние электроды) длиной 50–60 см. Общий вид устройства приведен на рис. 1.

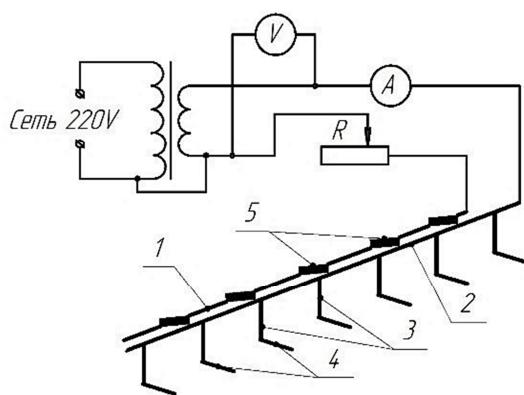


Рис. 1. Общий вид устройства:  
V – вольтметр; A – амперметр; R – реостат;  
1 – верхний электрод; 2 – магистральный провод;  
3 – отростки; 4 – нижние электроды; 5 – поплавки

Fig. 1. The general view of the device:  
V – voltmeter; A – ammeter; R – rheostat;  
1 – upper electrode; 2 – main wire;  
3 – appendages; 4 – lower electrodes; 5 – floats

Верхний провод является одним полюсом («верхний электрод»), концы оголенной проволоки – вторым полюсом («нижние электроды»).

Напряженность поля регулировалась с помощью регулирующего трансформатора и реостата, включенных в цепь. Ток подводился из осветительной сети, проходящей в непосредственной близости от прудов; напряжение в сети 220 В, ток переменный, 50 Гц. Такой тип электроустройства был выбран для опытов потому, что, помимо работ с неподвижным полем, проводились работы с движущимися, а т. к. дно пруда изобиловало различной водной растительностью, ямами и пр., то другие типы электроустройств были бы неприменимы. Устройство протягивалось поперек пруда в средней его части, деля пруд примерно пополам. Включался ток, и проводились наблюдения над косяками мальков и крупными рыбами при их попытке пройти сквозь заграждение. В ряде случаев в одной из половин пруда производился шум: удары шестами и веслами с движущейся лодки, – таким образом рыбу направляли на электроустройство. Наблюдались и сравнивались результаты этих опытов. Один край устройства передавался на лодку, двигающуюся к одному из берегов пруда, а другой край устройства постепенно переносился в том же направлении по берегу. Таким образом, проводились как бы замет и тяга устройства, сходные с заметом и тягой закидного невода.

Во время этих опытов проводились наблюдения над всплытием и потоплением пораженной рыбы и оживлением рыбы, находившейся некоторое время под действием тока [3].

Во время всех вышеперечисленных опытов удалось проследить, как ведет себя рыба в поле переменного тока. Общая картина поведения рыбы при

постепенном увеличении тока такова. Свободно разгуливающая рыба при включении тока, когда градиент потенциала ниже 0,033 В/см, внешне не проявляет никаких признаков возбуждения и продолжает вести себя так, как если бы в цепи не было тока. Однако следует отметить, что пороговая величина градиента потенциала 0,033 В/см справедлива лишь для данных условий опыта, т. е. для воды температурой 18–20 °C, причем лишь для карпа 9–14 см.

При градиенте потенциала 0,033 В/см при включении тока рыба вздрагивает, но вскоре успокаивается. У нее наблюдается легкое оттопыривание грудных и спинного плавников, остающееся на протяжении всего времени действия тока. По выключении тока плавники моментально принимают свое нормальное положение. Иных внешних признаков возбуждения у рыбы не наблюдается, она ведет себя так же спокойно, как и при полном отсутствии тока. Если рыба разгуливает по пруду, то при повороте ее тела в положение поперек силовых линий признаки возбуждения исчезают, плавники складываются. Зато при новом повороте в положение вдоль силовых линий наблюдается вновь вздрагивание рыбы как бы от легкого удара и плавники мгновенно слегка оттопыриваются.

При градиенте потенциала, превышающем пороговое значение, возбуждение рыбы проявляется сильнее. При включении тока рыба делает несколько резких движений, плавники оттопыриваются сильнее, но вскоре рыба успокаивается, в особенности если ее тело принимает перпендикулярное силовым линиям положение, при котором раздражение значительно меньше. Так, если первые признаки возбуждения при положении тела вдоль силовых линий обнаруживались при 0,033 В/см, то при перпендикулярном положении лишь при 0,11–0,12 В/см. При таком градиенте рыба при первом положении испытывает весьма сильное раздражение и бурно на него реагирует. Карп мечется по полю, бросается из стороны в сторону; плавники сильно оттопыриваются. Это происходит до тех пор, пока рыба случайно не займет второго положения. Тогда рыба успокаивается. Простояв в таком положении некоторое время и совершенно успокоившись, рыба начинает передвигаться, как бы «забыв» о токе, и случайно поворачивается вдоль силовых линий, получает резкий удар, и все повторяется. Заметно также, что под током рыба развивает сильную активность в течение лишь первых 2–3-х минут, затем появляются признаки усталости, рыба становится вялой, малоактивной. Если ток выключить и включить вновь, то все явления повторяются с самого начала, однако рыба успокаивается в течение более короткого времени.

При дальнейшем увеличении градиента реакция рыбы усиливается, причем не спасет ее и положение тела поперек силовых линий, т. к. падение потенциала по толщине рыбы уже превышает приведенное выше пороговое значение. Рыба бурно мечется по полю до тех пор, пока не потеряет силы.

При градиенте потенциала близком к 0,25–0,3 В/см у рыбы отмечается, помимо расправления плавников, судорожное вытягивание ротового и носовых отверстий. Замечено также, что в поле тока рыба иногда плавает вниз головой. После выключения тока она занимает нормальное положение. Иногда вниз головой рыба сохраняет в течение нескольких минут и после того, как ток перестанет действовать. Объяснение этому явлению следует искать либо в том, что у рыбы происходит поражение каких-то центров, управляющих равновесием тела, либо в том, что рыба занимает это положение в качестве защитной реакции.

При градиенте потенциала 0,25–0,3 В/см рыба впадает в состояние пареза. Она ложится на бок или поворачивается сверху брюшком. Все плавники полностью расправлены, судорожно вытянуты ротовые и носовые отверстия. Заметно легкое частое дрожание грудных плавников и редкие судорожные толчки хвостовым плавником. Однако дыхательные органы рыбы не парализуются: рыба продолжает дышать, о чем свидетельствует движение жаберных крышечек. В этом состоянии карп медленно опускается на дно или вслывает на поверхность.

После выключения тока наступает оживление и рыба тотчас принимает нормальное плавательное положение, однако затем становится вялой и неактивной, первое время не убегает от ловящей ее руки. Создается впечатление некоторого оглушения. Часть рыб плавает некоторое время вниз головой, другая часть, забившись в берег, неподвижно стоит там несколько минут и лишь постепенно приобретает свою прежнюю активность. Через 7–10 минут рыба принимает такой же вид, как и до опыта, а бу-

дучи вспугнута, приобретает свою прежнюю активность гораздо раньше.

При градиенте выше 0,5 В/см удавалось привести рыбу в состояние полного паралича. Это состояние характеризуется полной потерей рыбой чувствительности, носовые и ротовые отверстия судорожно вытянуты, плавники растопырены, жаберные крышки не работают, дыхания не заметно, дрожания плавников нет. Тело рыбы становится твердым и негибким, будучи как бы сведено общей судорогой – состояние, напоминающее до некоторой степени каталепсию. Кроме того, наблюдается побледнение окраски рыбы, что связано с изменением распределения пигмента в хроматофорах кожи.

Из состояния паралича рыба после выключения тока оживает значительно медленнее, чем из состояния пареза. Вначале восстанавливается дыхание, что видно по усиленной работе жаберных крышек. Плавники и ротовое и носовые отверстия складываются. Рыба начинает работать хвостом, но плавает несколько минут на боку, через 5–6 минут переворачивается в нормальное плавательное положение. Если продержать рыбу в состоянии паралича в течение 10 минут, то оживление не происходит и рыба умирает. Чем выше градиент потенциала в электрополе, тем меньше времени нужно для того, чтобы умертвить рыбу, т. к. смерть наступает уже не от удушья, а от глубоких физико-химических изменений, происходящих в нервных и мышечных тканях.

При еще больших градиентах потенциала наблюдался мгновенный паралич рыбы и смерть. Величины градиентов, соответствующие тому или иному состоянию рыбы при данных условиях опыта, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

### Зависимость состояния рыбы от величины градиента

#### Dependence of the fish condition on the gradient value

Положение тела рыбы	Первоначальное возбуждение		Парез		Паралич	
	$I^* = 9 \text{ см}$	$I = 14 \text{ см}$	$I = 9 \text{ см}$	$I = 14 \text{ см}$	$I = 9 \text{ см}$	$I = 14 \text{ см}$
Силовые линии параллельны телу рыбы	0,038	0,033	0,30	0,25	0,50	0,42
Силовые линии перпендикулярны телу рыбы	0,14	0,13	0,48	0,35	0,85	0,70
Силовые линии пронизывают рыбу от спины к брюшку	0,10	0,06	0,32	0,30	0,80	0,60

\*  $l$  – длина тела рыбы.

При второй серии опытов трудность отсчетов заключалась в том, что малейшее движение рыбы нарушило ее положение относительно силовых линий. Поэтому в ряде измерений возможны некоторые ошибки в сторону уменьшения порогового значения градиентов.

Конечно, при иной электропроводности среды

величины градиентов изменятся, однако, как указывалось выше, нашей задачей являлось установление характера поведения рыбы в поле переменного тока.

Как видно из опытов, поведение рыбы при различных стадиях возбуждения различно, причем то или иное возбуждение, а значит и поведение, присущи лишь определенной стадии. Поведение же

рыбы предопределит собой и принцип электролова. Поэтому необходимо с большей или меньшей точностью установить, какие бывают стадии возбуждения и каковы их внешние признаки. Не вдаваясь в физиологические исследования, необходимо установить и классифицировать возбуждения лишь по внешним признакам, по поведению рыбы и т. д., поскольку именно это имеет существенное значение для электролова. К числу наблюдаемых внешних факторов будут относиться внешний вид рыбы, ее поведение, характер движений, внешние признаки дыхания и др.

**Внешний вид.** Как указывалось выше, при некотором минимуме тока у рыбы заметно легкое расправление грудных и спинного плавников, остающееся на протяжении всего времена действия тока. С увеличением его плавники расправляются уже вполне явственно, причем тем больше, чем больше ток. При некоторой его величине все плавники судорожно растопыриваются до отказа. Наконец, судорожно вытягиваются ротовое и носовые отверстия.

С дальнейшим увеличением тока это состояние остается без изменения, лишь добавляется новый фактор – побледнение окраски.

**Характер поведения рыбы.** При вышеуказанном

минимуме рыба лишь в момент включения тока слегка вздрагивает, а затем успокаивается. Вздрагивания заметны и при поворотах рыбы, если она из положения поперек силовых линий переходит в положение вдоль них. Это поведение рыбы соответствует стадии заметного растопыривания плавников. При дальнейшем увеличении тока рыба начинает вести себя чрезвычайно возбужденно и бурно. При включении тока она делает резкое движение и начинает бурно метаться по полю. С увеличением тока рыба после нескольких судорожных движений ложится на бок и замирает. Наблюдаются лишь легкое дрожание грудных плавников и иногда судорожные толчки хвостовым плавником. Это поведение соответствует судорожному вытягиванию носовых и ротового отверстий и до отказа расправленным плавникам. Наконец, при еще большем токе рыба замирает совершенно. Движения полностью отсутствуют. Что касается дыхания, то если до сих пор оно было заметно по работе жаберных крышечек, то в этой стадии жаберные крышки неподвижны, внешних признаков дыхания нет.

Все зарегистрированные признаки сведены в таблицу, причем величины градиентов потенциала приведены применительно к опытам с карпом зоологической длиной в 13–14 см (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

#### Изменения внешнего вида и поведения карпа при воздействии электрического тока

#### Changes in the appearance and behavior of carp when exposed to electric current

Стадии возбуждения	Градиент потенциала, В/см	Внешний вид рыбы	Поведение рыбы	Дыхание	Окраска
1-я стадия – первоначальное возбуждение	0,033	Плавники слегка расправлены	В момент включения тока вздрагивание, затем полное успокоение рыбы. Вздрагивание рыбы при поворотах, когда рыба меняет свое положение относительно силовых линий.	Изменений в дыхании не наблюдается	Изменений в окраске не наблюдается
2-я стадия – бурное возбуждение	0,09–0,1	Плавники сильно расправлены	Рыба мечется по всему полю.		
3-я стадия – парез	0,25	Плавники сильно судорожно расправлены. Судорожно вытянуты ротовое и носовые отверстия	Рыба поворачивается на бок или кверху брюшком. Легкое судорожное дрожание грудных и брюшных плавников. Часть рыбы плавает, а часть тонет.	Дыхание заметно по работе жаберных крышечек	Побледнение окраски
4-я стадия – паралич	0,42		Полная неподвижность. Часть рыбы плавает, а часть тонет. По выключении тока оживает.		
5-я стадия – смерть	Выше 1,2–1,3		Полная неподвижность. Часть рыбы плавает, а часть тонет. По выключении тока не оживает.	Дыхания не заметно. Жаберные крышки не работают	Побледнение окраски

Таким образом при постепенном увеличении тока у рыбы можно наблюдать 5 стадий возбуждения, отличающихся друг от друга рядом признаков (см. табл. 2). Этим стадиям можно дать названия, соответствующие характеру поведения рыбы:

1. Первоначальное возбуждение.
2. Бурное возбуждение.
3. Стадия пареза.
4. Стадия паралича.
5. Смерть рыбы.

Очевидно, что величина тока, вызывающая ту или иную стадию возбуждения, будет меняться в зависимости от самых разнообразных факторов: проводимости воды, размера и вида рыбы, возможно, ее возраста, различных индивидуальных факторов и пр. Однако шкала и последовательность стадий от этого не изменяются. Такая шкала облегчает возможность использования электротока для лова. Зная поведение рыбы при любой стадии возбуждения, можно, соответственно принципу предполагаемого лова, выбрать и вызвать ту или иную стадию и предопределить то или иное поведение рыбы. Расчет же потребной мощности для создания нужного градиента потенциала можно провести по формуле зависимости между длиной рыбы, проводимостью воды и градиентом. Однако необходимо учитывать, какое направление имеют силовые линии поля, создаваемого данным электроустройством. В самом деле, как говорилось выше, для того чтобы вызвать у рыбы одну и ту же стадию возбуждения, требуются, при различном положении ее тела по отношению к силовым линиям, различные градиенты потенциала. Благодаря этому, если рыба, бывшая в состоянии, например, паралича при положении тела вдоль силовых линий, будет повернута в положение, перпендикулярное им, происходит ее оживление, начинают работать жабры, и рыба проявляет все признаки уже низшей стадии возбуждения – пареза. И, наоборот, при повороте ее из положения, когда силовые линии пронизывали тело рыбы поперек, в положение, когда силовые линии пронизывали тело рыбы поперек, наблюдается обратный переход от пареза к параличу. Таким же образом наблюдаются переходы и при других стадиях возбуждения. Соответственно этому шкалы возбуждений, при разных положениях тела рыбы по отношению к силовым линиям, будут сдвинуты одна по отношению другой, как указано на рис. 2.

Во время электролова при выборе типа электроустройства это имеет существенное значение. Очевидно, что если силовые линии поля идут горизонтально или под небольшим углом к горизонту, необходимо ориентироваться на 1-ю и 3-ю кривые графика, причем более выгодной в отношении расхода электроэнергии будет 1-я (см. рис. 2).

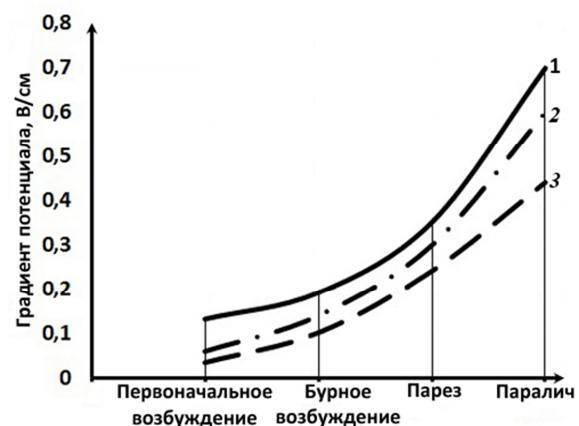


Рис. 2. Шкала возбуждений рыбы при разных положениях тела по отношению к силовым линиям:

- 1 – силовые линии параллельны телу рыбы;
- 2 – силовые линии перпендикулярны телу рыбы;
- 3 – силовые линии пронизывают рыбу от спины к брюшку

Fig. 2. Scales of fish arousal at different positions of the fish body in relation to the lines of force:

- 1 – lines of force parallel to the fish body;
- 2 – lines of force perpendicular to the fish body;
- 3 – lines of force penetrate the fish from the back to the abdomen

Что касается случая, когда силовые линии идут вертикально, то, очевидно, здесь применить, в силу необходимости, придется менее выгодную в отношении расхода энергии 2-ю кривую.

Попутно с вышеизложенным в опытах определялось также количество потонувших и всплывших рыб при поражении их током. Совершенно ясно, что всплытие или потопление рыбы, при условии поражения органов движения, зависит исключительно от удельного веса рыбы. Наполнение газом плавательного пузыря вызывает уменьшение удельного веса, выпуск газов – увеличение. Соответственно этому и происходит подъем или опускание рыбы. В нормальном состоянии рыба осуществляет подъем и спуск также с помощью соответствующих движений плавников. При действии на рыбу током, при условии медленного нарастания его, замечено постепенное сжатие пузыря и выпуск газов, отчего рыба опускается на дно. При внезапном параличе мышц пузырь может остаться в том состоянии, в котором его застал электроудар. Если рыба в момент паралича опускалась с опорожненным пузырем на дно, то она продолжает при электроударе медленно опускаться, и наоборот, если в этот момент она с наполненным пузырем всплыла, то это всплытие продолжается до самой поверхности. Характерно, что пораженная рыба не уравновешивается в тех или

иных слоях воды, а либо тонет, либо всплывает согласно вышеизложенным причинам.

Таким образом, ясно, что всплыивание и потопление рыбы зависят от состояния рыбы в момент действия на нее током и, частично, от скорости нарастания импульса тока.

Это же показали и опыты. Как было упомянуто выше, опыты проводились с карпом, принадлежащим к открытопузырным рыбам.

Некоторые экземпляры карпа после поражения током всплывали, некоторые тонули. Карпы, находившиеся на дне, обычно не всплывали на поверхность; карпы, находившиеся на поверхности, либо медленно тонули, либо оставались на поверхности, в зависимости от состояния плавательного пузыря. При опытах в прудах также было обнаружено, что всплывали или держались в плавающем состоянии рыбы, находившиеся в момент поражения у поверхности. Карпы же, находившиеся на дне, на поверхность не всплывали. Плавающие же на поверхности стайки молоди после поражения почти целиком оставались на поверхности.

Следующим вопросом, выяснявшимся в опытах, являлась гибель рыбы от действия тока. Наблюдения проводились одновременно с наблюдением за поведением рыбы и установлением шкалы возбуждения. Рыба, подвергавшаяся действию тока различной силы, переносилась в аквариум с контрольными экземплярами и наблюдалась в течение 4-х дней. В прудах же гибель рыбы проверялась счетом, для чего рыба в пруды пускалась строго по счету. После опытов пруды спускались и рыба просчитывалась вновь. Таким образом, если бы хоть одна рыба погибла, это сейчас же было бы обнаружено.

Если рыба испытала лишь первоначальное возбуждение, то, как указывалось выше, она не только не проявляла признаков каких-либо расстройств после выключения тока, но и в поле тока очень быстро успокаивалась [2].

В состоянии бурного возбуждения рыба, мечась по полю, быстро устает, изматывается. Здесь нередки случаи травматического повреждения рыбы, что может явиться в будущем причиной гибели рыбы. Кроме возможных травм, эта стадия возбуждения опасности для рыбы не представляет. После выключения тока рыба моментально приходит в нормальное состояние и в дальнейшем не обнаруживает никаких признаков расстройств. В состоянии пареза, если оно наступает мгновенно, опасность травматических повреждений исчезает. Оживление рыбы наступает сразу после выключения тока. Значительно больше опасности представляет стадия паралича.

При меньших величинах тока может наступить смерть от удушья, при больших – от сильного расстройства нервной системы. Поэтому при электролове, если необходимо сохранить рыбу живой, следует избегать возникновения состояния парали-

ча у рыбы и, тем более, не держать ее в этом состоянии в продолжение длительного времени.

Последний вопрос о том, чувствует ли рыба при приближении к электрополю, откуда идет опасность, и стремится ли избежать ее. Обычно исследователи отвечают на этот вопрос положительно. Однако этот вопрос разрешается не так просто. Рассмотрим эту реакцию рыбы согласно характеру ее поведения в различных стадиях. Очевидно, предметом рассмотрения могут быть лишь стадии первоначального и бурного возбуждения. В последних 3-х стадиях (парез, паралич и смерть) отсутствует активное движение рыбы, а значит и не может возникать и данная реакция. В стадии бурного возбуждения, как отмечалось выше, рыба мечется по полю, теряя ориентацию, бьется о различные препятствия, натыкается на электроды и т. д.

На основании проведенных экспериментов ясно, что сознательного ухода рыбы из поля не наблюдалось. Однако, если рыба, мечась по полю, выскочит из него, то она, как показали опыты, бросается в каком-либо направлении и уплывает прочь. Впрочем, часто, выскочив из поля, рыба, продолжая некоторое время метаться, вновь попадает в него. С другой стороны, если рыба подходит к полю, то иногда она, получив удар, резким броском уходит в сторону и назад, часто же таким же резким броском кидается вперед и проскаивает сквозь электрическое поле.

Из вышеизложенного следует, что в поле переменного электротока рыба теряет ориентировку и бросается в любом случайному направлении, что при подходе к полю нет гарантии, что рыба повернет назад, что она часто проходит сквозь поле, особенно в возбужденном состоянии.

### **Заключение**

Изучение общих вопросов воздействия электрических полей различных видов тока на рыб, а позднее механизма этого воздействия привлекало интерес ученых, особенно с тех пор, как было установлено направляющее и оглушающее действие тока. Современное состояние вопроса о влиянии переменного тока на рыбу позволяет ответить на ряд практических вопросов, связанных с применением электролова. Для выяснения некоторых вопросов (тонет или всплывает рыба при действии на нее переменного тока и происходит ли оживление оглушенной рыбы после выключения последнего) был проведен ряд экспериментов в лабораторных условиях и в прудовом хозяйстве. В результате были определены 5 стадий возбуждения рыбы, отличающиеся друг от друга рядом признаков. Этим стадиям можно дать названия, соответствующие характеру поведения рыбы. Величина тока, вызывающая ту или иную стадию возбуждения, будет меняться в зависимости от самых разнообразных факторов:

проводимости воды, размера и вида рыбы, возможно, ее возраста, различных индивидуальных факторов и пр. Однако шкала и последовательность ста-

дий от этого не изменяются. Такая шкала облегчает возможность использования электротока для лова.

### **Список источников**

1. Кострыкин Д. А., Грозеску Ю. Н. Оценка эффективности действия электрических полей на рыб // Каспий в цифровую эпоху: Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках Междунар. науч. форума «Каспий 2021: пути устойчивого развития» (Астрахань, 27 мая 2021 г.): сб. материалов. Астрахань: Издат. дом «Астраханский университет», 2021. С. 370–373.
2. Кострыкин Д. А., Грозеску Ю. Н. Влияние переменного тока на объекты аквакультуры // 67-я Междунар. науч. конф. Астрахан. гос. техн. ун-та (Астрахань,

29–31 мая 2023 г.): материалы. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2023. С. 701–703. 1 CD-ROM. № государственной регистрации 0322400207.

3. Кострыкин Д. А., Грозеску Ю. Н. Поведение рыбы в зоне действия электрических полей // 66-я Междунар. науч. конф. Астрахан. гос. техн. ун-та (Астрахань, 25–29 апреля 2022 г.): материалы. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2022. С. 513–516. 1 CD-ROM. № государственной регистрации 0322203804.

### **References**

1. Kostrykin D. A., Grozesku Iu. N. Otsenka effektivnosti deistviia elektricheskikh polei na ryb [Evaluation of the effectiveness of electric fields on fish]. *Kaspii v tsifrovuiu epokhu: Natsional'naia nauchno-prakticheskaiia konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma «Kaspii 2021: puti ustoichivogo razvitiia» (Astrakhan', 27 maia 2021 g.): sbornik materialov. Astrakhan', Izdat. dom «Astrakhanskii universitet», 2021. Pp. 370-373.*
2. Kostrykin D. A., Grozesku Iu. N. Vliianie peremen-nogo toka na ob"ekty akvakul'tury [The effect of alternating current on aquaculture facilities]. *67-ia Mezhdunarodnaya*

*nauchnaia konferentsiya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Astrakhan', 29–31 maia 2023 g.): materialy. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2023. Pp. 701-703. 1 CD-ROM. № gosudarstvennoi registratsii 0322400207.*

3. Kostrykin D. A., Grozesku Iu. N. Povedenie ryby v zone deistviia elektricheskikh polei [Behavior of fish in the area of electric fields]. *66-ia Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiya Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Astrakhan', 25–29 aprelia 2022 g.): materialy. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2022. Pp. 513-516. 1 CD-ROM. № gosudarstvennoi registratsii 0322203804.*

Статья поступила в редакцию 24.03.2025; одобрена после рецензирования 20.05.2025; принятая к публикации 10.06.2025  
The article was submitted 24.03.2025; approved after reviewing 20.05.2025; accepted for publication 10.06.2025

### **Информация об авторе / Information about the author**

**Дмитрий Алексеевич Кострыкин** – доцент кафедры эксплуатации водного транспорта и промышленного рыболовства; Астраханский государственный технический университет; kda797@mail.ru

**Dmitry A. Kostrykin** – Assistant Professor of the Department of Operation of Water Transport and Industrial Fisheries; Astrakhan State Technical University; kda797@mail.ru

