



Особенности распределения антиоксидантных свойств воды в установке замкнутого цикла

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-93-99

Научная статья
УДК 574.2

Калайда Марина Львовна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Россия
E-mail: kalayda4@mail.ru

Гордеева Мария Эдуардовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Россия
E-mail: gordeeva.me@kgeu.ru

Сафиуллин Рашит Ракипович – доктор сельскохозяйственных наук, руководитель Татарского филиала ФГБНУ «ВНИРО», Казань, Россия
E-mail: tatarstanniro@vniro.ru

Адреса:

1. ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» – Россия, 420066, Казань, ул. Красносельская, 51
2. Татарский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» – Россия, 420029, Казань, ул. А. Попова, 4а

Аннотация. В условиях перехода к циркулярной экономике и решениям задачи получения больших объемов биологической продукции, перспективным становится использование установок замкнутого цикла выращивания объектов аквакультуры. Эффективность получения больших объемов продукции определяется как грамотно подобранным объектом аквакультуры, так и условиями его выращивания. Поскольку вода – универсальный растворитель и среда обитания гидробионтов, необходим постоянный мониторинг физико-химических показателей водной среды, способных комплексно и оперативно показывать происходящие изменения. Для данных целей в работе исследуется инновационный показатель – суммарная антиоксидантная активность и показаны особенности распределения антиоксидантных свойств воды в малой установке замкнутого цикла. Выявлено, что для малых циркуляционных установок с клариевым сомом (плотность посадки до 83 кг/м³) характерны изменения значений суммарной антиоксидантной активности от 3,4944 до 14,783 мгRu/дм³.

Ключевые слова: аквакультура, клариевый сом, антиоксидантная активность, аквапоника, установка замкнутого цикла водоснабжения

Для цитирования: Калайда М.Л., Гордеева М.Э., Сафиуллин Р.Р. Особенности распределения антиоксидантных свойств воды в установке замкнутого цикла // Рыбное хозяйство. 2024. № 3. С. 93-99.
DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-93-99

FEATURES OF DISTRIBUTION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF WATER IN A CLOSED WATER SUPPLY SYSTEM

Kalaida Marina Lvovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan state power engineering university, kalayda4@mail.ru, Kazan, Russia
Gordeeva Maria Eduardovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan state power engineering university, Kazan, Russia
Safiullin Rashit Rakipovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Tatar Branch of «VNIRO», Kazan, Russia

Addresses:

1. **Kazan state power engineering university** – Russia, 4200665, Kazan, Krasnoselskaya str., 1
2. **Tatar branch of the Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography»** – Russia, 420029, Kazan, A. Popova str., 4a

Annotation. In the context of the transition to a circular economy and the solution of the problem of obtaining large volumes of biological products, the use of closed water supply system for aquaculture objects becomes promising. The efficiency of obtaining large volumes of products is determined both by a well-chosen aquaculture object and by its growing conditions. Whereas water is a universal solvent and the habitat of hydrobionts, regular monitoring of the physical and chemical indicators of the water, capable to show comprehensively and promptly occurring changes, is necessary. For these purposes, the work is studied an innovative indicator – total antioxidant activity and shows the features of the distribution of antioxidant properties of water in a small closed water supply system. It was revealed that small circulation systems with *Clarias gariepinus* (planting density up to 83 kg/m³) are characterized by changes in the total antioxidant activity from 3.4944 to 14.783 mgRu/dm³.

Keywords: aquaculture, *Clarias gariepinus*, antioxidant activity, aquaponics, closed water supply system

For citation: Kalaida M.L., Gordeeva M.E., Safiullin R.R. (2024). Features of the distribution of antioxidant properties of water in a closed water supply system // Fisheries. No. 3. Pp. 93-99. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-93-99

Рисунки – авторские / The drawings was made by the author

ВВЕДЕНИЕ

В сентябре 2015 г. Организация Объединенных Наций обозначила среди главных направлений деятельности – обеспечение устойчивого развития на период до 2030 года [1]. Отмечено, что 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР) пока не достигли необходимых темпов и масштабов. В настоящее время отмечаются признаки усложнения мировой ситуации в области экономической устойчивости. В связи с этим, основными задачами сегодняшнего времени стало обеспечение продовольственной безопасности страны [2; 3]. Все более важная роль аквакультуре отводится в обеспечении продовольствия, питания и занятости населения [4].

Мировое население приближается к 10 млрд человек, при этом с 2015 г. растет число людей, страдающих от недоедания и неполноценного питания. По оценкам ФАО-2020, в 2018 г. с проблемой недоедания сталкивался 821 млн человек, т.е. каждый девятый житель планеты [9]. Развитие промышленного рыбо-

ловства, способствующего получению полноценного белка, в будущем продолжится [5; 6], и с 1970 г. объем производства продукции аквакультуры растет на 7,5% в год, что свидетельствует о важной роли этого сектора, как фактора глобальной продовольственной безопасности. В ряде стран уже применяются стратегии и технологии обеспечения устойчивости и жизнестойкости аквакультуры. Это не только высокотехнологичные инновации, такие как аквапоника [7; 8], интегрированная аквакультура, но и новаторские организационные методы [9]. В документах ФАО-2020 [9] отмечается перспективность эффективного внедрения методов ведения аквакультурного хозяйства в разных региональных контекстах на основе накопленных знаний в других регионах. Планируется расширение представленности информации как об аквакультурных предприятиях, так и о среде обитания объектов выращивания.

Развитие промышленных форм производства аквакультурной продукции позволяет

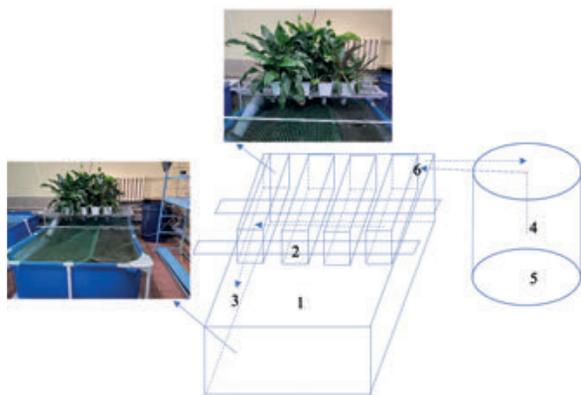


Рисунок 1. Схема точек отбора (1-6) проб на малой экспериментальной УЗВ с аквапоникой
Figure 1. Scheme of sampling points (1-6) on the small experimental water supply system with aquaponic

сократить рыбный промысел и, тем самым, снизить нагрузку на природные экосистемы. Не менее важной является деятельность в области продовольственной безопасности.

Достижению продовольственной и пищевой безопасности препятствуют комплексные глубинные проблемы, замедляющие развитие. Сектор рыболовства аквакультуры может внести уникальный вклад в улучшение положения по всем четырем аспектам продовольственной безопасности: наличию, доступу, использованию и стабильности.

В условиях развития производств, с задачами получения больших объемов биологической продукции и улучшения экологических характеристик, актуален переход к циркулярной экономике. Перспективным становится использование установок замкнутого цикла выращивания объектов аквакультуры.

За период с 2006 по 2018 год общее число, зарегистрированных ФАО, видовых позиций, являющихся предметом коммерческой аквакультуры, выросло на 31,8% – с 472 до 622 [1]. К видам с высокой скоростью ежегодного прироста продукции относятся клариевые сомы.

Африканский сом (*Clarias gariepinus*) может жить при высоких концентрациях соединений азота – аммиака, нитритов, нитратов, то есть он обладает способностью жить в условиях высоких концентраций метаболитов. Терпимость к низкому содержанию кислорода в воде сделали клариевого сома объектом аквакультуры [10-12], с помощью которого в развивающихся странах комплексно решались вопросы занятости молодежи, производства продукции питания, экологии [9].

Эффективность выращивания рыб в УЗВ во многом определяется качеством воды [13]. Ак-

туальным является подбор таких показателей для мониторинга гидрохимического состояния водной среды, которые оперативно и комплексно будут отражать значимые параметры среды.

С конца 60-х годов XX в. особую популярность набирает оценка антиоксидантных свойств разных сред [14-18]. Термин «антиоксидант» определяет вещество, препятствующее протеканию окислительных процессов в различных средах. Антиоксидантные качества сред вызывают особый интерес, поскольку антиоксиданты – вещества, которые защищают биологическую мишень от окислительного разрушения [14; 16]. Важнейшими экзогенными источниками антиоксидантов для организма являются разные виды растительного сырья и продукты его переработки.

Обычно основными объектами исследования по определению антиоксидантных свойств являются внутренние среды растительных и животных организмов, лекарственные препараты и модельные растворы. Вода является основным растворителем, всегда имеет сложный состав, который в значительной степени определяет проявление антиоксидантных свойств растворов. Поскольку использование установки замкнутого цикла водоснабжения может служить аналогом природной водной экосистемы, представляет интерес изменение характеристик антиоксидантной активности при интенсивном выращивании объектов аквакультуры. В связи с этим, целью данного исследования было рассмотрение изменения величин антиоксидантной активности в условиях выращивания клариевых сомов в разных зонах УЗВ: в бассейне с рыбами, в зоне водоподачи и биофильтра. Оценки проведены в условиях экспериментов при разном графике работы установки. Кроме этого, исследовались особенности среды в аквапонической установке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование суммарной антиоксидантной активности (САОА) вод проводилось на базе 2 малых экспериментальных установок замкнутого цикла водоснабжения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» Казанского государственного энергетического университета.

Первая экспериментальная установка замкнутого цикла водоснабжения (УЗВ) была создана на основе аквариума для выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) объемом 150 дм³. Биологический фильтр ёмкостью 60 дм³, с плавающей загрузкой в объеме 20 дм³ и постоянной аэрацией воздухом использовался для создания среды обитания микроорганизмов, активно поглощающих и разлагающих про-

дукты жизнедеятельности рыб, растворенные в воде. В нижней части биофильтра находился пробоотборник для отбора проб. Подача воды в биофильтр осуществлялась в верхней точке при помощи водяного насоса производительностью 300-350 дм³/мин методом распыления. Вода подается в аквариум из биофильтра самотеком. Биотехнологические показатели соответствовали нормативам по воспроизводству и выращивания клариевого сома [30]. Подпитка воды осуществлялась путем замены в объеме 20%.

Вторая малая экспериментальная установка замкнутого цикла включала бассейн для выращивания клариевых сомов объемом 4500 дм³, биологический фильтр объемом 350 дм³ с плавающей загрузкой в объеме 80 дм³ и аквапоническую установку. Скорость оборота воды в системе составляла 1800 л/ч. Вода подается в бассейн из биофильтра и аквапониической установки.

Исследование САОА на базе второй малой экспериментальной установки замкнутого цикла проводилось в следующих точках системы: бассейн с рыбами (1), биофильтр на разных глубинах (4, 5), лоток с растениями в аквапониической установке (2), сток очищенной воды в бассейн (3 – на выходе из аквапониической установки, 6 – на выходе из биофильтра) (рис. 1).

САОА определяли кулонометрическим методом с помощью электрогенерированного брома или хлора. Пробы анализировали на кулонометре «Эксперт-006» (ООО «Эконикс-Эксперт», Россия) по сертифицированной методике. Электрогенерацию брома осуществляли из 0.2 М раствора калия бромида в 0.1 М водном растворе кислоты серной при постоянной силе тока 100.0 мА. В электролитическую ячейку вводили 30 мл фонового раствора, и, при достижении индикаторным током определенного значения, аликвоту водного экстракта исследуемого образца объемом 100 мкл. Определение проводили при комнатной температуре. Прибор калибровали спиртовым раствором российского стандартного образца (РСО) рутина, приготовленного по действующей Государственной фармакопее XI издания. САОА выражали в мг стандартного образца рутина (Ru) на 1 дм³ (л) извлечения или в г Ru на 100 г исследуемого образца.

Статистическая обработка полученных результатов проведена через модальное значение (моду) из 10 определений, относительная ошибка определения САОА исследованных образцов ($E_{\text{отн.}}$) находилась в пределах 3,0-5,0%.

Водородный показатель – рН, электродвижущую силу (ЭДС) и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) измеряли

с помощью приборов: ионометр И-160 МИ и портативный мультипараметровый измеритель HI 98196/10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка величины САОА в дневное время в разные дни наблюдений – периоды активности и кормления рыб – представлена на рисунке 2.

Начало эксперимента проходило в день со сменой части воды в бассейне. Как видно из приведенных на рисунке 2 данных, значения САОА варьировали от 8,967 (до замены воды) до 4,362 мгRu/дм³ (после замена части воды). В следующие дни величина САОА увеличивалась:

- Во второй день она варьировала от 5,332 до 6,543 мгRu/дм³;
- В третий – от 6,543 до 7,755 мгRu/дм³;
- В четвертый – от 7,755 до 8,967 мгRu/дм³.

Таким образом, выращиваемые клариевые сомы способствовали увеличению САОА воды. Необходимо отметить, что величина САОА была связана с активностью сомов: она возрастала к 14-16 часам, снижалась к 18 часам и вновь возрастала утром примерно на 1 мгRu/дм³ к следующему суткам. В целом в течение всех дней наблюдений значения САОА изменялись в пределах 1,15 ± 0,06 мгRu/дм³.

За ночное и утреннее время также наблюдается рост значений САОА примерно на аналогичную дневному времени величину – 1 мгRu/дм³.

Поскольку было показано изменение САОА воды в дневное время, интересно рассмотреть суточные изменения САОА воды в УЗВ с клариевыми сомами (рис. 3).

Из данных, представленных на рисунке 3 видно, что значение САОА воды выросло в 2,3 раза за 7 дней. Следует отметить, что плот-

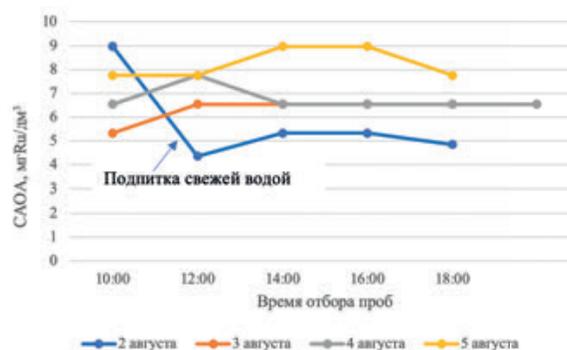


Рисунок 2. Дневные изменения САОА (мгRu/дм³) в бассейне с клариевыми сомами

Figure 2. Daily changes of TAOA (mgRu/dm³) in the pool with *Clarias gariepinus*

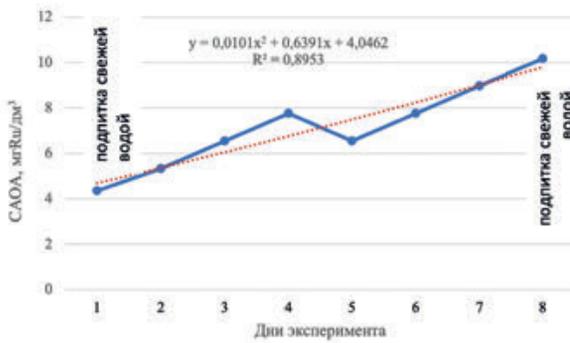


Рисунок 3. Суточная динамика САОА воды с клариевыми сомами

Figure 3. Daily dynamics of TAOA of water with *Clarias gariepinus*

ность посадки клариевых сомов составляла 10 кг/м³.

На основе проведенных экспериментов можно выдвинуть гипотезу об увеличении значений САОА по мере увеличения концентрации метаболитов рыб в воде. При этом, следует отметить, что значение рН изменялось не значительно и составило 6,902 ± 0,04.

Результаты второй последовательности суточного изменения САОА представлены на рисунке 4. Из данных, представленных на рисунке 4, видно, что в воде наблюдается рост значений САОА в процессе накопления метаболитов рыб. В повторном эксперименте значение САОА воды выросло уже в 3,4 раза за 9 дней: с 4,362 до 14,783 мгRu/дм³. Таким образом, за две серии экспериментов колебания значений САОА, в процессе наблюдения за ростом 10 кг/м³ сомов клариев, за 7 суток

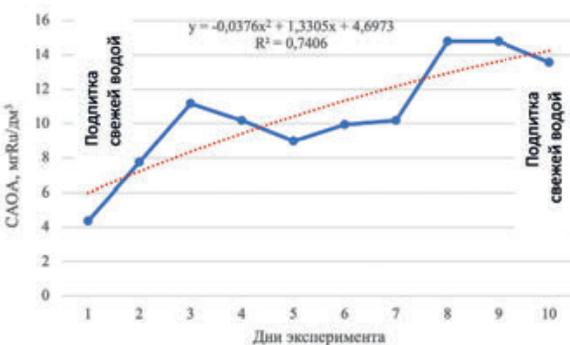


Рисунок 4. Изменения значений САОА в воде с клариевыми сомами в течение 9 дней эксперимента

Figure 4. Daily dynamics of TAOA of water with *Clarias gariepinus* during 9 days of experiment

составили от минимальных значений – 4,362 до 8,967–10,178 мгRu/дм³. В среднем увеличение значений САОА составило 5,211 мгRu/дм³. Можно оценить величину среднесуточного изменения САОА, связанного с накоплением метаболитов клариев при отсутствии подпитки воды в системе. Она составила – 0,75 мгRu/дм³/сут /10 кг/м³.

Поскольку классическим показателем контроля состояния среды в рыбоводных установках является водородный показатель – рН, то интересно посмотреть, как он меняется в тех же условиях. На рисунке 5 показаны изменения значений рН в ходе второй последовательности суточного изменения САОА.

Из данных, представленных на рисунке 5, видно, что при накоплении метаболитов рыб

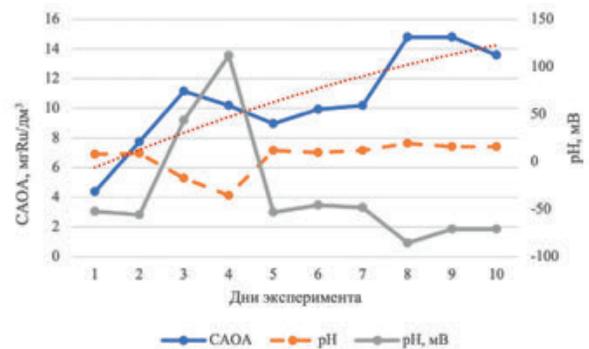


Рисунок 5. Изменения значений САОА, рН и ЭДС в воде с клариевыми сомами

Figure 5. Changes of TAOA, pH and EMF values in water with *Clarias gariepinus*

в отсутствие подпитки воды значения САОА возрастают, а значения рН отражают подкисление среды с некоторым отставанием во времени. В целом наблюдается обратная зависимость между этими показателями, однако требуются дополнительные исследования.

Другим интересным, с гидрохимической точки зрения показателем, для сравнения с САОА является ЭДС (рис. 4). Проведенные ранее исследования показали, что ЭДС является более «чувствительным» по сравнению с рН к изменению гидрохимического состава вод, что отражается, в первую очередь, в размахе вариационного ряда. Можно отметить, что размах вариационного ряда в данном эксперименте по показателю рН составил 3,514, по показателю САОА – 10,421 мгRu/дм³, по показателю ЭДС (мВ) – 197,2 мВ (рис. 5).

Эксперименты выявили, что в системе с рыбами значения САОА меняются по мере накопления метаболитов. Другим важным мо-

ментом является оценка их распределения по системе УЗВ (рис. 6).

Было выявлено, что в биофилтре в среднем слое значение САОА составило 3,7252 мгRu/дм³ при рН равным 6,8 и ОВП 97,5 мВ, в придонном слое значение САОА выросло в 1,6 раз и составило 6,0073 мгRu/дм³ при рН равным 6,59 и ОВП 152,0 мВ (рис. 6).

На выходе из биофилтра САОА составила 3,4944 мгRu/дм³ (рН 6,53; ОВП 123,7 мВ).

САОА воды в лотке с растениями составила 13,2933 мгRu/дм³, на выходе из аквапонической установки значение САОА воды снизилось в 1,9 раз и составило 6,9342 мгRu/дм³ (рис. 6) (рН 6,02; ОВП 166,4 мВ).

При этом в бассейне значение САОА воды с клариевыми сомами составило 3,7495 мгRu/дм³ (рис. 6) (рН 6,3; ОВП 45,5 мВ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование распределения величин САОА в разных зонах установки выявило существенные различия. Максимальные значения отмечены в лотке с растениями в аквапонической установке (13,294 мгRu/дм³). Наименьшие величины САОА отмечены на выходе из биофилтра, в средних слоях биофилтра и бассейне с рыбами (плотность посадки клариевых сомов – 83,3 кг/м³), соответственно, 3,4944, 3,7252 и 3,7495 мгRu/дм³. Хотелось бы отметить и то, что диапазон изменений величин САОА в системе замкнутого цикла варьировал от 3,4944 до 14,783 мгRu/дм³ во всех экспериментах. Сравнивая эти величины с полученными нами ранее данными по величине САОА воды [19-22] из озера Верхний Кабан (г. Казань), – 3,9186 мгRu/дм³, озера Средний Кабан (г. Казань) – 3,1929 мгRu/дм³ можно отметить, что величины соответствуют значениям, полученным для бассейна с рыбами при наличии проточности и смены воды. Продолжая проверку на сходимость полученных результатов, проведем сравнение с величинами САОА воды из рыбоводного классического пруда – 5,3699 мгRu/дм³ [19, 20] и аквариума – 7,2433 мгRu/дм³. Таким образом, в условиях проточности рыбоводных систем отмечаются более высокие значения САОА воды.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов:

Калайда М.Л. – идея статьи, корректировка текста; Гордеева М.Э. – анализ данных, подготовка статьи; Сафиуллин Р.Р. – обсуждение результатов.

The tab in the authors' work:

Kalaid M.L. – idea Status, texture correction; Gordeeva M.E. – data analysis, preparation status; Safiullin R.R. – results discussion.

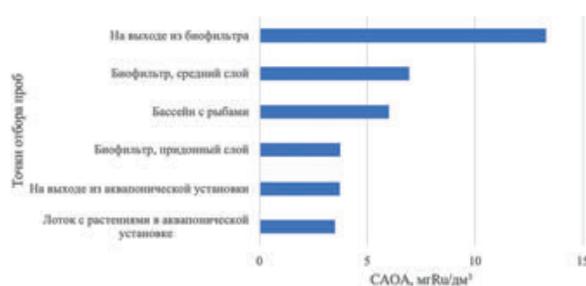


Рисунок 6. Изменения значений САОА в УЗВ с клариевыми сомами

Figure 6. Changes of the TAOA values in the closed water supply system with *Clarias gariepinus*

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Достижение целей устойчивого развития – Рим: ФАО. 2018. 226 с.
2. Giri P.K., Miroslava B., Ayat U., Prajal P. Food security and sustainability through adaptation to climate change: Lessons learned from Nepal // International Journal of Disaster Risk Reduction. – 2024. Т. 101. 104279. ISSN 2212-4209. DOI 10.1016/j.ijdr.2024.104279.
3. Adesola A.I. Urban food security and socioeconomic sustainability: A multidimensional perspective // Green Technologies and Sustainability. 2024. Т. 2. № 2. 100080, ISSN 2949-7361. DOI 10.1016/j.grets.2024.100080.
4. Trond B., Madan D., Amalie T. Economic analysis of the contributions of aquaculture to future food security // Aquaculture. 2024. Т. 578. 740071, ISSN 0044-8486. DOI 10.1016/j.aquaculture.2023.740071.
5. Бетин О.И., Титова Г.Д., Васильев Д.А., Ефимов Ю.Н. Роль и задачи биоэкономики в создании научных основ устойчивого развития промышленного рыболовства // Рыбное хозяйство. 2022. №5. С.47-52.
6. Зиланов В.К. Китай – мировой лидер морского рыболовства и аквакультуры // Рыбное хозяйство. 2023. №4. С.4-8.
7. Ajit K.V., Chandrakant M.H., Venisza C.J., Roshan M.P., Irene E.J. Aquaponics as an integrated agri-aquaculture system (IAAS): Emerging trends and future prospects // Technological Forecasting and Social Change. 2023. Т. 194. 122709, ISSN 0040-1625. DOI 10.1016/j.techfore.2023.122709.
8. Kalaida M., Khamitova M., Kalaida A, Borisova S., Babikova V. Elements of circular technologies in aquaculture on the waters of energy facilities // E3S Web of Conferences 288. 2021. 01048. DOI 10.1051/e3sconf/202128801048.
9. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Меры по повышению устойчивости. – Рим: ФАО. 2020. 223 с.
10. Ikenna O., Chinenye C.A., Nelson I.O., Oji A.N., Emeka L. N. Interrelationship between some morphometric parameters and bodyweight of tank-based cultured

- African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) // Aquaculture and Fisheries. 2021. Т. 6. № 6. С. 628-633. DOI 10.1016/j.aaf.2020.07.016.
11. Калайда М.Л., Пуганов Е.С., Калайда А.А., Хамитова М.Ф. Клариевый сом *Clarias Gariepinus* при задачах искусственного воспроизводства // Материалы V Национальной научно-практической конференции «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации». 2020. С.97-100.
 12. Kalaida M., Borisova S., Piganov E., Ismagilov F., Kalaida A. Improving the biotechnology of growing *Silurus Glanis* L., *Clarias Gariepinus*, *Pangasius Hypophthalmus* catfish (Siluroidea) in the waters of energy facilities // E3S Web of Conferences 288. 2021. 01045.
 13. Gordeeva M.E., Kalayda M.L. Using Redox potential in water quality assessment of energy facilities // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. 288. DOI 10.1088/1755-1315/288/1/012039.
 14. Котенкова Е.А., Лукинова Е.А., Купаева Н.В. Обзор методов оценки антиоксидантных свойств растительных экстрактов // Все о мясе. 2018. № 2. С.36-40.
 15. Marina Kalaida and Maria Gordeeva Features of the physical and chemical characteristics of water of energy facilities for aquaculture tasks // E3S Web Conf. 2021. 288. № 01049. DOI 10.1051/e3sconf/202128801049.
 16. Калайда М.Л., Гордеева М.Э. Абиотические факторы среды в классификации вод объектов энергетики для задач аквакультуры // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Т. 4. № 2. С. 31-39.
 17. Лапин А.А., Гордеева М.Э., Калайда М.Л. Кластерная характеристика вод по величине их суммарной антиоксидантной активности // Бултеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 10. С. 67-73.
 18. Kalayda M.L., Gordeeva M.E. Cluster characteristic of water used by energy facilities by total antioxidant activity // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1089. № 012043. DOI 10.1088/1757-899X/1089/1/012043.
 6. Zilanov V.K. (2023). China is the world leader in marine fisheries and aquaculture // Fisheries. No.4. Pp.4-8. (In Russ., abstract in Eng.).
 7. Ajit K.V., Chandrakant M.H., K Venisha.J., Roshan M.P., Irene E.J. (2023). Aquaponics as an integrated agro-aquaculture system (ISAA): new trends and prospects for the future // Technological forecasting and social changes. vol. 194. 122709 and ISSN 0040-1625. DOI 10.1016/j.techfore.2023.122709.
 8. Kalaida M., Khamitova M., Kalaida A., Borisova S., V. Babikova (2021). Elements of circular technologies in aquaculture in the waters of energy facilities // Web conferences e3s successfully 288. 01048. DOI 10.1051/e3sconf/202128801048.
 9. The state of global fisheries and aquaculture. Measures to increase sustainability. – Rome: FAO. 2020. 223 p. (In Russ.).
 10. Ikena O., Chinene S.A., Nelson I.O., Oji A.N., Shemeke L. N. (2021). The relationship between certain morphometric parameters and the mass body of an Arican species emerging in an aquarium (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) // Aquaculture and fisheries. Vol. 6. No. 6. Pp. 628-633. DOI 10.1016/j.aaf.2020.07.016.
 11. Kalaida M.L., Piganov E.S., Kalaida A.A., Khamitova M.F. (2020). Clarium catfish *Clarias Gariepinus* under the tasks of artificial reproduction // Materials of the V and V National scientific and practical conference “The state and ways of development of aquaculture in the Russian Federation”. Pp. 97-100. (In Russ.).
 12. Kalaida M., Borisova S., Piganov E., Ismagilov F., Kalaida A. (2021). Improvement of biotechnology for growing toothfish *Sifudrus Glanis* L., *Clarias Gariepinus*, *Pangasius Hypophthalmus* (Siluroidea) in the waters of energy facilities // Web conferences e3s successfully 288. 01045.
 13. Gordeeva M.E., Kalaida M.L. (2019). The use of intellectual and managerial potential in oncohematological research // VGD Conf. ser.: The environment of the Earth. Science. 288 p. 10.1088/1755-1315/288/1/012039.
 14. Kotenkova E.A., Lukinova E.A., Kupaeva N.V. (2018). Review of methods for evaluating the antioxidant properties of plant extracts // All about meat. No. 2. Pp.36-40. (In Russ.).
 15. Marina Kalaida and Maria Gordeeva (2021). Features of physico-chemical characteristics of water of energy facilities for aquaculture tasks // e3s successfully web conference. 288. № 01049. DOI 10.1051/e3sconf/202128801049.
 16. Kalaida M.L., Gordeeva M.E. (2021). Abiotic environmental factors in the classification of waters of energy facilities for aquaculture tasks // Aquatic bioresources and habitat. Vol. 4. No. 2. Pp. 31-39. (In Russ.).
 17. Lapin A.A., Gordeeva M.E., Kalaida M.L. (2019). Cluster characteristics of waters by the magnitude of their total antioxidant activity // Butlerovskie communications. Vol. 60. No. 10. Pp. 67-73. (In Russ.).
 18. Kalaida M.L., Gordeeva M.E. (2021). Laboratory analyzer of water, analytical information, quantitative assessment of activity // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 1089. № 012043. DOI 10.1088/1757-899X/1089/1/012043.

LITERATURE AND SOURCES

1. The state of global fisheries and aquaculture. Achieving the Sustainable Development Goals – Rome: FAO. 2018. 226 p. (In Russ.).
2. Giri P.K., Miroslava B., Ayat U., Prajal P. (2024). Food security and sustainable development through adaptation to climate change: lessons learned from the experience of Nepal // International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 101. 104279. ISSN 2212-4209. DOI 10.1016/j.ijdr.2024.104279.
3. Adesola A.I. (2024). Production activity of enterprises and socio-economic organizations: a multidimensional view // Green technologies and sustainable development. Vol. 2. No. 2. 100080, ISSN 2949-7361. DOI 10.1016/j.grets.2024.100080.
4. Trond B., Madan D., Amalia T. (2024). Ecological analysis of the contribution of aquaculture to fisheries activities // Aquaculture. T. 578. 740071, ISSN 0044-8486. DOI 10.1016/j.aquaculture.2023.740071.
5. Betin O.I., Titova G.D., Vasiliev D.A., Efimov Yu.N. (2022). The role and tasks of bioeconomics in creating scientific foundations for sustainable development of industrial fisheries. No.5. Pp.47-52. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию/ Received 15.03.2024
Принят к публикации / Accepted for publication 30.05.2024