

ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ РЕДОКС-СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ МОЛОДИ КЛАРИЕВОГО СОМА

А. Б. ШИКУНЕЦ, В. Н. ШТЕПА

Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь, 225710

Д. Д. ЖЕРНОСЕКОВ

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210038

(Поступила в редакцию 15.10.2024)

В статье приведено обобщение имеющихся литературных данных по повышению выживаемости и снижению каннибализма молоди клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установок замкнутого водоснабжения. В мировой практике для этого применяются различные способы: от определения оптимального режима кормления и температурных условий до выбора подходящего цвета рыбоводной емкости. Однако, результаты данных работ в большинстве случаев имеют между собой значительные отличия. Это говорит о необходимости систематизации данных по этой теме и создания нового способа повышения выживаемости молоди клариевого сома. Данный способ основывается на применении электролизной обработки раствора, в котором содержатся личинки, с целью изменения его редокс-потенциала и pH. Эти показатели, по литературным данным, в определенных условиях оказывают положительный эффект на выживаемость, темпы роста и общее самочувствие многих живых организмов, включая рыб. При электролизной обработке воды возможно получение двух видов растворов: католит, имеющий щелочной pH и отрицательные значения ОВП, а также анолит, являющийся кислым раствором с положительным показателем окислительно-восстановительного потенциала. Положительный эффект, по данным исследований, оказывает именно католит, поэтому, актуальной является оценка его влияния, а также влияния анолита на выживаемость и показатели каннибализма молоди клариевого сома. Для проведения дальнейших исследований по данной тематике предложена принципиальная схема внедрения электролизной установки в мальковую линию.

Ключевые слова: ОВП, клариевый сом, молодь, УЗВ, *Danio rerio*, анолит, католит.

The article presents a summary of the available literature data on increasing the survival rate and reducing cannibalism of juvenile clarias catfish (*Clarias gariepinus*) in closed water supply systems. Various methods are used in world practice for this purpose: from determining the optimal feeding regime and temperature conditions to choosing the appropriate color of the fish-breeding tank. However, the results of these studies in most cases differ significantly. This indicates the need to systematize data on this topic and create a new method for increasing the survival rate of juvenile clarias catfish. This method is based on the use of electrolysis treatment of the solution containing the larvae in order to change its redox potential and pH. According to literature data, under certain conditions these indicators have a positive effect on the survival rate, growth rates and general well-being of many living organisms, including fish. Electrolysis treatment of water can produce two types of solutions: catholyte, which has an alkaline pH and negative ORP values, and anolyte, which is an acidic solution with a positive oxidation-reduction potential. According to research, it is the catholyte that has a positive effect, therefore, it is important to evaluate its influence, as well as the influence of anolyte on the survival rate and cannibalism rates of juvenile clarias catfish. To conduct further research on this topic, a basic scheme for introducing an electrolysis unit into a fry line is proposed.

Key words: ORP, clarias catfish, juveniles, RAS, *Danio rerio*, anolyte, catholyte.

Введение

В Республике Беларусь все большее внимание уделяется аквакультуре. Подпрограммой «Развитие рыбохозяйственной деятельности» в рамках Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы предусмотрено развитие индустриального рыбоводства и увеличение объемов производства ценных видов рыб. [1]. В настоящее время, выращивание гидробионтов в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) является наиболее перспективным и быстроразвивающимся направлением аквакультуры [2].

Такие системы являются подходящими для выращивания в условиях климата Беларуси одного из перспективных объектов аквакультуры – клариевого сома (*Clarias gariepinus*). Данная технология, за счет полного контроля над температурным, гидравлическим и гидрохимическим режимами, позволяет круглогодично получать товарную продукцию, а также рыбопосадочный материал данного вида. [3].

Клариевый сом имеет высокую скорость роста (время выращивания от личинки до товарной массы 1,2 кг составляет шесть месяцев); может выращиваться при очень высоких плотностях посадки, в отдельных случаях достигающих 500 кг/м³; отличается устойчивостью к заболеваниям; эффективность использования корма составляет 0,8–1,2 кг на 1 кг продукции; способность сома использовать для дыхания атмосферный воздух позволяет отказаться от применения в составе УЗВ оксигенаторов,

что значительно снижает капитальные затраты на строительство установок. Все эти факты говорят о целесообразности выращивания клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения [4, 5].

Однако, при выращивании клариевого сома рыбоводы сталкиваются с определенными проблемами, а именно – в период личиночной стадии наблюдаются высокая смертность и каннибализм, что в значительной степени снижает показатель эффективности получения товарной продукции [6]. Необходимо отметить, что высокое влияние на выживаемость личинок оказывает переход на внешнее питание и изменение интенсивности дыхания, что, как известно, является значительным стрессом и вызывает снижение жизнеспособности личинок клариевого сома [7, 8].

Об актуальности проблемы говорит ряд исследований, направленных на повышение выживаемости личинок клариевого сома. Так, например, в работе Б. Ю. Коваленко оценивалось влияние витаминной кормовой добавки «Чиктоник» на состояние молоди клариевого сома [9]. В исследовании белорусских ученых отмечается перспективность использования постепенного перехода личинок клариевого сома на искусственные корма для повышения их выживаемости [10]. Зарубежные авторы [Z. Nahar, A. K. M. Azad Shah и Ramji Bhandari] в своей работе описали влияние кормов с различными компонентами и процентным содержанием белка. Показано, что выживаемость, в зависимости от используемого корма, колебалась в пределах 83–96 % [11]. В научной литературе последних лет имеются работы, в которых было показано повышение показателя выживаемости посредством подбора оптимальных температурных режимов. Ученые астраханского государственного технического университета по результатам экспериментальных исследований считают, что оптимальная температура для выращивания молоди находится в пределах 28,3 °C [12]. К схожему выводу пришли авторы работы, проводившие исследования по установлению оптимального температурного режима и влиянию проточности на эффективность выращивания молоди сома. Было установлено, что оптимальная температура для эмбриональной и личиночной стадий клариевого сома составляет 26–28 °C, а проточность – 10 л/мин [13].

Кроме того, повысить выживаемость мальков клариевого сома возможно также путем снижения каннибализма. Для этого проводится периодическая сортировка рыб, позволяющая разделить особи по весу и размеру. В исследовании [I A Radwan] сказано, что оптимальным вариантом является сортировка один раз в три дня. Выживаемость личинок через 4 недели при этом достигает 49 % [14]. По мнению же авторов работы [15], даже цвет емкости для выращивания молоди клариевого сома также оказывал влияние на показатели выживаемости, роста и стрессового состояния.

Следует отметить, что все вышеперечисленные способы в определенной степени повышают выживаемость и рост молоди клариевого сома, однако, не предусматривают использования каких-либо новых технологий, способных на протяжении всего периода выращивания оказывать положительный эффект на выживаемость и рост гидробионтов. При этом данные по выживаемости во всех работах разнятся, что говорит о необходимости проведения большего количества исследований в данной области с целью обобщения вышеуказанных результатов.

Перспективным, на наш взгляд, является исследование новых направлений, предлагающих решения, не связанные с такими факторами, как температурный режим и кормление, которые являются обязательными при выращивании любого вида рыб в условиях УЗВ.

Одним из таких способов, по нашему мнению, является воздействие на живые объекты водными растворами с электролитически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП). Эффективность данной методики подтверждена рядом исследований [16–21]. Такие работы проводились для различных видов живых организмов, однако, необходимо отметить, растворы, обработанные с помощью разных режимов электролиза, имеют разное влияние на живые организмы в зависимости от значений ОВП и pH.

Показано, что растворы с отрицательными значениями ОВП и слабощелочным pH (католиты) способны улучшать состояние живых организмов, что нашло применение в ветеринарии. Так, по данным исследований, проводившихся в Витебской государственной академии ветеринарной медицины, такие растворы оказывают положительное влияние на состояние телят, больных диспепсией, а также могут быть использованы как профилактическое средство. [16, 17, 18]. Растворы с положительными значениями ОВП и слабокислой средой (анолиты) в большинстве случаев негативно влияют на живые организмы и часто используются в роли дезинфектантов [19].

Исследования в этом направлении проводились и для рыб. Так, молодь тилляпии содержалась в воде с отрицательным ОВП. Было зафиксировано, что при значениях редокс-потенциала в пределах –100 мВ темпы роста особей повышаются по сравнению с контрольной группой, содержащейся в обычной воде, имеющей положительный ОВП [20]. Такие же результаты получены для молоди клариевого сома

(*Clarias gariepinus*), которую выращивали при значениях ОБП в пределах от -500 до -600 мВ [21]. Кроме того, в ряде работ описано, что с помощью католитов осуществляли лечение животных с поражением органов дыхания и пищеварения, а с помощью анолитов успешно проводились мероприятия по дезинфекции на животноводческих комплексах [17,18]. Следует отметить, что влияние электролитически обработанных растворов изучалось и на системах, где в качестве модельных объектов были микроорганизмы. [19, 22].

Изменение редокс-потенциала водного раствора, в котором содержатся гидробионты, оказывает влияние и на изменение данного показателя внутренней среды организма. Это объясняется смещением баланса прооксидантов и антиоксидантов в организме гидробионтов [23].

Ранее нами были проведены исследования, показывающие эффект воздействия электролитически измененных растворов на эмбрионы и личинки *Danio rerio* как одного из перспективных модельных объектов для рыбоводно-биологических исследований [24].

Целью работы являлось наблюдение за нейротоксическим эффектом изучаемых растворов, в которых содержали исследуемый объект на стадии эмбриона и свободноплавающей личинки.

Основная часть

Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства БГСХА. В качестве объекта исследований использовали *Danio rerio* на стадии икры и свободного эмбриона, а также личинки, перешедшей на активное питание. В эксперименте для их содержания готовили три вида растворов, получаемых в результате электролитического воздействия на воду, соответствующую требованиям СТБ 1188-99: слабощелочной – католит, слабокислый – анолит, смесь анолита и католита в соотношении 1:1. В ходе эксперимента измерялись показатели ОБП, TDS и pH каждого раствора, что отражено в табл. 1. Для контроля использовали необработанную воду, соответствующую вышеуказанному стандарту.

Измерение значений окислительно-восстановительного потенциала производили при помощи портативного ОБП метра марки Thermo Scientific Elite ORP. pH определяли pH-метром той же фирмы. Показатель TDS фиксировали посредством использования TDS-метра/солемера марки TDS-3.

Таблица 1. Средние значения измеряемых в ходе эксперимента физико-химических показателей электролитически обработанных водных растворов

Раствор/Показатель	ОБП $\pm$ SE, мВ	TDS $\pm$ SE, ppm	pH $\pm$ SE, ед.	n
Контроль (скважинная вода)	65,32 $\pm$ 10,20	232,00 $\pm$ 8,75	7,57 $\pm$ 0,09	16
Католит	-47,03 $\pm$ 6,54	247,00 $\pm$ 13,56	8,60 $\pm$ 0,10	16
Анолит	60,84 $\pm$ 9,07	241,00 $\pm$ 9,18	7,15 $\pm$ 0,02	16
Смешанный раствор	18,37 $\pm$ 2,86	244,00 $\pm$ 8,84	7,69 $\pm$ 0,05	16

Примечание: SE – стандартная ошибка среднего, n – объем выборки значений.

Активацию производили с помощью специально собранной лабораторной модели электролизера, разделенного неактивной мембраной на катодную и анодную зоны. В качестве электродов использовался бой графита производителя ООО «Графитпродукт» (рис. 1)

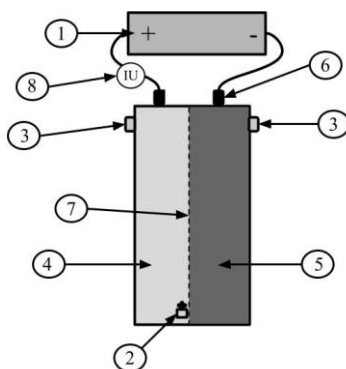


Рис. 1. Схема лабораторной электролизной установки: 1 – источник питания, 2 – кран для подвода воды, 3 – отверстия для отвода воды, 4 – анодная зона, 5 – катодная зона, 6 – электрод, 7 – мембрана, 8 – измеритель вольтамперных характеристик

Воду подавали в нижнюю часть электролизного блока при помощи циркуляционного насоса, после чего она отводилась в равных пропорциях из отверстий в анодной и катодной камерах. Объем жидкости, находящейся одновременно в ячейке, равен 3,3 дм³. Общий расход из обеих камер при этом составлял 3 дм³/мин.

Икру получали в результате нереста. Лоток находился в воздушном термостате-инкубаторе ХТ-3/40 (Беларусь). Температура воды при нересте составляла 28 °С. Производили постоянную аэрацию раствора.

Икру инкубировали в стандартном полистироловом 96-луночном планшете для ИФА-анализов с круглыми лунками в термостате-инкубаторе ST 5 CS SMART. Температура инкубации составляла 28 °С. Были сформированы 4 группы исследуемых эмбрионов, по 8 экземпляров в 2 повторностях. Каждую из групп содержали в соответствующем растворе (контроль (скважинная вода), анолит, католит, смешанный раствор анолита и католита).

Исследование подвижности эмбрионов и свободноплавающих личинок *Danio rerio* производили при помощи биологического микроскопа Микромед-1 (планахроматический объектив 4х/0,13) и камеры для него марки Basler acA2040-55uc. Использовалось программное обеспечение EthoVision XT (Noldus).

Через сутки после получения икры проводили PMR-тест (photomotor response). Тест PMR – это оценка эмбрионального движения, вызываемое световым стимулом высокой интенсивности (длина волны от 300 до 700 нм). Этот ответ не зависит от восприятия света глазами и опосредуется через фоторецепторы в развивающемся заднем мозге.

Спустя 144 часа после нереста выполняли тестирование подвижности эмбрионов в LMR-тесте (locomotor response). Он представляет собой оценку как спонтанного, так и индуцированного чередованием света, локомоторного ответа свободных эмбрионов (личинок). При LMR-тесте личинки слабо двигаются под светом, но демонстрируют увеличение активности при переключении со света на темноту. Поэтому для мониторинга такого поведения применяют циклы свет-темнота [25].

Для статистической обработки использовали Microsoft Excel, а также программный продукт R Commander.

Результаты проведения PMR-теста для особей, содержащихся во всех растворах, показаны на в табл. 2. Так, пики активности эмбрионов, содержащихся в католите, в общем, не превышают таковые для контрольной группы, что говорит об отсутствии раздражающего влияния католита на нервную систему эмбрионов *Danio rerio* на первые сутки после получения икры. Отличия являются незначительными, что также подтверждается проведением теста Ньюмена.

Таблица 2. Средняя активность эмбрионов *Danio rerio* в исследуемых растворах в каждой фазе PMR-теста

Группа	Латентная фаза ±SE	Фаза возбуждения±SE	Рефракторная фаза±SE	n
Контроль (скважинная вода)	0,000104±0,000034	0,000185±0,00007	0,000018±0,000018	40
Католит	0,00012±0,000044	0,000112±0,000053	0,000019±0,000014	40
Анолит	0,000426±0,000104	0,000547±0,000170	0,000047±0,000025	40
Смешанный раствор	0,000331±0,000088	0,00039±0,000131	0,000081±0,000043	40

Примечание: Mean – среднее значение активности в секунду, SE – стандартная ошибка среднего, n – объем выборки значений для каждой из фаз.

Результаты проведения данного теста для анолита отличаются от таковых для католита. Можно видеть значительное повышение активности эмбрионов даже в лаг-фазе (до 20 секунды), что уже свидетельствует о раздражающем эффекте, средний пик активности, который происходит после 20 секунды, превышает таковой для контрольной группы почти в 3 раза, что видно из графика. Кроме того, необходимо отметить, что активность эмбрионы проявляют также в рефракторной фазе, которая длится после 40 секунды, в которую происходит повторное световое воздействие.

Эмбрионы, содержащиеся в смешанном растворе анолита и католита также не показали по итогу теста явных отличий от контроля.

Схожие результаты получены при проведении LMR-тестирования для исследуемых объектов. Показано, что раствор из анодной зоны значительно повышает активность личинок, также, как и его смесь с католитом, что говорит о нейротоксическом эффекте данного раствора. Особи, содержащиеся в католите, показали значения средней скорости схожие с контрольной группой.

В табл. 3 представлены данные о средней скорости личинок в световую и темновую фазы.

Таблица 3. Средние значения скорости личинок *Danio rerio* для световой и темновой фаз LMR-теста

Группа	Средняя скорость для разных фаз LMR ± SE	
	Свет, мм/с	Темнота, мм/с
Контроль	0,280±0,012	0,283±0,031
Католит	0,235±0,012	0,304±0,031
Анолит	0,619±0,022	0,796±0,043
Смешанный раствор	0,435±0,014	0,388±0,031

Примечание: SE – стандартная ошибка среднего.

По результатам проведенных исследований сделано заключение, что анолит, имеющий высокие значения ОВП и слабокислые значения pH, значительно увеличивает активность личинок в ходе тестирования. Католит же, характеризующийся отрицательными значениями окислительно-

восстановительного потенциала и слабощелочным рН, такого эффекта не оказал. Смесь растворов католита и анолита также имела раздражающий эффект.

Кроме того, в ходе теста на жизнестойкость, где личинки выдерживались на протяжении 7 дней без кормления и аэрации, лучшие результаты были показаны именно в растворе католита, что отражено в табл. 4.

Таблица 4. Выживаемость личинок *Danio rerio* в ходе теста на жизнестойкость

Группа/Параметр	Выживаемость, %
Контроль	40
Католит	70
Анолит	25
Смешанный раствор	50

Полученные данные соответствуют литературным сведениям о положительном влиянии католита на живые объекты. На данный момент такой эффект объясняется, преимущественно, антиоксидантным действием данного раствора, снижающем уровень оксидативного стресса организма [26].

Обобщая приведенные выше данные других авторов, а также результаты собственных исследований можно сделать вывод, что изучение проблемы повышения выживаемости молоди клариевого сома является актуальным. Способы решения данной проблемы представлены широко – от подбора оптимального режима кормления до выбора подходящего цвета емкости (см. рис. 2).

Однако, отдельно среди этих методов выделяется обработка электролизом раствора, поступающего в рыбоводную емкость. При определенном режиме обработки возможно получение раствора католита, позволяющего повысить выживаемость и прочие показатели жизнедеятельности. Данный факт подтверждается массой исследований, которые проводились на различных видах живых организмов и во всех случаях показали положительный эффект.



Рис. 2. Способы повышения выживаемости молоди клариевого сома в промышленных условиях

Положительные результаты исследований в данной области позволяют предположить, что такой же эффект возможен при применении электролизной обработки в ходе выращивания молоди клариевого сома.

На рис. 3 показана принципиальная схема установки по подрачиванию молоди клариевого сома с использованием электролитически обработанных растворов.

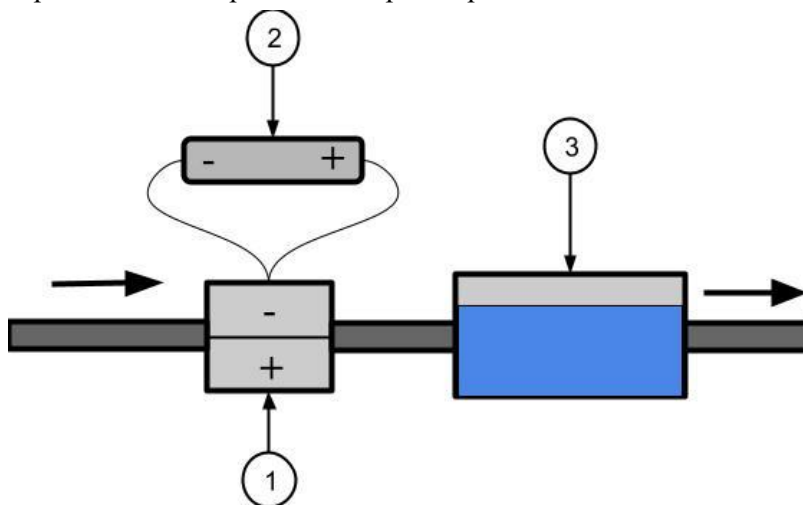


Рис. 3. Принципиальная схема линии по подрачиванию молоди клариевого сома:

1 – электролизный блок, 2 – источник питания, 3 – рыбоводный лоток

Заключение

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод, что использование электролитически обработанных растворов в индустриальном рыбоводстве является актуальным и нуждается в дальнейшем изучении.

Учитывая опыт исследователей в данной области, а также результаты личных исследований, перспективной является оценка влияния растворов католита и анолита на выживаемость и показатель каннибализма клариевого сома при выращивании его в индустриальных условиях.

Предложенная схема позволит оценить влияние электролитически обработанных водных растворов на гидробионты, выращиваемые в условиях установки замкнутого водоснабжения, что откроет возможности для проведения дальнейших исследований в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100059> – Дата доступа: 14.03.2024.
2. Ярмош, В. В. Методика морфометрических исследований рыбохозяйственных показателей клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В. В. Ярмош, А. В. Козырь // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук: навучна-практычны журнал. – 2022. – № 2. – С. 74–81.
3. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства: монография / В. В. Ярмош [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 203.
4. Темп роста клариевого сома в УЗВ в условиях калининградской области / Е. И. Хрусталев [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – №3. – С. 91–99.
5. Indriastuti, C. E. Survival and growth performance the catfish *Clarias gariepinus* in high density nurseries using recirculating aquaculture system (RAS) [Электронный ресурс] / C. E. Indriastuti, B. Ratnawati, I. W. Budiharto // ResearchGate – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/367719409_Survival_and_growth_performance_the_catfish_Clarias_gariepinus_in_high_density_nurseries_using_recirculating_aquaculture_system_RAS – Дата доступа: 16.03.2024.
6. Биотехнологические аспекты выращивания клариевого сома в УЗВ в условиях калининградской области / Е. И. Хрусталев [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – №3. – С. 99–106.
7. Сравнительные исследования роста и развития популяций африканского клариевого сома, репродуцированных в разные сезоны / М. Э. Мухитова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №2 (42). – С. 193–198.
8. Влияние витаминов и аминокислот на критические периоды эмбрионального развития африканского клариевого сома / В. Н. Любомирова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №3 (55). – С. 139–144.
9. Коваленко, Б. Ю. Выживаемость клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на ранних стадиях при кормлении с добавлением препарата Чиктоник / Б. Ю. Коваленко, В. А. Коваленко, Д. Ю. Шарило // Инжиниринг: теория и практика : материалы I международной заочной научно-практической конференции, Пинск, 26 марта 2021 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2021. – С. 97–99.
10. Таразевич, Е. В. Влияние режимов кормления на рыбохозяйственные показатели личинок клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / Е. В. Таразевич, В. В. Ярмош // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Минск, 30–31 марта 2023 г. / Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований; под общ. ред.: В. Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 35–38.
11. Nahar, Z. Effect of different feeds on growth, survival and production of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) [Электронный ресурс] / Z. Nahar [et al.] // ResearchGate – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/260981169_Effect_of_different_feeds_on_growth_survival_and_production_of_African_catfish_Clarias_gariepinus_Burchell – Дата доступа: 17.03.2024.
12. Особенности развития клариевого сома (*clarias gariepinus*, burchell, 1822) в раннем онтогенезе / Е. Н. Пономарева [и др.] // Вестник астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство. – 2020. – №2. – С. 134–141.
13. Таразевич, Е. В. Влияние температурного режима и водообмена на рыбохозяйственные показатели инкубации икры клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при различных способах воспроизводства / Е. В. Таразевич, В. В. Ярмош // Агропанорама: научно-технический журнал. – 2022. – № 5. – С. 19–24.
14. Radwan, I. A. Improving the survival rate of african catfish, *Clarias gariepinus* [Электронный ресурс] / I. A. Radwan, A. I. Mehrim, A. F. B. Abdelhamid // ResearchGate – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/265812995_IMPROVING_THE_SURVIVAL_RATE_OF_AFRICAN_CATFISH_Clarias_gariepinus – Дата доступа: 18.03.2024.
15. Ninwichian, P. Effects of tank color on the growth, survival rate, stress response, and skin color of juvenile hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) / P. Ninwichian, N. Phuwat, P. Limlek // Aquaculture. – 2022. – Vol 554.
16. Применение католита для профилактики диспепсии у телят / А. Н. Козловский [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2012. – Т. 48, вып. 1. – С. 101–105.
17. Электрохимически активированные растворы в животноводстве / А. А. Белко [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2015. – Т. 51, вып. 2. – С. 16–19.

18. Электрохимическая активация жидкостей – новая область в ветеринарной медицине / М. В. Богомольцева [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2011. – Т. 47, вып. 1. – С. 18–21.
19. Действие анолита на патогенную микрофлору / Д. Н. Куклин [и др.] // Антибиотики и Химиотерапия. – 2022. – Т. 67. – № 5. – С. 10–13.
20. Оценка эффективности выращивания рыб в воде с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом / А. А. Бахарева, [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2020. – №3. – С. 103–110.
21. Исследование влияния водных растворов с модифицированным окислительно-восстановительным потенциалом на аквакультуру / А. Н. Коржов, [и др.] // Сборник трудов конференции «Физика водных растворов». – 2022. – №5. – С. 45.
22. Анаэробное сбраживание птичьего помета с инокулятом активного ила в комбинации с электролизной обработкой / Е. Ю. Черныш [и др.] // Проблемы региональной энергетики. – 2022. – № 2 (54). – С. 101–113.
23. Redox Balance Affects Fish Welfare [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intechopen.com/chapters/69733> – Дата доступа: 21.03.2024.
24. Шикунец, А. Б. Оценка эмбриотоксичности электролитически обработанных водных растворов на примере модели *Danio rerio* / А. Б. Шикунец, В. Н. Штепа, Д. А. Каспирович // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XVII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 14 апреля 2023 г.: в 2-х ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2023. – Ч. 2. – С. 305–307.
25. Барулин, Н. В. Современные методы использования данио рерио (*zebrafish*) для оценки нейротоксичности химических веществ / Н. В. Барулин // Актуальные проблемы и инновации в современной ветеринарной фармакологии и токсикологии : материалы VI Международного съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов ЕАЭС, посвященного 90-летию со дня рождения профессора В. Д. Соколова (г. Витебск, 9–11 июня 2022 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины [и др.]. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – С. 11–15.
26. Вода «живая» и «мертвая». Новые факты об антиоксидантных и релаксационных характеристиках электроактивированной воды / Д. М. Аронбасв, [и др.] // *Universum: химия и биология*. – 2021. – № 2 (80). – С. 26–31.