



COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

IV International Scientific and Practical Conference "DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE"

("AQUACULTURE 2024" Conference)

dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences,
the 10th Anniversary of the Russian Science Foundation,
and the 95th Anniversary of the Don State Technical University

using remote technologies

on the basis of the complex of DSTU, SRSC «Raduga» on the Black Sea
v. Divnomorskoye, Gelendzhik district, Krasnodar Territory, Russia

September 02–08, 2024



СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ» (КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2024»)*,

приуроченной к 300-летию Российской академии наук, 95-летию Донского государственного технического университета, проводимой в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» и реализуемой при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Соглашения от «24» апреля 2024 года № 075-15-2024-528 на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития по теме «Южный вектор национальной безопасности в условиях геополитических и климатических вызовов».

с. Дивноморское,
02 – 08 сентября 2024 г.

*Мероприятие проведено в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

"DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE" ("AQUACULTURE 2024" CONFERENCE) using remote technologies

Divnomorskoye,
September 02 – 08, 2024

Ростов-на-Дону | Rostov-on-Don
2024

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.Ч. Месхи – ректор Донского государственного технического университета, академик Российской академии образования, д-р техн. наук, профессор

Г.Г. Матишов – заместитель Президента Российской академии наук, научный руководитель ЮНЦ РАН, академик Российской академии наук

С.В. Бердников – директор Южного научного центра Российской академии наук, д-р геогр. наук

М.Т. Лионг – директор по медицинскому маркетингу компании Diprox, PhD (Китай)

А.Н. Неваленный – ректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет», д-р биол. наук

А.В. Невредин – руководитель Евразийского аквакультурного альянса, руководитель комиссии по аквакультуре, академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (ООН)

Е.Н. Пономарёва – главный научный сотрудник Южного научного центра Российской академии наук, д-р биол. наук, профессор

Д.В. Рудой – руководитель специализированной организации территориального кластера «Долина Дона» Ростовской области, декан факультета «Агропромышленный» ДГТУ, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробιοтехнологии» ДГТУ, д-р техн. наук, доцент

А.В. Ольшевская – заместитель декана факультета «Агропромышленный» ДГТУ, заместитель руководителя Центра развития территориального кластера «Долина Дона» ДГТУ, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. техн. наук

В.Н. Шевченко – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробιοтехнологии» ДГТУ, канд. биол. наук

М.Ю. Одабашян – старший научный сотрудник «Центра агробιοинженерии эфиромасличных и лекарственных растений», старший преподаватель кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса» ДГТУ, канд. биол. наук (отв. ред.)

P17 **Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2024»):** сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции (с. Дивноморское, 02 – 08 сентября 2024 г.) / ред. кол. Б.Ч. Месхи [и др.]; ДГТУ – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2024. – 92 с.

ISBN 978-5-6052751-3-8

Сборник опубликован по результатам IV Международной научно-практической конференции «Развитие и современные проблемы аквакультуры» (Конференция «Аквакультура 2024»).

В сборник вошли научные труды, которые рассматривают разные аспекты рыбного хозяйства и описывают современное состояние аквакультуры в РФ, ее проблемы, перспективы и тенденции развития. Такое внимание к проблемам рыбного хозяйства в очередной раз подтверждает стратегическую важность данной отрасли для продовольственной безопасности страны.

Сборник предназначен для ученых, студентов и преподавателей сельскохозяйственных учебных заведений, аспирантов и специалистов-практиков в области технических средств аквакультуры.

ISBN 978-5-6052751-3-8

© ДГТУ-Принт, 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со 02 по 08 сентября в СОСК «Радуга» пос. Дивноморское прошла IV Международная научно-практическая конференция «Развитие и современные проблемы аквакультуры» (Конференция «Аквакультура 2024»).

Организатором данной конференции выступил Донской государственный технический университет совместно с Южным научным центром РАН при поддержке Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области.

Конференция «Аквакультура 2024» – это важное событие для всех тех, кто не равнодушен к проблемам рыбного хозяйства. Участники конференции активно делятся своим опытом в данной отрасли, обсуждают научные исследования по соответствующим тематикам, находят способы внедрения инновационных методик и технологий в аквакультуре.

За четыре года проведения данной конференции было заслушано более 300 докладов как в очном, так и в дистанционном формате. Докладчиками являются не только представители научных и образовательных учреждений, но и промышленные партнеры, а также обучающиеся вузов. Ежегодно конференция собирает докладчиков из разных городов Российской Федерации: Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Астрахань, Владивосток, Петрозаводск, Мурманск, Краснодар, Волгоград, Ставрополь, Белгород и т.д.

География Конференции «Аквакультура 2024» выходит далеко за пределы Российской Федерации. Каждый год на конференции выступают иностранные ученые, эксперты и представители бизнеса. В этом году с докладами выступили ученые из Малайзии, Социалистической Республики Вьетнама, Китайской Народной Республики и т.д. Иностранные специалисты поделились мировым опытом в области аквакультуры и внесли свои идеи в развитие данной отрасли.

Программный и организационный комитеты, а также все участники конференции выражают благодарность партнерам и журналу «BIO Web of Conferences», индексируемому библиографическими базами данных Scopus и (или) Web of Science за публикацию статей Конференции «Аквакультура 2024».



PREFACE

On September 02-08, the IV International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" ("Aquaculture 2024" Conference) was held in the SRSC "Raduga" in the Divnomorskoye village.

The conference was organized by the Don State Technical University together with the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences with the support of the Russian Academy of Sciences, the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, the Ministry of Agriculture and Food of the Rostov Region.

The "Aquaculture 2024" Conference is an important event for all those who are not indifferent to the problems of fisheries. Conference participants actively share their experience in the industry, discuss scientific research on relevant topics, and find ways to implement innovative methods and technologies in aquaculture.

Over the four years of the conference, more than 300 reports were presented both in person and remotely. Speakers include representatives of scientific and educational institutions, industrial partners, and students. Every year, the conference brings together speakers from all over the Russian Federation: Moscow, St. Petersburg, Rostov-on-Don, Astrakhan, Vladivostok, Petrozavodsk, Murmansk, Krasnodar, Volgograd, Stavropol, Belgorod, etc.

However, the geography of the "Aquaculture 2024" Conference includes not only Russian cities. Foreign scientists, experts and business representatives take part in the conference every year. Scientists from Malaysia, the Socialist Republic of Vietnam, the People's Republic of China, etc. made presentations in this year. Foreign experts shared global experience in the field of aquaculture and contributed their ideas to the development of the industry.

The Program and Organizing Committees, as well as all participants of the conference, express gratitude to the partners and the journal "BIO Web of Conferences" indexed by the bibliographic databases Scopus and (or) Web of Science, for publishing the articles of the "Aquaculture 2024" Conference.





Уважаемые участники Конференции «Аквакультура 2024»!

Вопросы рыбного хозяйства остаются крайне актуальными для нас. Сейчас мы проводим большую работу по восстановлению видов рыб, которые находятся под угрозой, очищаем водоемы и стараемся внедрять новые технологии в данной отрасли, чтобы достичь поставленных целей.

Рыбное хозяйство издавна является традиционным промыслом нашей области. Мы стараемся поддерживать аквакультуру на Дону, внедрять необходимые технологии в данную отрасль, привлекать как опытных, так и молодых ученых и экспертов к сотрудничеству.

От лица Правительства Ростовской области и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области хочу поблагодарить вас за вклад в развитие аквакультуры не только в нашем регионе, но и в Российской Федерации в целом.

Желаю вам успехов в Вашей научной деятельности!

Константин Николаевич Рачаловский
*Заместитель Губернатора Ростовской области,
Министр сельского хозяйства и продовольствия
Ростовской области*



Уважаемые коллеги, участники и гости Конференции «Аквакультура 2024»!

Аквакультура – одна из самых важных отраслей хозяйства Российской Федерации, а также залог продовольственной безопасности нашей великой страны.

Современная эпоха только подтверждает значимость водных ресурсов для разных сфер нашей жизни. В связи с этим очень важно бережно заботиться о том, что мы имеем на данный момент и стараться это приумножать. Я уверен, что на конференции собираются именно те люди, которые готовы работать над этой задачей.

Желаю всем участникам плодотворных дискуссий, направленных на развитие аквакультуры в нашей стране!

Бесарион Чохоевич Месхи
*Ректор Донского государственного
технического университета,
Академик Российской академии образования*



Дорогие коллеги! От лица Российской академии наук рад обратиться к участникам Конференции «Аквакультура 2024»!

В первую очередь я хотел бы отметить, что рыбохозяйственная отрасль играет стратегически важную роль в поддержании продовольственной безопасности Российской Федерации.

Я рад, что проблемы аквакультуры начинают привлекать все больше опытных и молодых ученых, экспертов и промышленных партнеров. Это говорит о том, что мы вместе сможем противостоять всем тем проблемам и вызовам, которые появляются в этой отрасли. Считаю, что главная цель проведения Конференции «Аквакультура 2024» заключается в обмене передовым опытом и знаниями между учеными и исследователями для выработки наиболее эффективной стратегии развития аквакультуры в нашей стране.

Желаю вам удачи и успехов в научной деятельности!

Геннадий Григорьевич Матишов

*Заместитель Президента Российской академии наук,
Научный руководитель ЮНЦ РАН,
Академик Российской академии наук*



Дорогие коллеги!

Благодарю Вас за то, что смогли найти время, чтобы посетить значимое для развития аквакультуры мероприятие – Конференцию «Аквакультура 2024». В настоящее время, вопросы аквакультуры актуальны как никогда ранее, в связи с чем нам необходимо привлекать ресурсы для эффективного их решения. Я уверен, что каждый из вас сможет за время проведения Конференции внести свой весомый вклад в развитие отечественного рыбного хозяйства.

Пусть конференция даст вам возможность взглянуть на проблемы аквакультуры под новым углом и найти их нестандартные и инновационные решения!

Сергей Владимирович Бердников

*Директор Южного научного центра
Российской академии наук*

СОДЕРЖАНИЕ

ОТОЛИТНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ	9
Михайлов А.В., Леман В.Н.....	9
РЕЗУЛЬТАТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЫПУСКОВ МОЛОДИ БЕЛОГО АМУРА STENOPHARYNGODON IDELLA (VALENCIENNES, 1844) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ В 2023 ГОДУ ...	13
Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Шевченко В.Н., Ткачева И.В., Малиновкин А.В., Головки Л.С., Яронтовский В.Е.....	13
БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ НА ОСНОВЕ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ЗАРАЖЕННОМ ПОМЕТЕ ПТИЦ	17
Леонов С.В., Юшков Ю.Г., Городов В.С., Тареева Е.А., Лукьянчикова Н.Л., Цимбалова Т.А.....	17
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА САЛЬМОГИР ПРИ МОНОГЕНЕОЗАХ И ЕГО БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РЫБ	21
Сорокин П.А., Енгашев С.В., Гончарова М.Н.....	21
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ РЫБЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	25
Рябых Г.Ю., Фролова Н.В., Гуськов Г.Е., Мизгулин Д.Д., Милявский Г.С., Имамутдинов Н.О.	25
ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЁВОГО РАКА НА ЮГЕ РОССИИ	28
Крючков В.Н., Егорова В.И.....	28
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ КЛАРИЕВОГО СОМА НА ИСКУССТВЕННЫХ КОРМАХ, ОБОГАЩЕННЫХ МИКРОБНЫМ БЕЛКОМ И ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ.....	33
Гинзбург А.А., Литвиненко А.И., Корентович М.А., Бобров В.В., Батршина А.Д., Зенкович П.А.	33
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОБИОТИКОВ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ИММУННОГО ОТВЕТА У АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА CLARIAS GARIEPINUS (BURCHELL, 1822).....	37
Головки Л.С., Празднова Е.В., Шевченко В.Н., Гуляева А.Ю., Скрипниченко Р.В., Рудой Д.В.	37
ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ В САНИТАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ.....	42
Воскобойников Г.М.....	42
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПРОТЕИНА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ УЗВ	44
Арнаутов М.В., Родионова И.Д., Гершунская В.В., Биндюков С.В., Новоселова Ю.А.....	44
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМПОВ РОСТА АКВАКУЛЬТУРНОГО ЧЕШУЙЧАТОГО, ЗЕРКАЛЬНОГО, ГОЛОГО КАРПА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИКОРМОВ.....	49
Палий Д.С., Коваленко М.В.	49
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ	53
Костин В.Е., Паршев С.С., Медведева Л.Н., Соколова Н.А.	53
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОРМЛЕНИЯ	59
Божко В.А., Кузьменко П.Г., Коханов Ю.Б.....	59
СПОСОБЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ	63
Рылова Н.Е.....	63
ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРИДА НАТРИЯ НА РАЗВИТИЕ РАЧКА ARTEMIA SALINA	66
Арзуманьян Д.А., Стасюк Е.А., Иванченко Е.С., Бекбергенова В.М.	66
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЕ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ	71
Ковальчук Д.Ю.....	71
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	74
Закутняя Д.В.	74

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	77
Гайдай Р.Р.	77
КОРМОРАЗДАТЧИКИ НА РЫБНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ. КЛАССИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	82
Кузьменко П.Г.	82
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	85
Арзуманьян Д.А., Коханов Ю.Б.	85

ОТОЛИТНОЕ МАРКИРОВАНИЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

¹Михайлов А.В., ¹Леман В.Н.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Приведены общие сведения о мечении рыб. Указаны особенности формирования отолитных меток термическим и сухим способами. Отмечено разнообразие кодов меток, используемых рыбноводными предприятиями Азиатско-Тихоокеанского региона. Приведены данные о количестве маркируемых тихоокеанских лососей в различных странах. Уточнены данные по выпуску меченой рыбы с рыбоводных заводов Российской Федерации.

Ключевые слова. Тихоокеанские лососи, отолитное мечение, искусственное воспроизводство, мониторинг.

OTOLITH LABELING OF PACIFIC SALMON

¹Mikhailov A.V., ¹Leman V.N.

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russian Federation

Abstract. General information about fish tagging is provided. The features of the formation of otolith marks by thermal and dry methods are indicated. The variety of label codes used by fish farming enterprises in the Asia-Pacific region is noted. Data on the number of labelled Pacific salmon in various countries are presented. The data on the release of labeled fish from fish hatcheries of the Russian Federation have been clarified.

Keywords. Pacific salmon, otolith tagging, artificial reproduction, monitoring.

Введение. Мечение широко применяется при изучении биологии животных, в том числе и рыб. Чаще всего по меткам определяют пространственно-временное распределение и границы ареалов распространения видов. При помощи мечения изучают индивидуальные биологические показатели рыб их распределение, динамику численности, интенсивность промысла и оценку эффективности искусственного воспроизводства. Рыб метят различными методами в соответствии с поставленными задачами.

При нанесении меток различают индивидуальное и серийное мечение. Индивидуальное мечение рассчитано на длительное сохранение метки при возможности надления метки уникальной специфической информацией. Массовое мечение несет однотипную информацию для как можно большей группы с минимальными издержками.

Массовое мечение рыб широко распространенная международная практика. Информация, полученная путём его проведения, широко используется, для изучения миграций, проведения охранных мероприятий и рационализации промысла. Знание сроков, характера перемещения и сезонного распределения объектов промысла крайне важно для их рациональной добычи и распределения запаса. Широкое распространение массовое мечение молодежи получило для искусственно выращенных промысловых видов рыб, выпускаемых в естественную среду обитания, прежде всего для лососевых видов рыб [5].

Наиболее простым в техническом плане способом массового мечения, является удаление частей плавников или жаберной крышки. Однако такой способ имеет ряд серьезных недостатков, таких как сложность идентификации и относительная трудоемкость. В целом, ампутация плавника не безопасна для рыбы и потенциально способствует ошибкам в исследовании, так как из-за нанесенной травмы часто замедляется темп роста, нарушается двигательная функция и увеличивается смертность. Мечение молодежи горбуши и кеты путем ампутации жировых плавников применяли на сахалинских заводах с начала 60-х годов XX века. Однако смертность молодежи после проведенных манипуляций была высокой, а плавники нередко регенерировали. Кроме того, иногда допускали ошибки в применяемых метках, а именно: на одном заводе отрезали плавники, выбранные в качестве метки для другого предприятия. На данный момент подобные способы мечения на рыбноводных заводах Дальнего Востока не применяют [6].

Цель исследования – провести краткое обобщение информации об отолитном маркировании тихоокеанских лососей в России и за рубежом.

Материал и методы исследования. Обзор и поиск информации осуществлялся по тематикам, смежным с темой исследования. При поиске отдавалось предпочтение источникам не старше десяти лет.

Результаты исследования. В настоящее время, наиболее часто применяемым методом массового мечения, является отолитное маркирование. Это группа методов, основанная на фиксации меток под влиянием окружающей среды на отолитах рыб, полученные изменения сохраняются на протяжении всей жизни рыб и могут быть «прочитаны» на любой стадии онтогенеза. Отолитные метки формируются в результате разницы темпов образования слоя соединений кальция, под воздействием внешних факторов среды. Если действие носит временный характер, то периоды воздействия проявляются на отолите в виде чередования темных полос на светлом поле по типу штрих-кода. В метку можно внести информацию о рыбоводном заводе, регионе и стране, а в отдельных случаях и о конкретной партии лосося, выращенной заводом.

Основное преимущество метода маркирования отолитов – массовость. Ежегодно метят до 3,0 миллиардов экземпляров выпускаемой молодежи. Другими способами пометить такое число лососей практически невозможно, не смотря на развитие новых методов, таких как стронциевые метки [5].

Отолитное маркирование на лососевых рыбоводных заводах производится путем термического и «сухого» мечения. Для описания меток использовался штрих-код образующийся в ходе манипуляций при инкубировании икры [9, 10]. Термическое маркирование – наиболее распространенный способ массового мечения лососей в мире. Данный метод применяется в России, Японии, США, Корею и Канады. Метка на отолитах (рис. 1) образуется за счет периодических изменений фоновой температуры воды, при которой происходит инкубация икры [1, 2, 3, 4]. Следует отметить, что изменение температуры среды влияет и на отолиты мальков, однако мечение на этой стадии развития не эффективно [3].

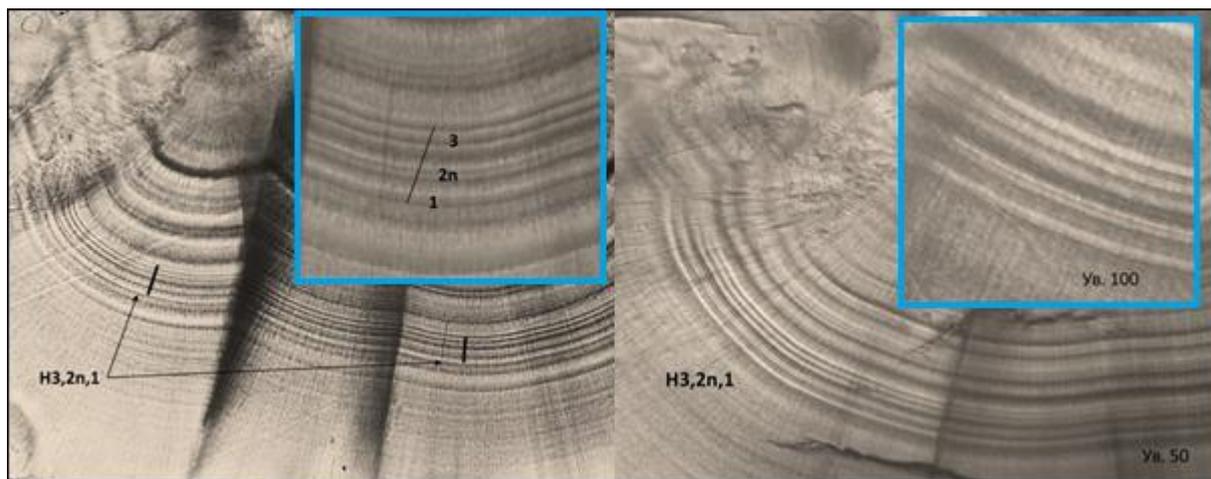


Рисунок 1 – Срез отолитов горбуши (слева) и кеты (справа), маркированные меткой H3,2n,1 с лососевого рыбоводного завода «Рейдовый», выпуск 2023 г.

Метод сухого маркирования отолитов основан на способности икры лососевых рыб, нормально развиваться во влажной атмосфере. Для мечения используют периодические изменения водного режима инкубирования икры. В соответствии с заранее разработанным графиком (обычно с суточной периодичностью) осушают икру в инкубаторах. В течение одного двух суточного цикла мечения (формируют одну темную и одну светлую полосу) в это время икра половину времени находится в сухом состоянии (без воды, во влажной атмосфере), а вторую в воде (в нормально работающем инкубационном аппарате). Метод сухого маркирования был отработан на кете, горбуше и кижуче инкубируемых рыбоводными заводами Магаданской области [11], метод запатентован Магаданским отделением ТИПРО [7]. Условным недостатком данного подхода, является даже теоретическая невозможность проведения мечения личинок и молодежи рыб. На данный момент сухое маркирование тихоокеанских лососей осуществляют заводы на территории Российской Федерации и США.

В целом в тихоокеанском регионе, несмотря на устойчивый рост общего числа меченых лососей, благодаря соблюдению установленных национальных кодов и усилиям по координации маркировки между странами количество дублированных кодов маркировки сведено к минимуму. В 2022 году было задействовано 462 уникальных метки, что обеспечило отсутствие повторяющихся кодов для каждого вида, подвергнутого мечению. Практика предварительного согласования позволяет уверенно

поддерживать высокое разнообразие уникальных меток, нанесенных на заводских лососей в Азиатско-Тихоокеанском регионе, позволяя четко идентифицировать место выпуска маркированной особи. Данное утверждение подтверждает тренд, указывающий на увеличение зарегистрированных меток (355 в 2016 г., 391 в 2017 г., 400 в 2018 г., 388 в 2019 г., 417 в 2020 г., 432. 2021 г.; 462 в 2022 г.) [8].

В Азиатско-Тихоокеанском регионе в 2022 году о проведении мечения отчитались все члены NPAFC (Комиссия по анадромным рыбам Северной части Тихого океана). Канада провела термическое маркирование около 69 млн экз. лососей в первую очередь чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (25 млн) и кеты *Oncorhynchus keta* (26 млн), применяя 72 кодировки меток на 18 заводах. Япония использовала 157 шаблонов термических меток и 2 экспериментальные химические метки в общей сложности для 262 млн экз. кеты, 19 млн горбуш *Oncorhynchus gorbusha*, четырех миллионов особей симы *Oncorhynchus masou* и 200 тыс. нерки *Oncorhynchus nerka* на 50 рыбоводных предприятиях. Корея промаркировала около четырех миллионов кеты термической меткой применив 4 кода, по одному для каждого предприятия в стране. Соединенные Штаты Америки пометили 1 млрд. горбуш, 64 млн нерки, 809 млн кеты, 27 млн кижуча *Oncorhynchus kisutch* и 10 млн чавычи. Работа осуществлялась на 27 различных лососевых рыбоводных заводах с применением 117 тепловых меток и 11 сухих меток. Также были использованы две стронциевые метки и одна соляная метка [8].

В России максимальное количество российских лососевых рыбоводных заводов расположено на о. Сахалин и Курильских островах. В Сахалинской области маркировка проводилась на 26 рыбоводных заводах, 9 из которых расположены на острове Итуруп. Меченая молодь была выпущена с трех рыбоводного заводов в Магаданской области, пяти в Камчатском крае, трех в Хабаровском крае и одного рыбоводного завода в Приморском крае. Для маркировки использовались два метода: термический и сухой. Заводы использовали 44 уникальные марки для кеты, 12 для горбуши, шесть для кижуча, две метки для нерки и одну для чавычи. Большинство российских рыбоводных заводов использовали сухую маркировку для маркировки лосося, 14 предприятий использовали методы термической маркировки. В 2022 году российские рыбоводные заводы выпустили 545,9 млн меченой молоди. Основную часть меченого лосося составляли кета – 360,4 млн экз. (66,0 %) и горбуша – 167,6 млн экз. (30,7 %) от общего количества меченого лосося. Доля других видов (нерки, чавычи и кижуча) составила всего 3,3 % (табл. 1).

Таблица 1 – Количество помеченной и выпущенной молоди лососевых рыб в России, 2022 г.

Регион	Количество выпущенной маркированной молоди, млн экз.						%
	Кета	Горбуша	Кижуч	Нерка	Чавыча	Всего	
Сахалинская область	309,4	149,6	0,0	0,0	0,0	459,0	84,0
Магаданская область	1,1	18,0	0,3	0,0	0,0	19,4	3,6
Камчатский край	28,6	0,0	1,7	14,9	1,0	46,2	8,5
Хабаровский край	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	3,5
Приморский край	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,4
Всего	360,4	167,6	2,0	14,9	1,0	545,9	100,0
Доля от общего выпуска, %	66,0	30,7	0,4	2,7	0,2	100,0	

В 2022 году доля Сахалинской области в общем количестве промаркированной молоди лосося составила 84,0%, что закономерно в виду наибольшего количества рыбоводных предприятий на территории региона. Доля молоди, выпущенной с Камчатки, составила около 8,5%. Количество меченой молоди лососей из других регионов (Магаданской области, Хабаровского и Приморского краев) было незначительным [8].

Заключение. Информация, полученная в ходе проведения отолитного мечения лососей, применяется для решения широкого круга научных и прикладных задач. Отолитное мечение лососей является одним из самых технологичных и доступных методов массового мечения рыб. Данный способ широко распространен в Северной Пацифике, позволяя определить соотношение дикой и заводской рыбы в уловах, а также, пути их миграции на всей акватории региона. Благодаря введению широкой номенклатуры кодировок мечение позволило проводить оценку вклада каждого лососевого рыбного завода в формирование запаса. Немаловажную информацию представляет оценка эффективности биотехники разведения и определение эффективности работы как отдельно взятого рыбоводного предприятия, так и отрасли в целом. В рамках данной работы были описаны основные методы

отолитного маркирования лососевых рыб. Были рассмотрены вклады различных стран в маркирование тихоокеанских лососей. Более подробно указан вклад рыбоводных предприятий Дальнего Востока России в проведение в этой работы.

Список использованных источников

1. Акиничева Е.Г. Особенности сухого маркирования тихоокеанских лососей // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы международного научно-практического семинара 30 ноября – 10 декабря 2006 г., П-Камчатский, Камч.: Печатный двор, 2006. – С. 225 – 235.
2. Акиничева Е.Г., Изергин И.Л., Фомин Е.А. Об организации исследований по идентификации тихоокеанских лососей на основе термического маркирования их отолитов // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. Сборник научных трудов, Вып. 2, Магадан, МагаданНИРО, 2004. – С. 364 – 374.
3. Акиничева Е.Г., Рогатных А.Ю. Опыт мечения лососей на рыбоводных заводах посредством термического маркирования // Вопросы ихтиологии, – Т. 36, – № 5, 1996. – С. 693 – 698.
4. Акиничева Е.Г., Сафроненков Б.П., Фомин Е.А. Организация маркирования тихоокеанских лососей на ЛРЗ Дальнего Востока // Бюллетень № 6. Изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2011. – С. 275 – 283.
5. Афонич Р.В., Солдатов, Е.В. Биологические основы и пути повышения эффективности разведения ценных промысловых рыб // Труды ВНИРО 1976. Т. 113, - С. 8 - 18.
6. Полозова Л.К., Любаева Т.Н. Эффективность работы сахалинских рыбоводных заводов // Отчет рыбоводного отдела «Сахалинрыбвод». – Южно-Сахалинск, 1978. – 34 с.
7. Сафроненков Б.П., Акиничева Е.Г., Рогатных А.Ю. Способ массового мечения рыб. Российский патент 2000 года по МПК А01К61/00.
8. Akinicheva E.M., Stekolshchikova J., Batyuk M., Kalyakina A., Bugaev A. 2023. Release of marked salmon from Russian hatcheries in 2022. NPAFC Doc. 2093. 4 pp. Sakhalin Branch of VNIRO (SakhNIRO), Magadan Branch of VNIRO (MagadanNIRO), Kamchatka Branch of VNIRO (KamchatNIRO), and Sakhalin Branch of Glavrybvod (Available at <https://npafc.org>).
9. Johnson W.F., Josephson R.P., Frawley T.R., and Oxman D.S. 2006. Revised web-based north pacific salmon otolith mark directory // (NPAFC Doc. 971). Alaska Dept. Fish and Game, Juneau Alaska. 39 p.
10. Hagen P.H., Geiger J., Volk E., Grimm J. 2000. Thermal mark patterns applied to salmon from Alaska, Washington and Oregon for brood year 1999 and some proposed marks for brood year 2000 // (NPAFC Doc. 463 rev. 1) Alaska Department of Fish and Game, Juneau, Alaska 99801-5526, USA. 8 p.
11. Safronenkov B P., Akinicheva, E.G., Rogatnykh. A.Y. The Dry Method of Salmon Otolith Mass Marking. // International Symposium "Recent Changes in Ocean Production of Pacific Salmon". – 1999. – Juneau, Alaska, USA, November 1–2. – P. 81–82.

Подготовка статьи проведена в рамках в соответствии с государственным заданием № 076-00001-24-01 на 2024 г. (Подтема 24.1.: «Научное сопровождение отолитного маркирования тихоокеанских лососей на рыбоводных заводах Дальнего Востока России»).

РЕЗУЛЬТАТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВЫПУСКОВ МОЛОДИ БЕЛОГО АМУРА *CTENOPHARYNGODON IDELLA* (VALENCIENNES, 1844) В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ В 2023 ГОДУ

^{1,2}Рудой Д.В., ¹Ольшевская А.В., ¹Шевченко В.Н., ¹Ткачева И.В.,
³Малиновкин А.В., ¹Головко Л.С., ¹Яронтовский В.Е.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
²Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация
³Азово-Черноморское территориальное управление Федерального агентства по рыболовству,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В работе проанализированы результаты осуществления мероприятий по выпуску молоди белого амура *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна с целью проведения биологической мелиорации в 2023 г. В общей сложности было выпущено 7,123256 млн экз. молоди. Показано, что наибольшее количество амура было выпущено в акваторию Цимлянского водохранилища (Волгоградская область). Сделан вывод, что практически по всем водным объектам наблюдается недостаточный объем выпуска сеголетков белого амура.

Ключевые слова. Белый амур, *Ctenopharyngodon idella*, выпуски ВБР, мелиорация.

RESULTS OF RELEASES OF JUVENILE *CTENOPHARYNGODON IDELLA* (VALENCIENNES, 1844) IN THE AZOV-BLACK SEA FISHERY BASIN IN 2023

^{1,2}Rudoy D.V., ¹Olshetskaya A.V., ¹Shevchenko V.N., ¹Tkacheva I.V.,
³Malinovkin A.V., ¹Golovko L.S., ¹Yarontovsky V.E.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
²Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Russian Federation
³Azov-Black Sea Territorial Administration of the Federal Agency for Fisheries, Rostov-on-Don,
Russian Federation

Abstract. The paper analyzes the results of the implementation of measures to release *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) into water bodies of fishery importance in the Azov-Black Sea basin for the purpose of biological melioration in 2023. A total of 7,123256 million specimens of juveniles were released. It is shown that the largest number of grass carp was released into the Tsimlyansk Reservoir (Volgograd Region). It is concluded that insufficient release of *C. idella* juveniles is observed in almost all water bodies.

Keywords. Grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, releases of aquatic biological resources, melioration.

Белый амур *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) – пресноводный вид рыб из семейства карповых Cyprinidae, является единственным представителем рода *Ctenopharyngodon* Steindachner, 1866. Естественный ареал вида - равнинные реки Китая, а также среднее и нижнее течение системы реки Амур в Восточной Сибири [7]. Амур обладает широкой экологической пластичностью и переносит диапазоны температур от 0 до 38°C, солености до 10‰, а также снижение концентрации растворенного кислорода до 0,5 мг/л [8]. Тип питания белого амура (макрофитофаг) определяет его как биологического мелиоратора для водных объектов.

В настоящее время амур интродуцирован во многие страны как средство биологической борьбы с зарастаемостью водоемов, а также для выращивания в условиях аквакультуры. Длительные исследования влияния вселения белого амура в водоемы Новой Зеландии с целью мелиорации позволили констатировать, что:

- белый амур экологически безопасен;
- ущерб рыбному хозяйству минимален;
- вероятность размножения низкая;

- экологические последствия удаления сорняков рыбой намного меньше, чем при удалении гербицидами или механическими средствами [6,7].

Цель исследований заключается в анализе мероприятий по выпуску молоди белого амура *C. idella* в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна с целью осуществления биологической мелиорации в 2023 г.

Материалы и методика исследования. Материалом для исследования стали результаты осуществления выпусков молоди белого амура *C. idella* в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна. Проанализированы выпуски рыб предприятиями различной формы собственности: ФГБУ (федеральное государственное бюджетное учреждение), ИП (индивидуальный предприниматель), ООО (общество с ограниченной ответственностью), СПК (сельскохозяйственный производственный кооператив) в рамках ГЗ (государственное задание), СС (за счет собственных средств организации) и КВ (компенсационные выпуски). Предприятия осуществляли выпуски на территории Волгоградской области, Воронежской области, Краснодарского края, Ростовской области и Ставропольского края.

Результаты исследования. В общей сложности в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна в 2023 г. было выпущено 7,123256 млн экз. белого амура (табл. 1), составляя 52,59% от общего количества выпущенной молоди растительноядных видов рыб (13,544850 экз. молоди белого амура и белого толстолобика совокупно).

В структуре выпусков белого амура наибольшее количество молоди было выпущено за счет собственных средств организаций, составляя 47% от общего количества (табл. 1).

Таблица 1 – Структура выпусков белого амура *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) в зависимости от цели реализации мероприятий

Субъект РФ, в границах которого осуществлен выпуск	ГЗ ¹		СС ²		КВ ³		ИТОГО по субъекту
	Кол-во, экз.	м ср, г	Кол-во, экз.	м ср, г	Кол-во, экз.	м ср, г	
Волгоградская область	1,56372	19,70	3,040219	25,65	0,375926	25,77	4,979865
Воронежская область	- ⁴	-	0,200000	26,57	-	-	0,200000
Краснодарский край	-	-	0,022142	25,20	1,527870	25,56	1,550012
Ростовская область	0,155460	40,00	0,029000	37,57	0,158919	36,90	0,343379
Ставропольский край	-	-	0,050000	29,00	-	-	0,050000
ИТОГО, кол-во, экз.	1,719180		3,341361		2,062715		-
ИТОГО, %	24,00		47,00		29,00		-

Примечание:
1 – государственное задание
2 – собственные средства
3 – компенсационный выпуск
4 – мероприятия с указанной целью не осуществлялись

Молодь белого амура выпускали в 8 различных водных объектов в разном количестве (табл. 2).

Таблица 2 – Количество молоди белого амура *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), выпускаемой в различные водные объекты в пределах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна

Наименование водного объекта	Субъект РФ, в границах которого осуществлен выпуск	Форма собственности организации, осуществляющей выпуск	Кол-во молоди, млн экз.	Общее кол-во молоди, выпущенной в водный объект, млн экз.	Доля от общего кол-ва, %
Азово-Кубанские лиманы	Краснодарский край	ФГБУ	1,481069	1,550012	21,760
		ООО	0,068943		
Веселовское водохранилище	Ростовская область	ООО	0,032571	0,032571	0,457
Водохранилище Волчьих Ворота	Ставропольский край	СПК	0,050000	0,050000	0,702
Воронежское водохранилище	Воронежская область	ИП	0,200000	0,200000	2,808
р. Дон	Волгоградская область	СПК	0,055686	0,055686	0,782

р. Дон ниже Цимлянского гидроузла	Ростовская область	ООО	0,026000	0,307808	4,321
		ФГБУ	0,281808		
р. Темерник	Ростовская область	ООО	0,003000	0,003000	0,042
Цимлянское водохранилище	Волгоградская область	ФГБУ	4,906679	4,924179	69,128
		СПК	0,017500		

Обсуждения результатов. Среди субъектов РФ, осуществивших в 2023 г. выпуски белого амура, наибольший вклад в пополнение запасов растительных видов рыб внесла Волгоградская область, выпустив в Цимлянское водохранилище практически 5 млн экз. сеголетков. Большая часть молоди была получена и выпущена в условиях производственных мощностей Цимлянского завода по разведению частичковых рыб ФГБУ «Главное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов». При этом освоение предельно допустимого объема выпуска [1] для Цимлянского водохранилища составило менее 18% (табл. 3).

Таблица 3 – Освоение рекомендованного предельно допустимого объема выпуска сеголетков белого амура *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна

Водный объект	Субъект РФ	Рекомендованный предельно допустимый объем выпуска, млн экз.	Освоение рекомендованного предельно допустимого объема выпуска, %
Азово-Кубанские лиманы	Краснодарский край	28,3	5,477
Веселовское водохранилище	Ростовская область	2,7	1,206
Водохранилище Волчьих Ворота	Ставропольский край	0,055	90,909
Воронежское водохранилище	Воронежская область	0,48	41,667
р. Дон ниже Цимлянского гидроузла	Ростовская область	5,0	6,156
Цимлянское водохранилище, р. Дон	Волгоградская область	28,0	17,785

Как видно из данных табл. 3, практически по всем водным объектам наблюдается недостаточный объем выпуска сеголетков белого амура с наименьшим показателем для Веселовского водохранилища (Ростовская область), которое в настоящее время испытывает ряд экологических проблем, связанных с чрезвычайной зарастаемостью макрофитами.

Биомасса водных растений в Веселовском водохранилище в современный период достигает 80 т/га, а поверхность водного зеркала на 90-100% зарастает погруженной растительностью [2]. Для формирования благоприятного гидрохимического режима максимальная степень зарастаемости составляет 30-40% [3]. Подчеркивается, что выпуски рыб-мелиораторов, которым является белый амур, позволят улучшить экологическое состояние водного объекта [2].

Азово-Кубанские лиманы, являющиеся местом нереста полупроходных видов рыб (тарань, судак) [5], также характеризуются высокими значениями фитомассы (60-90 т/га) и зарастаемости макрофитами (для отдельных лиманов до 90-95%, таких как Войсковой, Баштовой, Баясниева, Большой Грущаный и Малый Грущаный) [4]. В связи с бедным флористическим составом (основу флоры составляют тростник обыкновенный *Phragmites australis*, рогоз узколистный *Typha angustifolia*, камыш прибрежный *Schoenoplectus litoralis*, камыш озерный *Schoenoplectus lacustris*, рогоз широколистный *Typha latifolia*, уруть колосистая *Myriophyllum spicatum*, рдест гребенчатый *Stuckenia pectinata* и роголистник темно-зеленый *Ceratophyllum demersum*) и прогрессирующей деградацией высказываются опасения относительно того, что без проведения мелиорации Азово-Кубанские лиманы могут превратиться в тростниковое болото [4].

Кроме водных объектов, указанных в табл. 3, выпуски белого амура рекомендованы для Пролетарского водохранилища (Ростовская область), рр. Кубань и Протока (Краснодарский край), Крюковское водохранилище (Краснодарский край), озеро Мокрая Буйвола (Ставропольский край), Новотроицкое водохранилище (Ставропольский край), озеро Лысый лиман (Ставропольский край,

Республика Калмыкия), р. Дон (Воронежская область), Симферопольское, Бахчисарайское, Феодосийское и Ленинское водохранилища (Республика Крым).

Выводы:

- 1) В общей сложности в водные объекты рыбохозяйственного значения Азово-Черноморского бассейна в 2023 г. было выпущено 7,123256 млн экз. белого амура;
- 2) Среди субъектов РФ, осуществивших в 2023 г. выпуски белого амура, наибольший вклад в пополнение запасов растительноядных видов рыб внесла Волгоградская область, выпустив в Цимлянское водохранилище практически 5 млн экз. сеголетков;
- 3) Отмечается недостаточное количество выпускаемой молоди белого амура, необходимого для проведения биологической мелиорации водных объектов Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Список использованных источников

1. Выписка из протокола заседания Биологической секции ученого совета ФГБНУ «ВНИРО» от 30.03.2023 № 16. URL: <http://vniro.ru/ru/rekomendatsii-po-predelno-dopustimym-ob-emam-vypuska-vodnykh-bioresurov-na-2017-2019-gg> (дата обращения 10.07.2024)
2. Головки Г.В., Саенко Е.М. Динамика развития макрофитов Веселовского водохранилища и их современное состояние как резерва повышения рыбопродуктивности // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2022. – №. 4. – С. 22-40.
3. Головки Г.В. Перспективы повышения рыбопродуктивности Веселовского водохранилища / Г.В. Головки, Е.М. Саенко // Морские технологии: проблемы и решения - 2023: Сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь, 24–28 апреля 2023 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – с. 453-456.
4. Денисенко О.С. Биологическая мелиорация азовских лиманов Краснодарского края и возможности использования средств, полученных в качестве компенсации ущерба, нанесенного водным биологическим ресурсам // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2017. – №. 3. – С. 34-41.
5. Rudoy D., Ponomareva E., Pakhomov V., Olshevskaya A.V. [et al.]. A study of the possibility of using animal feed additives and probiotic feed additives in the diet of fish // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture", Vol. 381. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 01079.
6. Петрашов В.И. и др. Состояние промысловых запасов рыб азовских лиманов // Вопросы рыболовства. – 2018. – Т. 19. – №. 4. – С. 451-464.
7. FAO, Aquaculture production statistics 1986-1995. (Statistiques de la production de l'aquaculture 1986-1995.) In: F.A.O. Fisheries Circular. – 1997. – № 815 (revision 9) 205 pp.
8. FishBase. Entry for *Ctenopharyngodon idella*. Main ref.: Shireman JV, Smith CD, 1983. Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1884). FAO Fish. Synop. –2004. –№ 135. – 86 pp. URL: www.fishbase.org/
9. Froese R., Pauly D., FishBase. – 2019. In: FishBase. URL: <http://www.fishbase.org>
10. Рудой Д.В., Мальцева Т.А., Ольшевская А.В. [и др.]. Особенности культивирования африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*). Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов, Ростов-на-Дону: "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. С. 270-273.

Исследование выполнено в рамках реализации гранта Российского научного фонда "Стратегия молекулярной аквакультуры в разработке новых синбиотических препаратов для улучшения здоровья и качества рыбы" (№ 23-76-30006).

БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ НА ОСНОВЕ ЛИЧИНОК ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ЗАРАЖЕННОМ ПОМЕТЕ ПТИЦ

¹Леонов С.В., ¹Юшков Ю.Г., ¹Городов В.С., ¹Тареева Е.А.,
¹Лукьянчикова Н.Л., ¹Цимбалова Т.А.

¹СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск, Российская Федерация

Аннотация. Мука из личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) давно показала себя как отличная замена рыбной муки для аквакультуры. Однако выращивание личинок на пищевых отходах и субстратах создает риск обсеменения их различными патогенами. Целью нашего исследования было определить, возможен ли перенос патогенов, циркулирующих у домашней птицы с личинками, а также возможность передачи этих патогенов от личинок зеркальному карпу, и оценить риск зараженности рыбы как итогового пищевого продукта. Результаты показали, что вирус Ньюкасла не приживается в организме личинок черной львинки. В то время как сальмонелла обнаруживалась во внутренних органах личинок, начиная с первого дня после их заражения, и до стадии предкуколки. Так как этапы приготовления муки не гарантируют полное удаление любых патогенов, есть большой риск того, что при заражении личинок сальмонеллой, мука также будет источником этих бактерий. После скармливания зараженных личинок зеркальному карпу, сальмонелла обнаруживалась микробиологическим методом в мышцах и внутренних органах рыбы до десяти дней. При введении в рацион рыб зараженной муки рыба еще длительное время будет представлять опасность для конечных потребителей, будь то использование рыбы для кормовой или для пищевой отрасли.

Ключевые слова. Сальмонеллез, карп, *Hermetia illucens*, кормовая мука, аквакультура, корм для рыб.

BIOLOGICAL SAFETY OF AQUACULTURE FEED BASED ON BLACK SOLDIER FLY LARVAE GROWN ON CONTAMINATED BIRD LITTER

¹Leonov S.V., ¹Yushkov Y.G., ¹Gorodov V.S., ¹Tareeva E.A.,
¹Lukyanchikova N.L., ¹Tsimbalova T.A.

¹SFSCA RAS, Krasnoobsk, Russian Federation

Annotation. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal has long been shown to be an excellent replacement for fishmeal in aquaculture. However, growing larvae on food waste and substrates creates a risk of contamination with various pathogens. The purpose of our study was to determine whether pathogens circulating in poultry can be transmitted by larvae, as well as the possibility of transmission of these pathogens from larvae to mirror carp, and to assess the risk of contamination of fish as a final food product. The results showed that the Newcastle virus does not take root in the body of black soldier fly larvae. At the same time, *Salmonella* was detected in the internal organs of the larvae, from the first day after their infection until the prepupal stage. Since the preparing steps of the meal do not guarantee complete removal of any pathogens, there is a high risk that if the larvae become infected with *Salmonella*, the meal will also contain these bacteria. After feeding such larvae to mirror carp, salmonella was detected microbiologically in the muscles and internal organs of the fish for up to ten days. When contaminated meal is introduced into the diet of fish, the fish will continue to pose a danger to end consumers for a long time, be it the use of fish in agriculture or for the food industry.

Keywords. Salmonellosis, carp, *Hermetia illucens*, feed meal, aquaculture, fish food.

Состав и качество кормов для аквакультуры оказывает решающее влияние на эффективность выращивания и полезные свойства продукции. В рыбном рационе должно содержаться много белка: у мальков – до 50%, у взрослых – более 40% сырого протеина. Наиболее подходящим источником животного белка для аквакультуры является рыбная мука, однако последние годы в России наблюдается дефицит и снижение качества этого продукта, вследствие чего отрасли требуется альтернативный источник белка [1]. Одним из таких источников белка для рыб является мука из промышленно культивируемых насекомых. Наиболее перспективным видом насекомых для этой цели считается черная львинка (*Hermetia illucens*), отряд *Diptera*, семейство *Stratiomyidae*. Среди насекомых,

которые могут использоваться для приготовления муки, черная львинка привлекла особое внимание благодаря способности эффективно перерабатывать пищевые отходы и навоз в высококачественный белок (до 64% сырого протеина в сухом веществе итогового продукта). Эти насекомые характеризуются высоким содержанием протеина и жира, адекватным аминокислотным составом белка, коротким жизненным циклом и высокой продуктивностью, что позволяет без проблем культивировать их в промышленных масштабах [2]. Важным преимуществом данного вида является возможность выращивания личинок на различных видах биоотходов, в том числе и на пищевых отходах, отходах мукомольного производства, некондиционных пищевых продуктах и экскрементах различных видов животных [3,4]. Ее добавление в рацион карпов кои, нильской тилляпии и радужной форели показало увеличение прироста веса по сравнению с контрольными группами [5-7]. Мука из насекомых, в частности, из личинок черной львинки, представляет хорошую альтернативу как более дорогим (рыбная мука, синтетические аминокислоты), так и дешевым, но менее эффективным (растительное сырье) источникам белка.

Создание технологии выращивания *H. illucens* на птичьем помете позволило бы, с одной стороны, получать кормовой белок насекомых с низкой себестоимостью, а с другой - решить проблему утилизации отходов птицефабрик [8]. Однако выращивание насекомых подобным образом создает высокий риск обсеменения личинок различными патогенами, в том числе, опасных для человека. К примеру, в помете могут развиваться более 100 видов возбудителей болезней человека и животных [9]. У многих возбудителей заболеваний в условиях среды с высоким содержанием белка значительно повышается устойчивость к преимущественно физическим воздействиям, таким, как температура. Известны изоляты *Salmonella*, имеющие врожденную повышенную устойчивость к температуре [10]. Таким образом, эти патогены способны пережить этапы переработки и остаться непосредственно в самой муке. На базе СФНЦА РАН совместно лабораторией болезни птиц и лабораторией биохимии было проведено исследование принципиальной возможности приживаемости некоторых птичьих патогенов в организме личинок *Hermetia illucens*, а также смогут ли эти патогены передаваться зеркальному карпу посредством скармливания им зараженных личинок.

Материалы и методы исследования. Исследование было разделено на два этапа. Для первого этапа мы взяли яйца черной львинки и поместили их в стерильный субстрат (пшеничные отруби с размером частиц не более 400 мкм). Влажность субстрата поддерживали на уровне 65-70%. Личинки выходили из яиц на 3 -5 день и начинали интенсивно питаться. На 8 день личинок отсеивали от субстрата и использовали в эксперименте. Личинки разделили на три группы – две опытных и одна контрольная. Для кормления личинок в группах использовался зараженный и стерильный куриный помет. Для личинок первой опытной группы помет был заражен живым вакцинным вирусом Ньюкасла штамма LaSota (ВОЛЬБАК® ND LASOTA MLV), для личинок второй опытной группы - взвесью изолята *Salmonella infantis*, выделенного из ранее отобранных образцов помета кур. Контрольная группа получала стерильный помет в качестве корма. В дальнейшем все три группы кормили только стерильным кормом. После этого личинок отбирали для исследования методом ПЦР в реальном времени через сутки после кормления зараженным кормом, через 5, 11 и 15 дней. Перед пробоподготовкой личинок трижды отмывали в фосфатно-солевом буфере, чтобы можно было оценить наличие патогенов только во внутренних органах. Одна отборка составляла 15 личинок. После отмывки их гомогенизировали в стерильном 0,9% растворе NaCl, после чего твердые частицы осаждали центрифугированием 3тыс. об/мин в течение 10 мин и для исследования отбирали супернатант. Для группы, зараженной сальмонеллой, супернатант отбирали на границе с твердыми частицами. Каждую отборку проводили в двух повторностях. Через десять дней часть личинок начала готовиться к окукливанию. Такие предкуколки исследовались отдельно.

Для второго этапа исследования отбирали несколько личинок из опытных групп на 10 день после заражения и скармливали их группе зеркальных карпов. После чего вылавливали по пять рыб через 10 и 20 дней после скармливания им зараженных личинок, и оценивали образцы мышц и внутренних органов на наличие патогенов методом ПЦР в реальном времени и микробиологическим методом. Также пять рыб были отобраны на исследования непосредственно перед экспериментом, чтобы убедиться в отсутствии носительства исследуемых патогенов. Результаты ПЦР в реальном времени и микробиологического исследования показали отрицательный результат.

Результаты исследования. Вирус Ньюкаслской болезни не был обнаружен внутри личинок ни в первый день, ни через пять суток (Таблица 1). После пятого дня личинки и появившиеся предкуколки исследовали только на наличие сальмонеллы. Результаты ПЦР были положительны для образцов личинок с первого до 15-го дня, однако, все предкуколки были отрицательными (Таблица 2).

Таблица 1 – Определение вируса Ньюкасла и *Salmonella infantis* в личинках *Hermetia illucens* методом ПЦР в реальном времени на 1 и 5 день

Группы личинок <i>H. illucens</i>	Дней после заражения	NDV, Ct	Salmonella, Ct ¹
контроль №1	1	-	-
контроль №2		-	-
первая группа опыт №1		-	н/и ²
первая группа опыт №2		-	н/и
вторая группа опыт №1		н/и	36,42
вторая группа опыт №2		н/и	30,90
контроль №1	5	-	-
контроль №2		-	-
первая группа опыт №1		-	н/и
первая группа опыт №2		-	н/и
вторая группа опыт №1		н/и	30,94
вторая группа опыт №2		н/и	32,42

¹ цикл-тайм, число циклов ПЦР, при котором флуоресценция превышает пороговое значение, и возможно фиксировать результат

² не исследовано

Таблица 2 – Определение *Salmonella infantis* в личинках и предкуколках *Hermetia illucens* методом ПЦР в реальном времени на 11 и 15 день

Группы личинок <i>H. illucens</i>	Дней после заражения	Salmonella, Ct
контроль №1	11	-
контроль №2		-
личинки вторая группа опыт №1		38,01
личинки вторая группа опыт №2		35,68
предкуколки вторая группа опыт №1		-
предкуколки вторая группа опыт №2		-
контроль №1	15	-
контроль №2		-
личинки вторая группа №1		34,54
личинки вторая группа №2		33,00
предкуколки вторая группа опыт №1		-
предкуколки вторая группа опыт №2		-

При исследовании образцов от зеркального карпа сальмонелла обнаруживалась в мышцах и сборных образцах внутренних органов зеркального карпа как методом ПЦР, так и бактериологией через 10 дней после скармливания им зараженных личинок. Через 20 дней все образцы были полностью отрицательными (Таблица 3).

Таблица 3 – Исследование органов и тканей зеркального карпа на *Salmonella infantis* через 10 и 20 дней после кормления зараженными личинками черной львинки

Материал от зараженной рыбы	Дней после заражения	Salmonella, ПЦР, Ct	Salmonella infantis, рост на питательных средах
Рыба №1 органы	10	32,65	+
Рыба №2 органы		34,22	+
Рыба №3 органы		34,75	+
Рыба №4 органы		33,66	+
Рыба №5 органы		32,05	+
Рыба №1 мышцы		35,01	+
Рыба №2 мышцы		32,77	+
Рыба №3 мышцы		35,41	+
Рыба №4 мышцы		32,74	+
Рыба №5 мышцы		32,89	+
Рыба №1 органы	20	-	н/и
Рыба №2 органы		-	н/и
Рыба №3 органы		-	н/и
Рыба №4 органы		-	н/и
Рыба №5 органы		-	н/и
Рыба №1 мышцы		-	н/и

Рыба №2 мышцы		-	н/и
Рыба №3 мышцы		-	н/и
Рыба №4 мышцы		-	н/и
Рыба №5 мышцы		-	н/и

Обсуждение. Личинки *Hermetia illucens* способны инфицироваться сальмонеллой при использовании зараженного помета кур в качестве источника питания. Личинки заражались после однократного кормления, и были способны длительное время носить в себе патоген. Значения Ст выше 30 позволяют предположить, что сальмонелла не продолжает развиваться внутри личинок, используя их как резервуар. Также, судя по разбросу значений между двумя отборками личинок в пределах одной опытной группы, не все особи заражаются одинаковой дозой. Однако геном сальмонеллы продолжает обнаруживаться в образцах зараженных личинок вплоть до наступления стадии предкуколки. После этого наступала элиминация возбудителя. Личинки, отобранные на десятый день, были способны передать сальмонеллу рыбе при кормлении. Как уже было упомянуто в обзоре, некоторые сальмонеллы способны переживать более высокие температуры, чем те, которые принято считать, как губительные для них. Помимо этого, различные условия внешней среды могут способствовать повышению этой резистентности. Таким образом, мука, изготовленная из зараженных насекомых с высокой долей вероятности, также будет содержать микроорганизмы, сохранившие свою патогенность, что представляет собой большой риск для рыбных хозяйств. После скармливания личинок зеркальному карпу сальмонелла обнаруживалась в мышцах и внутренних органах рыбы вплоть до десятого дня, в том числе, бактериологическими методами, что подтверждает жизнеспособность возбудителя. Зараженная сальмонеллой рыба представляет большую угрозу для конечного потребителя, в том числе, для человека, особенно с учетом длительности носительства патогена после последнего кормления.

Заключение. Таким образом, сами личинки *Hermetia illucens*, а также мука, изготовленная из них, являются потенциальным источником инфекций как для рыбных хозяйств, так и для потребителей конечной пищевой продукции. Необходимо определить порядок микробиологического исследования при использовании помета как субстрата для выращивания личинок, не допуская источников патогенов на производство.

Список использованных источников

1. Агеев А. Рыбная мука и аквакультура // Комбикорма. 2022. № 12. С. 20–24.
2. Колмаков В.И., Колмакова А.А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных // Журнал СФУ. Биология. 2020. №13 (4). С. 424–442.
3. Wang Y.S., Shelomi M. Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food // Foods. 2017. V.6. P. 91.
4. From waste to feed: A review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal Feeds / L. Gasko [et. al] // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2020. V. 23. - P. 67–79.
5. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal: A Sustainable Alternative to Fish Meal Proven to Promote Growth and Immunity in Koi Carp (*Cyprinus carpio* var. koi) / N.V. Linh [et al.] // Fishes. 2024. V. 9. P. 53.
6. Utilization of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as a Potential Substitute for Fish Meal in the Production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) / J. Munguti [et al.] // Sustainable Agriculture Research. 2023. V. 13. P. 40-49.
7. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets / A. Stamer [et al.] // Conference: 4 th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress, Istanbul, Turkey. 2014. P. 1043-1045.
8. Переработка отходов в биомассу и эффективное сокращение *Salmonella* SPR с использованием черной львинки (*Hermetia illucens* L.) / А.А. Лящев [и др.] // Международный научно- исследовательский журнал. 2022. Т. 12(126).
9. Инновационные способы переработки продуктов птицеводства / В.Н. Попов [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2020. №1(83). С. 194 - 200.
10. Медведева Н.В., Чухров Ю.С. Устойчивость к воздействию высоких температур возбудителей сальмонеллеза, циркулирующих на территории Кемеровской области // ЗНиСО. 2017. №7(292).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА САЛЬМОГИР ПРИ МОНОГЕНЕОЗАХ И ЕГО БЕЗОПАСНОСТЬ ДЛЯ РЫБ

¹Сорокин П.А., ^{1,2}Енгашев С.В., ²Гончарова М.Н.

¹ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», ул. Академика Скрябина, д.23, г. Москва, 109472, Российская Федерация

²ООО «Научно-внедренческий центр Агроветзащита», пр-д Игарский, д. 4 стр. 2, г. Москва, 129329, Российская Федерация

Аннотация. Проведены исследования по определению эффективности препарата Сальмогир в виде лечебных ванн при моногенеозах форели и карпов. На основании клинических исследований установлены оптимальные дозы и экспозиции препарата: при гиродактилезе форели и карпов – 0,1 мл/л 30-60 минут; при дактилогирозе карпов – 0,2 мл/л 24 часа. Выявлена зависимость эффективности препарата при дактилогирозе от температуры воды. Установлена безопасность Сальмогира для форели и карпов вовремя, и после его применения в терапевтических и в увеличенных дозах и экспозициях.

Ключевые слова. Карп, форель, гиродактилез, дактилогироз, празиквантел, переносимость.

EFFECTIVENESS OF THE DRUG SALMOGIR IN MONOGENEREOISIS AND ITS SAFETY FOR FISH

¹Sorokin P.A., ^{1,2}Engashev S.V., ²Goncharova M.N.

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin, Moscow, Russian Federation

²LLC AVZ Animal Health, Moscow, Russian Federation

Abstract. Studies have been conducted to determine the effectiveness of Salmogir in the form of therapeutic baths for monogeneosis of trout and carp. Based on clinical studies, optimal doses and exposures of the drug were established: for gyrodactylosis of trout and carp – 0.1 ml / l for 30-60 minutes; for dactylogyrosis of carp – 0.2 ml / l for 24 hours. A dependence of the drug's effectiveness in dactylogyrosis on water temperature was revealed. Salmogir's safety for trout and carp was established during and after its use in therapeutic and increased doses and exposures.

Keywords. Carp, trout, gyrodactylosis, dactylogyrosis, praziquantel, tolerance.

Введение. Среди возбудителей паразитарных заболеваний в карповом рыбоводстве моногенетические сосальщики занимают одно из лидирующих положений по распространенности и наносимому ущербу.

Возбудители гиродактилеза – моногенетические сосальщики из рода *Gyrodactylus*, паразитируя на кожном покрове, плавниках и жаберном аппарате, вызывают образование язв и нарушение дыхания. Заболевание широко распространено у карповых рыб, крайне опасно для молоди атлантического лосося и радужной форели в садковых хозяйствах Северо-Западного региона [2,3].

Возбудители дактилогироза паразитируют преимущественно на жабрах карповых рыб, вызывая разрушение жаберной ткани, анемию, замедление темпов роста и нередко массовую гибель [1].

Технология выращивания прудовых рыб предполагает их перемещение по мере роста из одних прудов и емкостей в другие. При этом лечебно-профилактические обработки рыб во время перевозок являются важным мероприятием по обеспечению эпизоотического благополучия рыбоводных хозяйств.

В настоящее время в нашей стране для антипаразитарных обработок товарных рыб в емкостях (наружно) зарегистрирован только один препарат - Девастин. Однако он имеет ограниченный спектр применения и предназначен только для карповых рыб.

В связи с высокой потребностью отечественной аквакультуры, особенно форелеводства, в новых эффективных средствах борьбы с моногенеозами, компанией ООО «Научно-внедренческий центр Агроветзащита» разработан препарат Сальмогир на основе празиквантела. Данный препарат, представляющий собой раствор для применения в виде ванн, обладает активностью в отношении возбудителей гиродактилеза и дактилогироза рыб.

В мировой литературе имеются данные по использованию празиквантела в товарной аквакультуре [4]. Некоторыми зарубежными компаниями для борьбы с кожными и жаберными червями декоративных рыб разработаны препараты на основе празиквантела - Tremazol и Gyrodol Plus 250.

Цель исследования – определение эффективности препарата Сальмогир при моногенеозах и его безопасности для форели и карпов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить оптимальный режим применения препарата при гиродактилезе радужной форели и карпа, дактилогирозе карпа.
2. Определить переносимость увеличенных доз и экспозиций препарата форелью и карпами.

Материалы и методы исследования. Исследования эффективности и безопасности препарата Сальмогир проводили на радужной форели средней массой 70-80 г и на карпах средней массой 40 г.

Эффективность препарата определяли на спонтанно зараженных моногенеозами форели и карпах, из которых формировали подопытные и контрольные группы по 50 экз. Интенсивность и экстенсивность инвазии устанавливали до обработки препаратом, а также через 1-5 суток после обработки в ходе паразитологического исследования 25 экз. рыб из каждой группы. С помощью микроскопа определяли количество гиродактилюсов в соскобе слизи с поверхности тела, дактилогирозов подсчитывали на всех 8 жаберных дугах.

Форель и карпов при гиродактилезе обрабатывали в кратковременных ваннах с концентрацией препарата 0,1 мл/л воды в течение 30 и 60 минут при температуре воды 10 - 12°C. Карпов при дактилогирозе обрабатывали в течение 24 часов в растворах с концентрациями препарата 0,1 мл/л и 0,2 мл/л воды при температуре воды 18-20°C; с концентрацией 0,2 мл/л воды при температуре воды 10-12°C. Рыб контрольных групп содержали в чистой воде с таким же объемом при аналогичных экспозициях и температурных режимах.

Для изучения переносимости препарата каждую подопытную группу, состоящую из 20 рыб, помещали в раствор препарата с увеличенной концентрацией. Форель обрабатывали в двух режимах: 4-х кратной дозой препарата 0,4 мл/л при 5-ти кратной экспозиции - 5 часов; 12-ти кратной терапевтической дозой 1,2 мл/л воды с увеличенной экспозицией - 2,5 часа при температуре воды 13,6-14,5°C. Карпов подвергали обработке препаратом в 3-х кратной дозе 0,6 мл/л с 3-х кратной экспозицией - 72 часа при температуре воды 18,5-19,6°C. Во время обработки обеспечивали хорошую аэрацию растворов препарата.

Эффективность препарата определяли по снижению интенсивности и экстенсивности инвазии после обработки рыб препаратом. При оценке переносимости учитывали симптомы передозировки препарата и обратимость токсических эффектов.

Результаты исследования. Во всех группах форели до обработки препаратом экстенсивность инвазии гиродактилюсами составила 100%, а средняя интенсивность инвазии – 43,56-47,48 экз.

Через 24 часа после применения препарата в дозе 0,1 мл/л при экспозициях 30 и 60 минут интенсивность инвазии в обеих подопытных группах существенно снизилась и составила в группе №1 - 4,15 экз., в группе №2 - 2,37 экз., тогда как у рыб контрольной группы данный показатель остался на прежнем уровне - 42,72 экз. (табл. 1).

Таким образом, интенсэффективность обработки форели против гиродактилеза через сутки после применения препарата Сальмогир в дозе 0,1 мл/л составила: при экспозиции 30 минут – 90,3%, при экспозиции 60 минут – 94,4%. Экстенсивность инвазии при 30-минутной экспозиции снизилась на 48%, а при 60-минутной экспозиции – на 68%.

На протяжении лечебной обработки у форели отмечали снижение двигательной активности. При этом некоторые рыбы в течение первых 5-10 минут опускались на дно, после чего вставали на плав и держались в толще воды до конца обработки.

После пересадки рыб в чистую воду и в течение последующих 5 дней признаков воздействия препарата не зафиксировано. Рыбы были активны и хорошо потребляли корм. Гибели рыб не наблюдалось.

У всех карпов до обработки препаратом фиксировали клинически признаки гиродактилеза, проявляющиеся в виде голубовато-матового налета на поверхности тела и снижении аппетита. Экстенсивность инвазии во всех группах также составила 100%, а средняя интенсивность инвазии находилась в пределах 13,44-14,28 экз.

Через 5 суток после воздействия препарата в дозе 0,1 мл/л при экспозициях 30 и 60 минут все рыбы в обеих подопытных группах стали хорошо потреблять корм, были активны, а голубовато-матовый налет на поверхности тела отсутствовал.

Интенсэффективность обработки против гиродактилеза карпов после применения препарата Сальмогир в дозе 0,1 мл/л и экспозиции 30 минут составила 92%, при этом экстенсивность инвазии

снизилась со 100% до 28%. Интенсэффективность обработки после применения препарата в той же дозе и экспозиции 60 минут составила 94,3% при значительном снижении экстенсивности инвазии со 100% до 8%.

Таблица 1 – Эффективность препарата Сальмогир при гиродактилезе форели и карпов

Вид рыб	Форель			Карпы		
	Группа №1 0,1 мл/л 30 минут	Группа №2 0,1 мл/л 60 минут	Группа №3 Контрольная	Группа №1 0,1 мл/л 30 минут	Группа №2 0,1 мл/л 60 минут	Группа №3 Контрольная
ИИ, экз.	4,15±2,19	2,37±1,51	42,72±11,91	1,4±0,53	1,0±0,0	17,56±5,08
ЭИ, %	52	32	100	28	8	100
ИЭ, %	90,3	94,4	-	92	94,3	-
ЭЭ, %	48	68	-	72	92	-

Примечание: ИИ – интенсивность инвазии, ЭИ – экстенсивность инвазии, ИЭ – интенсэффективность, ЭЭ – экстенсэффективность.

Во время обработки, а также после применения препарата Сальмогир в дозе 0,1 мл/л воды при экспозициях 30 и 60 минут у карпов не выявлено отклонений в физиологическом состоянии. Побочные действия, осложнения, нежелательные реакции и гибель рыб после применения препарата отсутствовали.

Изучение эффективности препарата при дактилогирозе было проведено на карпах с выраженными клиническими признаками заболевания - учащенное дыхание, снижение аппетита, отечность и неравномерное окрашивание жаберной ткани. До обработки препаратом у карпов установлена 100% экстенсивность инвазии, а средняя интенсивность инвазии составляла 54,3 - 62,35 экз.

В опытах по применению препарата Сальмогир против дактилогироза карпов положительного эффекта удалось добиться только при проведении длительных лечебных ванн - не менее 24 часов. Результаты по проведению сравнительного изучения эффективности препарата при разных температурных режимах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность препарата Сальмогир при дактилогирозе карпов при разных температурных режимах

t воды	10-12 °С		18-20 °С		
	Доза 0,2 мл/л 24 часа	Контрольная группа	Доза 0,1 мл/л 24 часа	Доза 0,2 мл/л 24 часа	Контрольная группа
ИИ, экз.	18,75 ± 7,03	54,7 ± 11,61	13,8 ± 8,3	7,81 ± 3,56	61,8 ± 13,59
ЭИ, %	100	100	95	80	100
ИЭ, %	65,7	-	77,7	87,4	-
ЭЭ, %	0	-	5	20	-

На основании полученных данных выявлена зависимость эффективности обработки препаратом Сальмогир при дактилогирозе карпов от температуры воды. Обработка рыб в дозе 0,2 мл/л при температуре воды 10 - 12°С обеспечила интенсэффективность 65,7%, а симптомы дактилогироза через 5 суток после применения препарата оставались у 45 % рыб. Обработка при температуре воды 18 - 20°С в этой же дозе привела к отсутствию клинических признаков болезни у всех карпов, подвергнутых лечению, а интенсэффективность оказалась существенно выше и составила 87,4%.

Исследование переносимости препарата Сальмогир на радужной форели показало, что во время обработки форели 4-х кратной дозой препарата 0,4 мл/л при 5-ти кратной экспозиции - 5 часов часть рыб периодически ложилась на бок на дно бассейна. Восстановление положения тела и двигательной активности происходило через 30 минут после их пересадки в чистую воду. Передозировка препарата до 1,2 мл/л при экспозиции 2,5 часа приводила к более выраженному и продолжительному проявлению отравления у всех рыб. Полное восстановление положения тела и двигательной активности наблюдалось через 3 часа после их пересадки в чистую воду.

Установлено, что карпы хорошо переносят применение препарата в терапевтической дозе 0,2 мл/л при 3-х кратной экспозиции 72 часа. Препарат не оказывает отрицательного влияния на общее состояние и активность рыб. 3-х кратная передозировка (0,6 мл/л) при 3-х кратной экспозиции 72 часа приводила к небольшой интоксикации карпов, проявляющейся незначительным угнетением и

снижением аппетита. Признаки отравления имели обратимый характер и исчезали через сутки после пересадки рыб в чистую воду.

В опытах по изучению переносимости гибели форели и карпов не отмечено, изменений во внутренних органах у рыб не выявлено.

Заключение. На основании полученных результатов можно рекомендовать применение препарата Сальмогир для лечебно-профилактических обработок форели и карпов против гиродактилеза в дозе 0,1 мл/л воды при экспозиции 30 минут во время перевозок и пересадок. При необходимости время обработки может быть увеличено до 60 минут.

При дактилогирозе карпов Сальмогир оказался эффективным в составе длительных ванн при температуре воды выше 18°C в дозе 0,2 мл/л при экспозиции 24 часа.

Проведенные исследования переносимости лекарственного препарата Сальмогир позволяют сделать вывод о его безопасности для радужной форели и карпов.

Список использованных источников

1. Головина Н.А. Ихтиопатология / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков, В.Н. Воронин, П.П. Головин, Е.Б. Евдокимова, Л.Н. Юхименко. Под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. – М.: Мир, 2003. – 448 с.
2. Евсеева Н.В. Первый случай гиродактилеза радужной форели в аквакультуре Карелии / Н.В. Евсеева, Ю.Ю. Барская, Д.И. Лебедева // Сб. научных трудов ФГНУ «ГосНИОРХ». – 2009. – Вып. 338. – С. 71-76.
3. Кузнецова Е.В. Влияние паразитов аборигенных рыб на эпизоотическое состояние садковых хозяйств Европейской части России // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2016. - № 3 (31) – С. 46-52.
4. Norbury L.J., Shirakashi S., Power C., Nowak B.F., & Bott N.J. Praziquantel use in aquaculture - Current status and emerging issues // International journal for parasitology. Drugs and drug resistance. – 2022. – 18 – P. 87–102.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ РЫБЫ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Рябых Г.Ю., ¹Фролова Н.В., ²Гуськов Г.Е., ²Мизгулин Д.Д.,
²Милявский Г.С., ²Имамутдинов Н.О.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В данной работе осуществляется построение математической модели состояния популяции рыбы, живущей в естественных условиях на территории Ростовской области. Анализируются некоторые параметры популяции в различных регионах области.

Ключевые слова. Процесс развития популяции, математическая модель, линия тренда, основные параметры модели.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE STATE OF FISH POPULATION IN THE ROSTOV REGION

¹Ryabykh G.Yu., ¹Frolova N.V., ²Guskov G.E., ²Mizgulin D.D.,
²Milyavsky G.S., ²Imamutdinov N.O.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
²Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. In this work, we construct a mathematical model of the state of the fish population living in natural conditions in the Rostov region. Some population parameters in different regions of the region are analyzed.

Keywords. Population development process, mathematical model, trend line, main parameters of the model.

Целью работы является построение математической модели, с помощью которой можно отследить различные параметры рыбы (вес, размеры и т.п.), которая обитает в водоемах Ростовской области в естественных условиях.

Модели описываются различными линиями тренда (линейными, показательными и степенными) [1] с помощью метода наименьших квадратов. Линии тренда построены с использованием пакета Microsoft Excel [2].

Численные значения параметров, которые были использованы для построения моделей, предоставлены ЮНЦ РАН. Для сравнения в работе рассмотрена рыба, которая водится в Таганрогском заливе и в Свином гирле.

Ниже на рисунке 1 показана зависимость веса рыбы от ее количества. Построены линии тренда в линейном и экспоненциальном виде. Легко видеть, что экспоненциальная модель намного лучше описывает эту зависимость, коэффициент корреляции весьма большой. Следует отметить, что рыбы, обитающие в Таганрогском заливе, прибавляют в весе лучше.



Рисунок 1 – Зависимость веса рыбы от количества (вес рыбы в граммах)

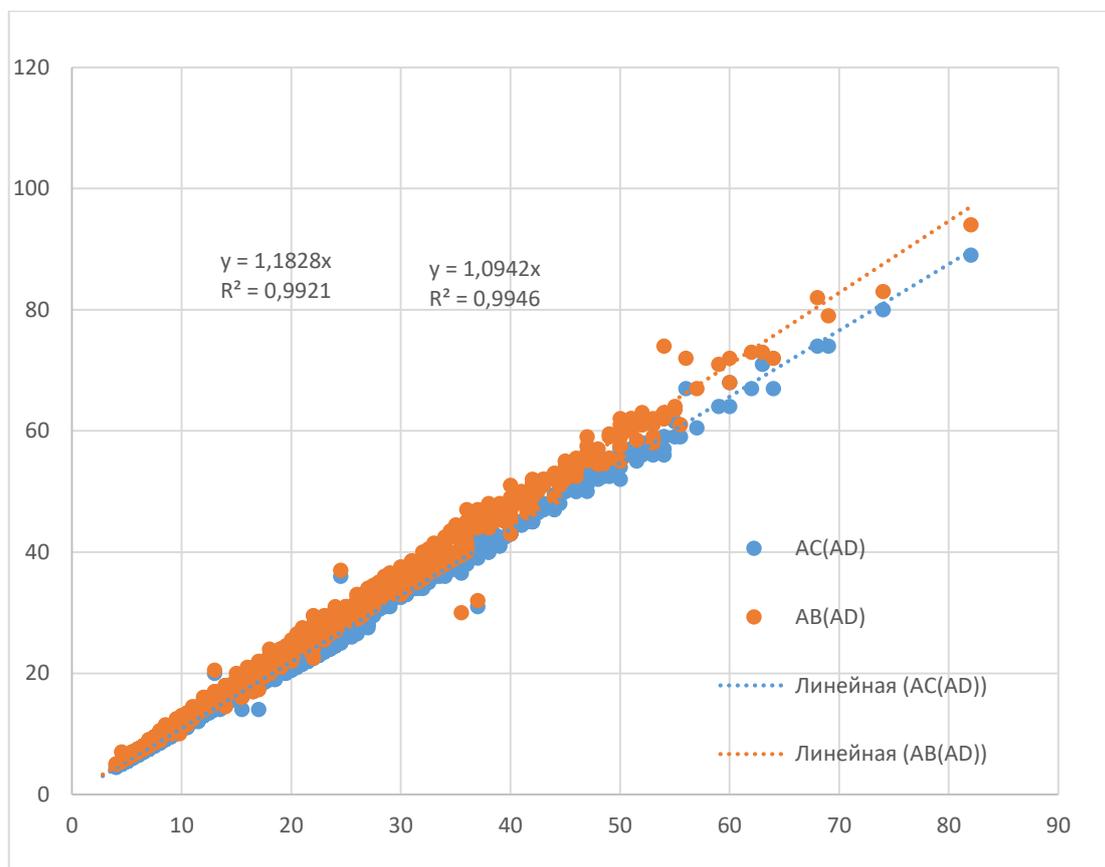


Рисунок 2 – Зависимость длины рыбы от головы до начала хвоста к длине от головы до кончика хвоста (длина рыбы в миллиметрах)

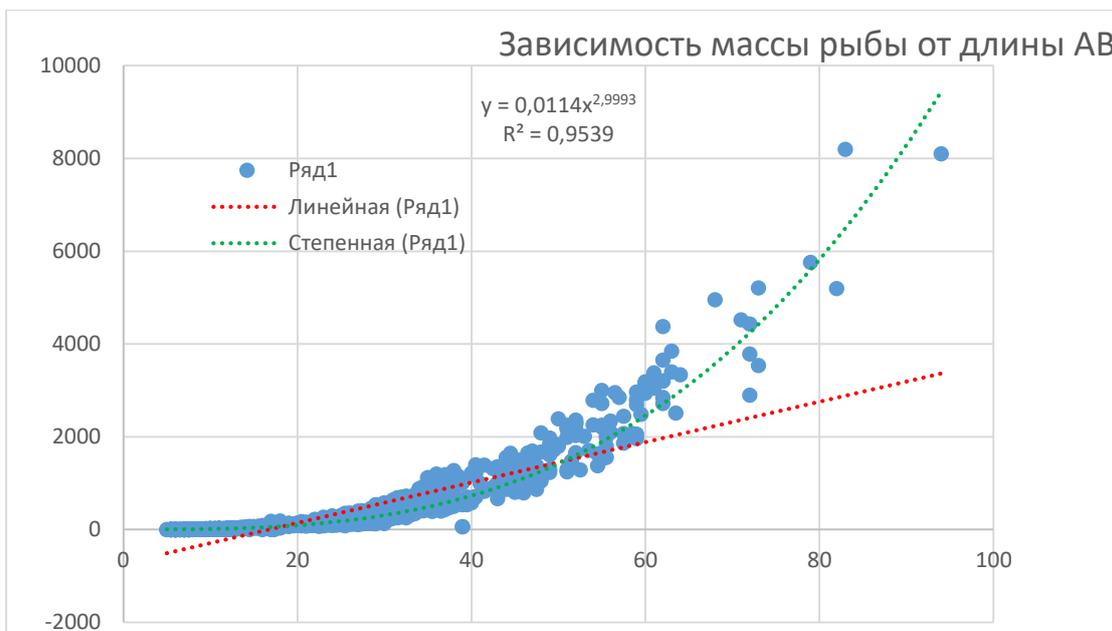


Рисунок 3 – Зависимость массы рыбы от ее длины. Построены линейные и степенные линии тренда (длина рыбы в миллиметрах, масса в граммах)

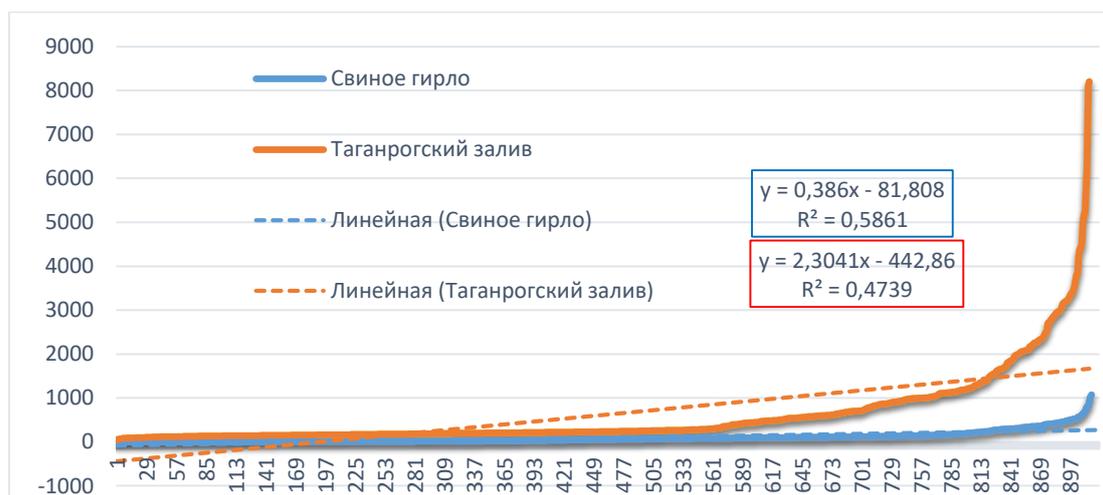


Рисунок 4 – Зависимость массы рыбы от ее длины. Соответствующие линии тренда (длина указана в миллиметрах, масса в граммах)

Заключение. По полученным моделям можно делать выводы о зависимости массы рыбы от различных параметров, о ее количестве в различных местах обитания. Сравнивая различные места дельты Дона, мы видим, что в Таганрогском заливе условия для размножения и питания лучше, чем в Свином гирле. При этом известно (по данным Госкомстата), что вода Таганрогского залива сильнее загрязнена вредными примесями. В целом состав воды в акватории Дона удовлетворяет нормам.

Однако, численность рыбы в этих местах в последние годы имеет тенденцию к уменьшению. Причиной является постепенное повышение температуры воды. В связи с этим острее ставятся вопросы об искусственном разведении рыбы.

Ихтиологический материал собран в рамках ГЗ ЮНЦ РАН по теме 00–24–09, № 122020100328–1.

Список использованных источников

1. Прикладная математическая статистика: Лабораторный практикум. –Томск: ТУСУР. – 2015.
2. Описание программного средства Microsoft Excel: <http://bukvi.ru/computer/obshhaya-karakteristika-ms-excel.html>

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЁВОГО РАКА НА ЮГЕ РОССИИ

¹Крючков В.Н., ¹Егорова В.И.

¹Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены результаты товарного выращивания австралийского красноклешнёвого рака в Астраханской области в разные годы. В работе проведена оценка продуктивности и массы товарного рака. Показаны различия в результатах выращивания в одинаковых прудах при использовании кормов и на естественной кормовой базе.

Ключевые слова. Австралийский красноклешнёвый рак, товарное выращивание, пруды, продуктивность.

THE EXPERIENCE OF INDUSTRIAL CULTIVATION OF AUSTRALIAN RED-CLAWED CRAYFISH IN THE SOUTH OF RUSSIA

¹Kriuchkov V.N., ¹Egorova V.I.

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of commercial cultivation of Australian red-clawed crayfish in the Astrakhan region in different years. The paper evaluates the productivity and mass of commercial crayfish. The differences in the results of cultivation in the same ponds when using feed and on a natural feed base are given.

Keywords. Australian red-clawed crayfish, commercial cultivation, ponds, productivity.

Введение. Рыба и морепродукты имеют важнейшее значение в рационе питания человечества, и в конечном итоге не менее важны, чем передовые разработки в области IT-технологий. В последнее десятилетие в производстве рыбной продукции существенно возросло значение аквакультуры. Так, если объём ежегодной добычи водных биоресурсов в Мировом океане стабилизировался и составляет порядка 100 млн. тонн, то мировая продукция аквакультуры демонстрирует уверенный рост, в 2020 году было произведено рекордное количество продукции – 122,6 млн. тонн включая 87,5 млн. тонн нерыбных объектов.

Если обратиться к Российскому рынку рыбы и морепродуктов, то картина представляется не очень радужной. В 2013 году Россия, по данным ФТС, импортировала чуть более 856 тыс. тонн рыбной продукции. За пять лет импорт сократился в 2,5 раза. По итогам 2022 года Россия импортировала 387 тыс. тонн рыбы, что более чем на 30% ниже показателей предыдущего года.

Восполнить образующийся недостаток на рынке рыбной продукции можно и нужно увеличением собственного производства. Для этого есть два пути: увеличение вылова и увеличение производства аквакультуры. Очевидно, что наращивать промысел бесконечно нельзя, т.к. это приведёт к необратимому истощению рыбных ресурсов. В этом отношении пример Каспийского моря более чем показателен. В конце XIX столетия в Волге и Каспии рыбы добывалось больше, чем в любом другом море России (300 тысяч тонн в 1900 году). Каспийский промысел базировался на наиболее ценных видах, которыми по праву считались осетровые, белорыбица, миноги. Немало добывали частичковых рыб – судака, леща, сазана, сома, воблу, успешно развивался сельдяной промысел (речной и морской). В настоящее время промысловое значение многих каспийских видов рыб полностью утрачено (осетровые, вобла), а некоторые ранее многочисленные виды оказались фактически на грани исчезновения. При этом аквакультурная рыба в России составляет сейчас 3% от общего промысла. А в мире доли выловленной и искусственно разводимой рыбы уже соотносятся как 50/50. Среднегодовой прирост производства продукции мировой аквакультуры за период 1990–2020 годов составил 609 процентов при среднем темпе роста 6,7 процента в год (<https://www.fao.org>). Если же обратиться к данным по Российской Федерации, то оказывается, что в 2001 году рыба искусственного разведения выращивалась в количестве 150 тыс. тонн. В 2011-м – столько же. И только в последние годы

производство превысило 400 тыс. тонн, что, впрочем, не оказало существенного влияния на насыщение рынка.

Особый интерес должны вызывать технологии, которые, имея конечную цель повышения эффективности производства, не связаны со значительными капитальными вложениями в отрасль. Представляется, что одним из способов повышения эффективности товарного производства рыбы и нерыбных объектов может быть внедрение в традиционную аквакультуру тропических видов, в частности австралийского красноклешнёвого рака.

Прежние многолетние усилия отечественных учёных были направлены на восстановление численности природных популяций раков, а также на их товарное выращивание [1,3,8,].

Однако такие биологические свойства аборигенных видов раков умеренного климата, относящихся к родам *Astacus* и *Pontastacus*, как невысокая скорость роста, малая плодовитость, требовательность к условиям содержания, неизбежно сопровождаются большими производственными затратами при низкой эффективности товарного выращивания и, соответственно, низкой окупаемостью.

Работы по поиску технологических решений разведения и выращивания австралийского красноклешнёвого рака в Астраханской области ведутся на протяжении ряда лет [3-5]. Так, в частности, с участием Астраханского технического университета было создано малое инновационное предприятие «Эко-тропик», которое наряду с научными исследованиями занималось и товарным выращиванием тропических ракообразных, в том числе и красноклешнёвых раков.

Целью настоящей работы было изучение эффективности товарного выращивания австралийского красноклешнёвого рака в условиях юга России.

Материал и методы исследований. Объектом исследования послужили австралийские красноклешнёвые раки *Cherax quadricarinatus*. Зимнее содержание производителей, размножение, накопление и предварительное подращивание молоди производилось на производственной базе малого инновационного предприятия ООО «Эко-тропик» в УЗВ оригинальной конструкции, объём бассейнов 0,5 и 1,0 м³, в составе каждой установки – от 6 до 20 бассейнов.

Пруды для товарного выращивания. Товарное выращивание осуществлялось в прудах различной площади, пруды были предоставленными действующими прудовыми хозяйствами по договорам с ООО «Эко-тропик».

Для данной работы использованы результаты товарного выращивания раков в следующих прудах:

1. Зимовальный пруд, площадь 0,8 га. В прудовом хозяйстве относился к категории зимовальных, однако периодически использовался и в других целях. Средняя глубина – 1,6 метра, максимальная – 2,5 метра. Пруд прямоугольной формы, ложе спланировано, имело уклон к водовыпуску. На водоподачу устанавливалась защита от сорной рыбы. Ложа прудов были свободны от растительности. Тростник произрастал преимущественно по урезу воды.

2. Мальковый пруд, площадь 1,2 га. Средняя глубина 1,5 м, максимальная – 2,2 м. Пруд оборудован заглубленной водоподачей. На подающую трубу устанавливалась защита от попадания мусора и сорной рыбы в виде мешка из сито-газа. Ложе пруда было хорошо спланировано.

3. Мини-пруд площадью 0,015 га. Имел водонепроницаемое ложе, дно отсыпано гравием, по ложу были установлены искусственные укрытия. Максимальная глубина 1,5 м. Оборудован уловителем-накопителем для сбора раков.

Контроль хода выращивания. Гидролого-гидрохимические показатели контролировались на месте проведения исследований с использованием портативных аналитических приборов.

Кормление раков в зимовалах и мальковых прудах не производилось. Для поддержания на достаточном уровне развития кормовых организмов в пруды вносились органические удобрения (подсушенная растительность по урезу воды). В мини-пруду раков кормили кормами из местного сырья, в состав которого входили растительные и животные компоненты.

Контроль роста раков в прудах осуществлялся с использованием подъёмных кормовых мест оригинальной конструкции, позволяющих отлавливать питающихся раков.

Статистическая обработка производилась с использованием методов параметрического анализа (Гланц, 1998), достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента (Лакин, 1990).

Результаты. В рамках настоящего исследования было проанализировано опытно-промышленное выращивание австралийских раков, осуществлённое в Астраханской области летом 2017 г. в открытых прудах, расположенных в крестьянско-фермерском хозяйстве Камызякского района Астраханской области.

Посадку молоди раков в рыбоводные пруды проводили в конце мая – начале июня, когда среднесуточная температура воды достигла значения в среднем +23,0°C. В пересчёте на гектар плотность посадки составила в двух прудах 3,3 и 5,6 тыс. экз./га соответственно.

Регулярное кормление раков не проводилось. Перед посадкой раков на выращивание осуществлялся контроль развития естественной кормовой базы.

Показатели товарного выращивания австралийских раков в двух приспособленных прудах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты товарного выращивания австралийского рака в открытых рыбоводных прудах в Астраханской области в 2017 г.

Показатели	Зимовальный пруд	Мальковый пруд
Длительность выращивания, дни	97	102
S пруда, га	0,8	1,4
Кормовая база	Естественная, без внесения дополнительных кормов и удобрений	Естественная, удобрение пруда
Средняя масса раков при посадке, г	0,4±0,05	0,50±0,012
Посажено на выращивание, шт./кг	2 650 / 1,1	8 200 / 4,1
Выловлено товарных раков, шт./кг	2 290 / 225,5	7 300 / 615,2
Выживаемость, %	86,4	89,0
Средняя масса раков при облове, г	98,4±4,43	84,04±9,34
Продуктивность, кг/га	280,5	436,5

В течение всего лета проводили регулярный контроль суточной и сезонной динамики температуры воды. Измеряли температуру 2 раза в день у дна и поверхности воды, так как данный фактор значительно влияет на гидрохимические параметры воды и формирование естественной кормовой базы. Температура в прудах не опускалась ниже 22,0°C, а максимальная достигала 31,0°C. Гидрохимический режим прудов был благоприятным.

Результаты выращивания следует признать удовлетворительными. Выживаемость раков в обоих прудах была сходной. В зимовальном пруду при относительно невысокой продуктивности были отмечены более высокие показатели массы тела, которую набрали раки к концу выращивания. Удобрение прудов благоприятным образом сказалось на общей продуктивности, которая была на уровне 436,5 кг/га, что на 35% превышает аналогичный показатель пруда-зимовала, в котором интенсификационные мероприятия не проводились. Следует отметить, что запрет на применение кормов и удобрений был одним из условий аренды зимовального пруда, поскольку собственник пруда в рассматриваемый сезон использовал в дальнейшем этот зимовальный пруд по прямому назначению.

При культивировании тропических раков в регионах умеренного климата использование тёплых помещений с искусственными резервуарами является необходимым элементом биотехнологии. В контролируемых искусственных условиях производится, в частности, накапливание и подращивание молоди, что требует использования значительных площадей производственных помещений. Для уменьшения потребности в УЗВ для накопления молоди нами использовались так называемые тепличные пруды (Крючков и др., 2024).

В дальнейшем, после пересадки подращивания молоди, эти сооружения могут быть использованы для товарного выращивания раков.

Первые опыты показали принципиальную возможность получения товарной продукции в таких прудах. Однако малые площади не позволяли выращивать большое количество раков, несмотря на высокую продуктивность таких прудиков даже без кормления раков.

В связи с этим, был осуществлён опыт по выращиванию раков при плотной посадке с интенсивным кормлением. Для этих целей по ложу пруда, которое было отсыпано мелким щебнем, были установлены искусственные укрытия для раков, для уменьшения территориальной конкуренции, и в течение всего выращивания раки получали корма из местного сырья, с компонентами растительного и животного происхождения.

Основные результаты товарного выращивания красноклешнёвого рака в тепличных мини-прудах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты товарного выращивания австралийского красноклешнёвого рака в тепличных прудах на базе ООО «Эко-тропик»

Показатель	2015 г.	2019 г.
Площадь пруда, га	0,015	0,015
Всего посажено, шт	250	1000
Общая масса раков при посадке, г	55	200
Ср. масса раков при посадке, г	0,220 ± 0,008	0,200 ± 0,011
Выход при облове, шт / %	178 / 71,2	662 / 66,2
Общая масса при облове, кг	6,56	30,1
Ср. масса при облове	36,85±0,48	45,90±0,54 54
Длительность выращивания, сут.	80	92
Прирост биомассы, кг	6,50	29,9
Суточный прирост биомассы, г	81,31 (1,25%)	325,0 (1,08%)
Фактическая продуктивность, кг/га	433,6	1993,3

В первом варианте в тепличный пруд было посажено 250 экз. молоди средней массой 0,22 г. Плотность посадки была близка к обычно используемой при товарном выращивании раков на естественной кормовой базе в обычных рыбоводных прудах (примерно 10 тыс. штук на 1 га или 1 шт/м²).

На летний период с тепличных прудов сняли плёночное покрытие, создав, таким образом, природную динамику погодных условий, обеспечивающих и уровень инсоляции, и температуру воды, что во многом определяет формирование естественной кормовой базы и, соответственно условия жизни раков в таких прудах. Для активизации процессов формирования фито- и зоопланктона, минеральные или органические удобрения (навоз) не использовали. Ограничились небольшим количеством соломы злаковых культур.

Общая продуктивность пруда составила 433,6 кг/га. Эта величина соответствует (и даже несколько превышает нормативные показатели) уровню естественной рыбопродуктивности в шестой зоне рыбоводства, поэтому можно констатировать, что весь продукционный потенциал экспериментального пруда был использован полностью. Об этом свидетельствует и недостаточный прирост массы у раков. Так средняя масса товарного рака составила всего 36,85±0,48 г, при этом доля так называемых «некондиционных» раков, к которым мы относили особей с массой менее 30,0 г, составила более половины (54,7%).

В 2019 году плотность посадки молоди была увеличена в четыре раза по сравнению с ранее применявшейся.

По продуктивности, выраженной количеством выращенного рака с единицы площади пруда, пруд с высокой численностью раков превосходил предшествующие в 4,6 раза. В пересчёте на 1 га площади продуктивность пруда составила 1993,3 кг/га.

Кроме общей биомассы, хорошие результаты были получены и по средней массе выращенного рака, это практически тот уровень, на который мы ориентировались при постановке задачи.

Заключение. Представленные результаты летнего выращивания австралийского рака в прудах Астраханской области демонстрируют реальную эффективность товарного выращивания этого вида в южных регионах России. Была продемонстрирована высокая выживаемость, которая в обоих рассматриваемых прудах была фактически одинаковой – чуть меньше 90%. При высоких показателях средней товарной массы раки значительно различались по массе и размерам. Следует выделить группу, средняя масса которой превышала 100,0 г, достигая значений 120,0 г и даже выше. Таких раков было порядка 20% от всех выловленных раков. Также среди прочих присутствовали раки с массой менее 40,0 г, однако их относительное количество не превышало 7% в обоих прудах.

Что касается использования прудов малой площади, то при интенсивном кормлении возможно достижение высокой продуктивности, что позволит организовать высокорентабельное товарное производство австралийского красноклешнёвого рака.

Список использованных источников

1. Александрова Е.Н. Перспективы по восстановлению и развитию рачного хозяйства России / Е.Н. Александрова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016. – №2. – С. 7-12.
2. Гланц С. Медико-биологическая статистика /С. Гланц. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
3. Колмыков Е.В. Проблемы и перспективы товарного выращивания рака в дельте Волги / Е.В. Колмыков // Проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства речных раков. – 1997. – С. 116-118.

4. Крючков В.Н. Использование тепличных прудов при культивировании австралийского красноклешнёвого рака / В.Н. Крючков В.И. Егорова, Б.П. Томокала, И.В. Волкова // Ветеринарный фармакологический вестник. – № 2 (27), 2024. – С. 94-109.
5. Лагуткина Л.Ю. К морфометрическим показателям австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*) / Л.Ю. Лагуткина С.В. Пономарёв // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2010. – № 2 – С. 14-16.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. - М.: Высшая школа,1990. - 370 с.
7. Хорошко А.И. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России / А.И. Хорошко, В. Н. Крючков // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2010. – № 2. – С. 51-55.
8. Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций / Н.Я. Черкашина. – Ростов-на-Дону: ООО «Медиа Полис», 2007. – 117 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ КЛАРИЕВОГО СОМА НА ИСКУССТВЕННЫХ КОРМАХ, ОБОГАЩЕННЫХ МИКРОБНЫМ БЕЛКОМ И ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ

¹Гинзбург А.А., ¹Литвиненко А.И., ¹Корентович М.А.,
¹Бобров В.В., ¹Батршина А.Д., ¹Зенкович П.А.

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты подращивания молоди клариевого сома на искусственных кормах, обогащенных сухой биомассой метанотрофных бактерий при концентрации 10 % и жирными кислотами (льняное масло, препарат–премикс «Арфит»). Применение экспериментальных обогащенных кормов позволило ускорить темп роста клариевого сома на 72,9 %, а также увеличить выживаемость на 153,0 %. Приведены данные по динамике коэффициентов массонакопления и коэффициентов упитанности.

Ключевые слова. Клариевый сом, микробный белок, искусственные корма, обогащенные корма, коэффициент массонакопления, коэффициент упитанности.

RESULTS OF GROWING JUVENILE CLARIA CATFISH ON ARTIFICIAL FEED ENRICHED IN MICROBIAL PROTEIN AND FATTY ACIDS

¹Ginzburg A.A., ¹Litvinenko A.I., ¹Korentovich M.A.,
¹Bobrov V.V., ¹Batrshina A.D., ¹Zenkovich P.A.

¹Northern Trans-Ural State Agrarian University, Tyumen, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of growing juvenile claria catfish on artificial feed enriched with dry biomass of methanotrophic bacteria at a concentration of 10 % and fatty acids (linseed oil, premix drug "Arfit"). Using of experimental enriched feeds allowed accelerating the growth rate of claria catfish by 72.9 %, and increase survival rate by 153.0 %. Data on the dynamics of mass accumulation coefficients and fatness coefficients are presented.

Keywords. Claria catfish, microbial protein, artificial feed, enriched feed, mass accumulation coefficient, fatness coefficient.

В настоящее время рыбная мука является основным белковым компонентом в искусственных кормах для рыб, поскольку содержит легкоусвояемый белок, макро- и микроэлементы, сбалансированный аминокислотный и жирнокислотный составы, что играет важную роль в повышении выживаемости, иммунитета, поддержке роста выращиваемых объектов аквакультуры. Требования к искусственным кормам для рыб определяются их особенностями и средой обитания. Данные корма должны иметь высокий уровень содержания питательных и биологически активных веществ, что определяется качеством компонентов.

Ассортимент отечественных кормов для аквакультуры ограничен. Для них характерны низкая питательность, несбалансированность и плохие физические свойства. В России имеется ряд предприятий, производящих качественные экструдированные корма для рыб, но их часть в общем объеме продукции невелика. Дефицит качественных отечественных кормов компенсировался за счет импорта, доля которого в сегменте комбикормов для ценных объектов аквакультуры (осетровые и лососевые) и в стартовых искусственных кормах близка к 100 % [1]. Ситуация с поставками импортных кормов резко ухудшилась после введения международных санкций.

В Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 г. в целях импортозамещения предусматривается строительство предприятий по производству кормов для аквакультуры общей мощностью 525 тыс. т. Однако проблемой при их производстве является дефицит и невысокое качество ряда компонентов, в частности рыбной муки [8]. За последние 20 лет мировое производство рыбной муки снизилось на треть и находится на уровне 4,8-5,8 млн т [9].

Развитие аквакультуры и сокращение производства рыбной муки обусловили уменьшение ее содержания в рыбных кормах и замену ее растительными белками. Замена рыбной муки в кормах для аквакультуры имеет негативные последствия (особенно в стартовых кормах), поскольку растительные

компоненты имеют более низкую усвояемость белка, доступность аминокислот, минеральных веществ и других компонентов.

Реальной заменой рыбной муки в кормах для аквакультуры является микробный белок (сухая инактивированная биомасса метанотрофных бактерий – *Methylococcus capsulatus*), поскольку он обладает высоким содержанием протеинов (70-75 %), высоким содержанием липидов (12-14 %), незаменимых аминокислот (фенилаланин, метионин, гистидин и др.) и микроэлементов [5]. Отсутствие в микробном белке высоконенасыщенных жирных кислот (ВНЖК) легко восполняется добавлением в корма растительных масел.

Над созданием эффективных технологий получения микробного белка работают в Соединенных Штатах Америки, Европе и Китае. Но наиболее активно данные работы ведутся российскими компаниями, в связи с доступностью рынка сырья. Например, ООО «Гипробиосинтез», которое поставляет микробный белок для дальнейшего обогащения искусственного корма, планирует по собственной технологии запустить завод по производству микробного белка и вывести его на проектную мощность в 21 тыс. т в год.

Проведенные российскими учеными исследования показали возможность полной или частичной замены рыбной муки на микробный белок в кормах для карповых, окуневых, лососевых и сиговых рыб [4-6, 10].

Инициативные исследования, проведенные сотрудниками ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по обогащению микробным белком и ВНЖК живых стартовых кормов и стартовых искусственных кормов для молоди осетровых рыб, показали высокую их эффективность: повышение выживаемости молоди до 88-95 %, ускорение темпа роста до 50 %, снижение затрат корма на единицу прироста ихтиомассы до 0,55-0,65 кг/кг [2-3].

Полученные результаты исследований свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших научных работ по обогащению стартовых искусственных кормов для самого высокопродуктивного объекта аквакультуры (клариевый сом).

Цель исследований – изучить влияние инновационных стартовых искусственных кормов на изменчивость размерно-весовых характеристик и продуктивность молоди клариевого сома.

Материалы и методы. Объектами исследования послужили личинки и молодь клариевого сома (*Clarias gariepinus*). Экспериментальные работы проводили в ООО «Пышма-96» (Тюменская область) с 28 февраля по 31 марта 2024 г.

При подращивании личинок и молоди клариевого сома, полученных от производителей из искусственно сформированного маточного стада, в корма добавляли 5 % (О-5) и 10 % (О-10) микробного белка. Кроме того, в опытные корма добавляли комплекс жирных кислот, включающий в себя льняное масло и препарат-премикс «Арфит». В контрольных бассейнах (К) использовали стартовые искусственные корма Veronesi Vita без добавок.

Измерения температурно-кислородного режима проводили ежедневно. Ежедневно подсчитывали отход (%).

Подращивание молоди клариевого сома проводили в 6 бассейнах (площадь бассейна – 1,64 м²). Температура воды в начале эксперимента составляла 21,6 °С, однако далее температуру воды постепенно повышали до оптимальных для роста клариевого сома значений – 27,0-27,5 °С. Содержание растворенного в воде кислорода для опытных и контрольных групп клариевого сома составляло 6,1-10,1 мг/л. Каждый вариант опыта и контроль включали в себя по две повторности.

После каждого кормления обеспечивали чистку бассейнов и не допускали накопления остатков корма. По мере роста личинок меняли фильтрующие решетки из нержавеющей стали.

В процессе анализа результатов исследования применяли следующие методы статистической обработки: сравнение средних арифметических значений по массе и длине; расчет абсолютных и относительных среднесуточных приростов, удельной скорости весового роста (по формуле Шмальгаузена и Броди) [12], коэффициентов вариабельности массы тела (*С_v*), коэффициентов массонакопления [117]; определение достоверности различий по t-критерию Стьюдента [7].

Результаты исследований. Данные по темпам весового роста личинок и молоди клариевого сома приведены в таблице 1.

Начальная средняя масса личинок клариевого сома, полученных от производителей из искусственно сформированного маточного стада, в опытных группах была 0,006±0,000 г, в контрольных – 0,007±0,001 г.

Конечная средняя масса молоди клариевого сома, потреблявшей искусственные корма, обогащенные сухой биомассой метанотрофных бактерий при концентрации 10 % и ВНЖК, составила 3,44±1,69 г и была на 72,9 % выше контроля. При кормлении молоди клариевого сома искусственными кормами, обогащенными микробным белком (5 %) и ВНЖК увеличение весового роста было не столь значительным (на 7,0 % выше, чем в контроле).

Таблица 1 – Динамика показателей длины и массы тела личинок и молоди клариевого сома

Показатель	О-5	О-10	К
Начальная масса, г	0,006±0,000	0,006±0,000	0,007±0,001
Конечная масса, г*	2,13±1,00	3,44±1,69	1,99±1,11
Абсолютный среднесуточный прирост, г	0,064	0,104	0,060
Удельная скорость весового роста	0,18	0,19	0,17
Коэффициент вариабельности массы тела в конце исследования (Сv)	7,65	2,47	16,35
Коэффициент массонакопления (Км) за весь период исследования	0,100	0,121	0,097
Продолжительность кормления, сутки	33	33	33

Примечание: * в таблице указаны величины статистически достоверных различий при $p < 0,001$

Абсолютный среднесуточный прирост молоди клариевого сома, при добавлении в искусственные корма микробного белка при концентрации 10 % и ВНЖК составил 0,104 г, при добавлении в искусственные корма 5 % микробного белка и ВНЖК – 0,064 г, в контроле – 0,060 г.

Удельная скорость весового роста молоди клариевого сома была наиболее высокой в О-10 и составила 0,19, тогда как в О-5 – 0,18, а в контроле – 0,17.

К концу экспериментальных работ наименьший коэффициент вариабельности отмечен при добавлении в стартовые искусственные 10 % метанотрофных бактерий и ВНЖК (2,47 %), в О-5 он достигал 7,65 %, в контроле – 16,35 %.

Наиболее высокие значения коэффициента массонакопления также были отмечены в О-10 (0,121). В О-5 и контроле значения коэффициента массонакопления были схожи – 0,100 и 0,097 соответственно.

Значения выживаемости и рыбопродуктивности при кормлении молоди клариевого сома обогащенными стартовыми кормами представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели выживаемости и рыбопродуктивности молоди клариевого сома

Показатель	О-5	О-10	К
Начальная масса, г	0,006±0,000	0,006±0,000	0,007±0,001
Конечная масса, г*	2,13±1,00	3,44±1,69	1,99±1,11
Начальное количество, шт.	27000	30000	30000
Конечное количество, шт.	11554	19884	7864
Выживаемость, %	42,8	66,3	26,2
Начальная ихтиомасса, кг	0,16	0,18	0,21
Конечная ихтиомасса, кг	24,6	68,4	15,6
Рыбопродуктивность, кг/м ²	7,5	20,9	4,8
Продолжительность кормления, сутки	33	33	33

Выживаемость подрощенной молоди клариевого сома в О-10 и О-5 была выше (66,3 и 42,8 % соответственно), чем в контроле – 26,2 %.

Наиболее высокие значения рыбопродуктивности были достигнуты в О-10 и составили 20,9 кг/м², тогда как в О-5 рыбопродуктивность в 2,8 раз ниже – 7,5 кг/м², а в контроле в 4,4 раза ниже, чем в О-10 (4,8 кг/м²).

Выводы:

1. Повышение темпов роста молоди клариевого сома. Использование искусственных кормов, обогащенных микробным белком (10 %) и ВНЖК (льняное масло, препарат-премикс «Арфит»), приводит к существенному ускорению весового роста молоди клариевого сома. Обогащенные корма также способствуют повышению: абсолютных и относительных среднесуточных приростов, удельной скорости весового роста, а также коэффициента массонакопления по сравнению с контрольными группами.

2. Повышение жизнестойкости молоди клариевого сома. Выживаемость молоди клариевого сома, питающейся искусственными кормами, обогащенными 10 % микробного белка и ВНЖК, значительно превосходит показатели контрольных групп, а также группы, потребляющей корма, обогащенные 5 % микробного белка и ВНЖК. Эти результаты подтверждают эффективность включения микробного белка и ВНЖК в стартовые корма для молоди клариевого сома. Такая практика не только способствует увеличению биомассы рыбы, но и повышает ее жизнестойкость.

Список использованных источников

1. Агеев А. Рыбная мука и аквакультура / А. Агеев // Комбикорма. – 2022. – № 12. – С. 20-24.
2. Зенкович П.А. Анализ рентабельности выращивания молоди сибирского осетра на искусственных кормах, обогащенных микробным белком (гаприном) и ВНЖК / П.А. Зенкович, М.А. Корентович, А.И. Литвиненко // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. – С. 45-51.
3. Корентович М.А. Патент РФ № 2022125503. Способ обогащения науплиусов артемии микробным белком гаприном и жирными кислотами для кормления личинок осетровых рыб / М.А. Корентович, Л.И. Литвиненко, П.А. Зенкович // Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». – 2022. – 9 с.
4. Лютиков А.А. Культивирование ранней молоди судака (*Sander lucioperca*) и окуня (*Perca fluviatilis*) на искусственных диетах / А.А. Лютиков, А.Е. Королев, И.Н. Остроумова // Известия КГТУ. – 2020. – № 56. – С. 34–47.
5. Остроумова И.Н. Эффективность использования гаприна в рационах карпа разного возраста / И.Н. Остроумова, Д.С. Аршавский, В.К. Калкун // Сборник научных трудов ГосНИОРХ: Белковые продукты микробиосинтеза в кормлении рыб и другие вопросы интенсивного рыбоводства. – Л.: ГосНИОРХ, 1991. – Т. 306. – С. 27–46.
6. Остроумова И.Н. Влияние замены рыбной муки на высокобелковые соевые продукты и гаприн в кормах для сеголеток сиговых рыб / И.Н. Остроумова, В.В. Костюничев, А.А. Лютиков [и др.] // Современное состояние водных биоресурсов: материалы международной научной конференции. – Новосибирск: НГАУ, 2019. – Т. 1. – С. 322-325.
7. Пухаренко Ю.В. Статистическая обработка результатов измерений. Учебное пособие для вузов / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – СПб.: Лань, 2021. – 236 с.
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26.11.2019 № 2798-р «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» / Федеральное агентство по рыболовству. URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/otraslevaya_deyatelnost/ekonomika_otrasli/rasp_2798-r_261119.pdf (дата обращения: 30.05.2024).
9. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Меры по повышению устойчивости: доклад ФАО. – Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2020. – 223 с.
10. Тимошина Л.А. Использование гаприна в кормах для радужной форели / Л.А. Тимошина // Сборник научных трудов ГосНИОРХ: Белковые продукты микробиосинтеза в кормлении рыб и другие вопросы интенсивного рыбоводства. – Л.: ГосНИОРХ, 1991. – Т. 306. – С. 47–54.
11. Хрусталева Е.И. Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры: учебное пособие / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова. – СПб.: Лань, 2017. – 416 с.
12. Шмальгаузен И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста / И.И. Шмальгаузен. – М.: Медиа, 2012. – 53 с.

Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка инновационных стартовых кормов для молоди разводимых рыб (осетровые, лососевые, сомовые) с использованием сухой биомассы метанотрофных бактерий» (заказчик: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОБИОТИКОВ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ИММУННОГО ОТВЕТА У АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА *CLARIAS GARIEPINUS* (BURCHELL, 1822)

¹Головко Л.С., ^{1,2}Празднова Е.В., ¹Шевченко В.Н.,
²Гуляева А.Ю., ²Скрипниченко Р.В., ^{1,3}Рудой Д.В.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация

Аннотация. В работе был проведен анализ дифференциальной экспрессии генов иммунитета у африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) в ответ на применение пробиотика (*Bacillus amyloliquefaciens B-1895*). Было выявлено повышение уровней экспрессии генов лизоцима *lysC* и интерлейкина *il-β1* в четырёх тканях из пяти (мышцах, мозге, печени и жабрах). В условиях стресса пробиотик дополнительно усиливал экспрессию мРНК лизоцима в мышцах и печени и экспрессию мРНК интерлейкина в мышцах, мозге, печени и жабрах.

Ключевые слова. Аквакультура, клариевый сом, *clarias gariepinus*, гены иммунитета, дифференциальная экспрессия генов, пробиотики.

STUDY OF THE EFFECT OF PROBIOTICS ON THE EXPRESSION OF IMMUNE RESPONSE GENES IN THE CLARIID CATFISH *CLARIAS GARIEPINUS*

¹Golovko L.S., ^{1,2}Prazdnova E.V., ¹Shevchenko V.N.,
²Gulyaeva A.U., ²Skripnichenko R.V., ^{1,3}Rudoy D.V.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

³Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd, Russian Federation

Abstract. The work analyzed the differential expression of immunity-related genes in the clariid catfish *Clarias gariepinus* in response to the use of a probiotic (*Bacillus amyloliquefaciens B-1895*). An increase in the expression levels of the lysozyme *lysC* and interleukin *il-β1* genes was found in four out of five tissues (muscles, brain, liver, and gills). Under stress conditions, the probiotic additionally increased the expression of lysozyme mRNA in muscles and liver, and increased the expression of interleukin mRNA in muscles, brain, liver, and gills.

Key words. Aquaculture, clarias catfish, *clarias gariepinus*, immunity-related genes, differential gene expression, probiotics.

В современном мире аквакультура, а именно выращивание водных организмов, включая рыбу, ракообразных и растения, в контролируемой среде, является важным видом хозяйственной деятельности в разных странах. Управление здоровьем аквакультуры можно считать ключевой точкой для поддержания устойчивости отрасли [1]. Высокий спрос на потребительском рынке и передовые технологии привели к тому, что отрасль резко перешла на более интенсивные системы производства для увеличения урожайности, что может повышать уровень стресса у выращиваемой рыбы, тем самым увеличивая риск развития различных заболеваний, включая инфекционные. Антибактериальные и противопаразитарные средства являются эффективными и доступными мерами для контроля вспышек заболеваний [2], тем не менее их нерациональное использование повышает риск развития резистентности патогенной микрофлоры в системе аквакультуры. Кроме того, в некоторых работах приводятся данные, указывающие, что остатки противомикробных средств могут попадать в организм человека, влияя уже на его здоровье [3]. Поэтому в настоящее время повышается интерес к другим веществам, которые могут быть более безопасны для контроля здоровья объектов аквакультуры, например, пробиотики [4]. Пробиотики – это живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах приносят пользу для здоровья хозяина [5]. Пробиотики широко используются для профилактики и лечения различных заболеваний в здравоохранении [6] и у водных животных [7], в том числе при помощи модуляции их иммунного ответа [8] и подавления роста патогенной

микрофлоры [9]. Кроме того, пробиотики способны оказывать влияние на экспрессию генов организма хозяина; в частности, на экспрессию генов иммунитета [10]. Несмотря на большое разнообразие пробиотических микроорганизмов, бактерии рода *Bacillus* приобрели особую значимость [11], благодаря своей способности образовывать эндоспоры, что позволяет им выдерживать неблагоприятные условия окружающей среды, такие как экстремальные температуры, высокая соленость и кислотность, что обуславливает их применение в аквакультуре [12]. Для более полного понимания механизмов действия пробиотических организмов необходимо проводить дополнительные исследования, в том числе направленные на оценивание экспрессии генов [13].

Целью работы явился анализ дифференциальной экспрессии генов иммунитета у африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) в ответ на применение бактериального пробиотика (*Bacillus amyloliquefaciens* B-1895).

Материалы и методика исследования. Исследовались образцы тканей африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (гонады, печень, мышцы, мозг, жабры). Образцы были разделены на три группы: контрольная группа (рыбы получали стандартный корм), опытная группа 1 (рыбы получали корм с добавлением пробиотика) и опытная группа 2 (рыбы получали корм с пробиотиком в условиях физиологического стресса). В качестве пробиотика использовался штамм *Bacillus amyloliquefaciens* B-1895, в объеме - 1% от количества корма. Ткани, фиксировали для хранения с использованием реагента RNALater («Евроген»), выделяли РНК с помощью ExtractRNA («Евроген»). Выделенную РНК использовали в качестве матрицы для постановки обратной транскрипции с помощью набора MMLV RT kit («Евроген»). Полученную кДНК анализировали методом ПЦР в реальном времени с использованием набора 5X qPCR-Mix-HS («Евроген») и амплификатора АНК-32 («Синтол»). Для исследования были выбраны гены, кодирующие лизоцим и интерлейкин (*lysC* и *il-β1* соответственно), в качестве референсного гена для оценки экспрессии выбран ген β-актина. Последовательности праймеров, использованных для амплификации фрагментов указанных генов, приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Праймеры для исследования генов *C. gariepinus*

Название гена	Последовательности праймеров, 5'-3'	Размер ампликона, п. о.	Температура отжига, °С
β-actin	Прямой праймер: GTTGGGCACAAGGCATCCSTA Обратный праймер: GGACTCCATACCCAGGAAAGATGG (Kari et al., 2022)	189	58
<i>lys-C</i>	Прямой праймер: TGCTAAACAGTATGATCGGTGTGA Обратный праймер: TATCTGGAAAATGCCGTAGTCTGT (Kari et al., 2022)	178	58
<i>il-β1</i>	Прямой праймер: TGCAGTGAATCCAAGAGCTACAGC Обратный праймер: CCACSTTTCAGAGTGAATGCCAGC (Kari et al., 2022)	122	58

Расчёт дифференциальной экспрессии генов проводили методом ΔΔCt. Статистическую обработку данных производили в Microsoft Office Excel.

Результаты исследования. Добавление пробиотика оказало положительное влияние на экспрессию лизоцима в большинстве тканей: значения экспрессии *lysC* превышают контроль во всех тканях, кроме гонад, в обеих опытных группах. Максимальных значений экспрессия мРНК лизоцима достигла в жабрах опытной группы 1 (в 5,57 раз выше, чем в контрольной группе) и в мышцах опытной группы 2 (в 5,49 раз выше, чем в контрольной группе). Для двух тканей (мозга и жабр) экспрессия *lysC* выше у опытной группы 1, чем у опытной группы 2 (на 51,9 и 107% соответственно). Ещё для двух тканей (мышц и печени) она выше у опытной группы 2, чем у опытной группы 1 (на 150 и 20% соответственно). Превышение экспрессии мРНК интерлейкина над контролем обнаружено во всех тканях, кроме гонад (как и в случае с лизоцимом). Наиболее выраженным эффект оказался для печени и мозга у опытной группы 2 (в 8,06 и 1,29 раз выше, чем у контрольной группы). Также отмечено более выраженное действие пробиотика в условиях физиологического стресса по сравнению с его действием в нормальных условиях содержания.

Графические результаты оценки экспрессии генов иммунитета представлены на рисунках 1–2.

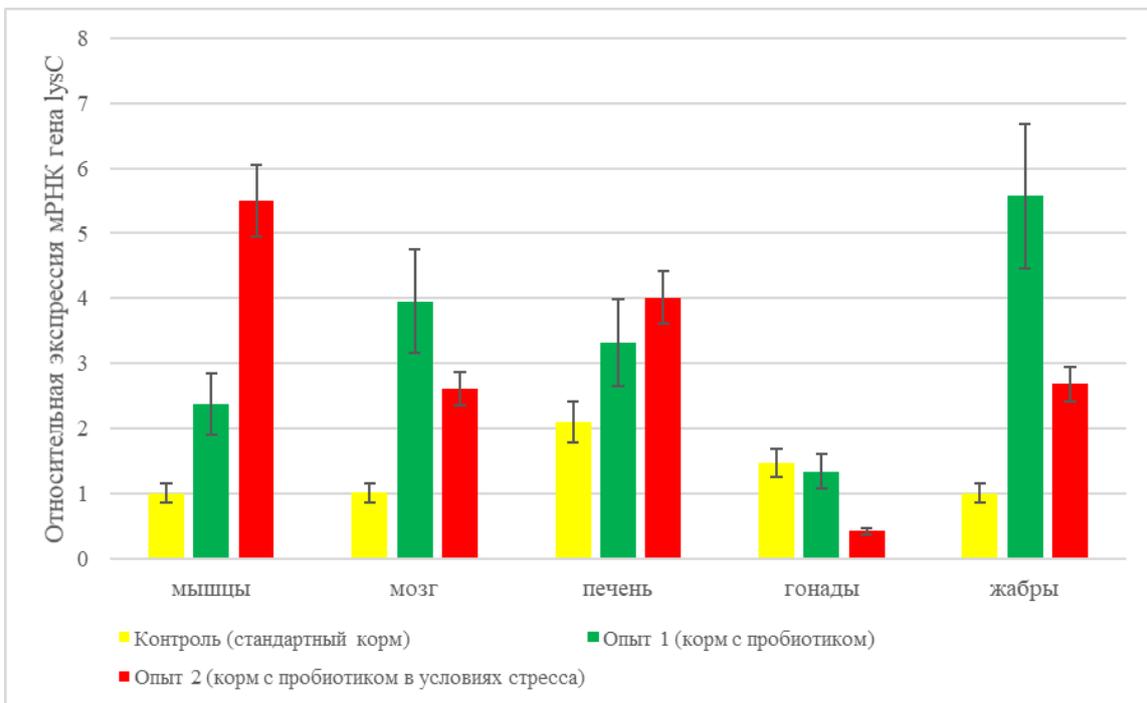


Рисунок 1 – Дифференциальная экспрессия гена лизоцима *lysC* в тканях *C. gariepinus*

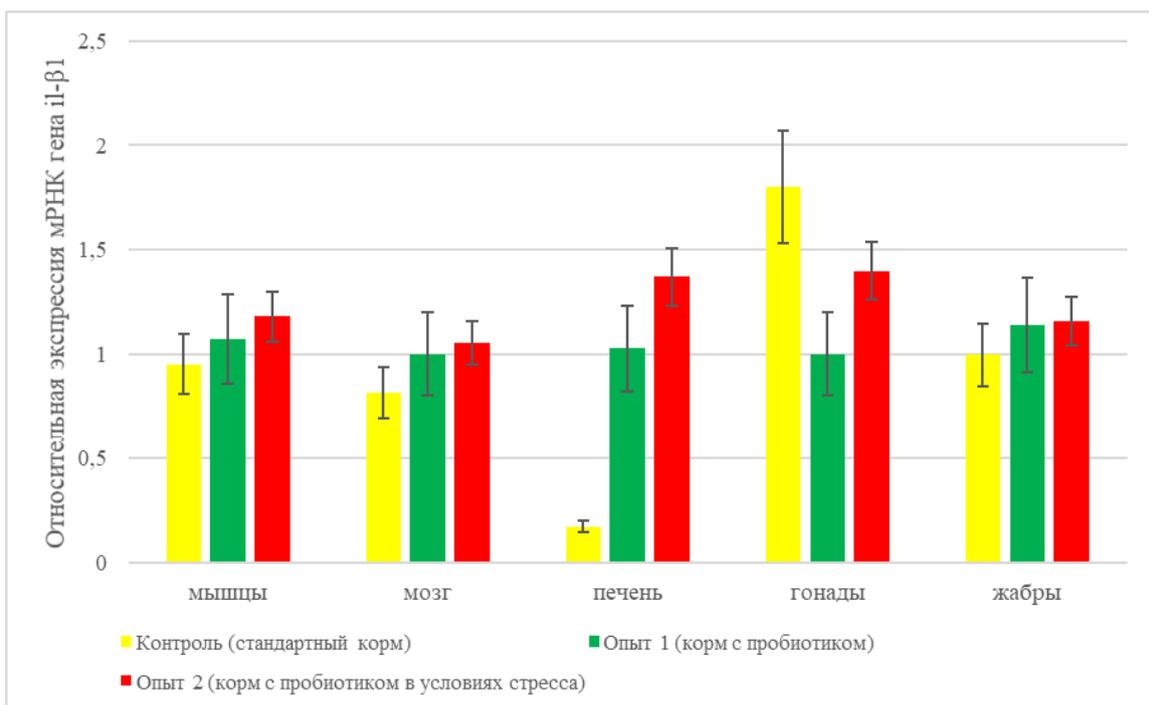


Рисунок 2 – Дифференциальная экспрессия гена интерлейкина *il-β1* в тканях *C. gariepinus*

Обсуждения результатов. В системе врожденного иммунитета лизоцим играет ключевую роль в защите от инфекций хозяина и представляет собой химический и биологический барьер первой защиты от патогенов у рыб [14]. Интерлейкин-1β является ключевым провоспалительным цитокином, который играет важную роль в иммунном ответе и воспалении [15]. В данном исследовании было продемонстрировано, что пробиотик оказывал стимулирующее действие на экспрессию генов иммунитета *lysC* и *il-β1* у *C. gariepinus* в опыте в мышцах, мозге, печени и жабрах, и это действие усиливалось в условиях физиологического стресса по отношению к экспрессии мРНК интерлейкина во всех четырех указанных тканях, а по отношению к экспрессии мРНК лизоцима – в мышцах и печени. Другие исследования демонстрируют, что пробиотики могут усиливать иммунные реакции за счет увеличения лизоцима у нильской тилапии [16, 17], лизоцима у радужной форели [18] и лизоцима у групера *Epinephelus malabaricus* [19]. Также в работе Xia Y. et al. (2018) было отмечено увеличение

экспрессии лизоцима и интерлейкина-1 β в печени и кишечнике у молоди нильской тиляпии на фоне применения пробиотических штаммов [20]. Таким образом, наши данные показывают, что пробиотик на основе штамма *Bacillus amyloliquefaciens* B-1895 оказывает влияние на экспрессию генов рыб, в частности, у африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), связанных с ответом на стресс и иммунитетом, что может объяснять его положительные эффекты, ранее показанные на других объектах аквакультуры [21].

Заключение. Добавление к стандартному корму пробиотического штамма *Bacillus amyloliquefaciens* B-1895 (1% от объема корма) позволило выявить изменение дифференциальной экспрессии генов, связанных с иммунитетом, у африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) в образцах пяти тканей (мышц, мозга, печени, гонад, жабр) в контрольной и двух опытных группах. В ходе исследования наблюдалось повышение уровней экспрессии генов лизоцима *lysC* и интерлейкина *il-1 β* в четырёх тканях из пяти (мышцах, мозге, печени и жабрах). В условиях стресса пробиотик дополнительно усиливал экспрессию лизоцима в мышцах и печени и экспрессию интерлейкина в мышцах, мозге, печени и жабрах. Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования исследованного пробиотика в товарной аквакультуре для увеличения устойчивости рыбы к стрессу.

Список использованных источников

1. Wei L. et al. A mini-review on co-supplementation of probiotics and medicinal herbs: Application in aquaculture // *Frontiers in veterinary science*. – 2022. – №. 9. – С. 869564.
2. Anokyewaa M.A. et al. Prevalence of virulence genes and antibiotic susceptibility of *Bacillus* used in commercial aquaculture probiotics in China // *Aquacult Rep*. – 2021. – №. 21. – С. 100784.
3. Das S., Mondal K., Haque S. A review on application of probiotic, prebiotic and synbiotic for sustainable development of aquaculture // *J. Entomol. Zool. Stud*. – 2017. – №. 5. – С. 422–9.
4. Rico A. et al. Use of veterinary medicines, feed additives and probiotics in four major internationally traded aquaculture species farmed in Asia // *Aquaculture*. – 2013. – №. 412. – С. 231–43.
5. Hamilton-Miller J. The role of probiotics in the treatment and prevention of *Helicobacter pylori* infectio // *Int J Antimicrob Agents*. – 2003. – №. 22. – С. 360–6.
6. Dawood M.A., Abo-Al-Ela H.G., Hasan M.T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios // *Fish Shellfish Immunol*. – 2020. – №. 97. – С. 268–82.
7. Nayak S.K. Probiotics and immunity: a fish perspective // *Fish Shellfish Immunol*. – 2010. – №. 29. – С. 2–14.
8. Nayak S.K. Multifaceted applications of probiotic *Bacillus* species in aquaculture with special reference to *Bacillus subtilis* // *Rev Aquacult*. – 2021. – №. 13. – С. 862–906.
9. Dawood M. A. O. et al. Probiotic application for sustainable aquaculture // *Reviews in Aquaculture*. – 2019. – Т. 11. – №. 3. – С. 907-924.3.
10. Pérez-Sánchez T. et al. Expression of immune-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced by probiotic bacteria during *Lactococcus garvieae* infection // *Fish & shellfish immunology*. – 2011. – V. 31. – №. 2. – P. 196-201
11. Kuebutornye F. K. A. et al. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture // *Fish physiology and biochemistry*. – 2020. – Т. 46. – С. 819-841
12. Wu Z., Qi X., Qu S., Ling F., Wang G. Dietary supplementation of *Bacillus velezensis* B8 enhances immune response and resistance against *Aeromonas veronii* in grass carp // *Fish & shellfish immunology*. – 2021. – №. 115. – С. 14–21.
13. Putra A. N. et al. Effect of the administration of probiotic *Bacillus* NP5 in the rearing media on water quality, growth, and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) // *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. – 2020. – Т. 21. – №. 6.
14. Won S. et al. Effects of *Bacillus subtilis* WB60 and *Lactococcus lactis* on Growth, Immune Responses, Histology and Gene Expression in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* // *Microorganisms*. – 2020. – Т. 8. – №. 1. – С. 0.
15. Bent R., Moll L., Grabbe S., Bros M. Interleukin-1 Beta-A Friend or Foe in Malignancies? // *International journal of molecular sciences*. – 2018. – Т. 19. – №. 8. – С. 2155.
16. Han B. et al. Effects of dietary *Bacillus licheniformis* on growth performance, immunological parameters, intestinal morphology and resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections // *Fish Shellfish Immunol*. – 2015. – №. 46. – С. 225–231.
17. Abarike E.D. et al. Effects of a commercial probiotic BS containing *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on growth, immune response and disease resistance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* // *Fish Shellfish Immunol*. – 2018. – №. 82. – С. 229–238.

18. Rudoy D., Ponomareva E., Pakhomov V., Olshevskaya A.V. [et al.]. A study of the possibility of using animal feed additives and probiotic feed additives in the diet of fish / // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022), Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia, 26 сентября – 02 2022 года. Vol. 381. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 01079
19. Balcázar J.L. et al. Enhancement of the immune response and protection induced by probiotic lactic acid bacteria against furunculosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // FEMS Immunol. Med. Microbiol. – 2017. – №. 51. – С. 185–193.
20. Sun Y.Z. et al. Effect of *Lactococcus lactis* and *Enterococcus faecium* on growth performance, digestive enzymes and immune response of grouper *Epinephelus coioides* // Aquac. Nutr. – 2012. – №. 18. – С. 281–289.
21. Shevchenko V., Rudoy D., Ivanov Yu., Olshevskaya A.V. [et al.]. The Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus* Von Martens 1868) is a promising aquaculture object for the south of the Russian Federation / // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – P. 05039.
22. Пономарева Е.Н., Григорьев В.А., Гуляева А.Ю., Рудой Д.В. Влияние кормов с пробиотиками на рост, развитие и поведенческие реакции карпа *Cyprinus carpio*, стерляди *Acipenser ruthenus* и бестера *Huso huso* x *Acipenser ruthenus* / [и др.] // Наука Юга России. – 2024. – Т. 20, № 2. – С. 83-90
23. Xia Y. et al. Effects of dietary *Lactobacillus rhamnosus* JCM1136 and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* JCM5805 on the growth, intestinal microbiota, morphology, immune response and disease resistance of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* // Fish & shellfish immunology. –2018. №. 76. – С. 368–379.
24. Ponomareva E.N. et al. Probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* B-1895 Improved Growth of Juvenile Trout // Food science of animal resources. 2024. Т. 44. № 4. С. 805–816.
25. Рудой Д.В. Обзор исследований применения экструдированных кормов для объектов аквакультуры // Инновационные технологии в науке и образовании (Конференция «ИТНО 2023»): сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции, 2023. – С. 264-267.
26. Рудой Д.В., Ольшевская А.В. [и др.]. Влияние пробиотической бактерии *Lactobacillus rhamnosus* L108 на экспрессию генов хозяина (на модели *Caenorhabditis elegans*) // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2022. С. 165-167.

Исследование выполнено в рамках реализации гранта Российского научного фонда "Стратегия молекулярной аквакультуры в разработке новых синбиотических препаратов для улучшения здоровья и качества рыбы" (№ 23-76-30006).

ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ В САНИТАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Воскобойников Г.М.

¹Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Российская Федерация

Аннотация. Проблема загрязнения нефтью и нефтепродуктами прибрежных акваторий и отсутствие технологий профилактической и финишной очистки от данных токсикантов послужила причиной для разработки технологии санитарной водорослевой плантации (СВП), в основу которой заложена симбиотическая ассоциация водорослей-макрофитов и углеводородокисляющих бактерий. СВП способствует очистке прибрежных акваторий от нефтепродуктов как на поверхности, так и в водной толще. Основными видами водорослей, используемыми в этой технологии на Баренцевом море, являются *Fucus vesiculosus* и *Saccharina latissima*, показавшие наибольшую эффективность в переработке нефтяных токсикантов. Санитарная водорослевая плантация успешно применялась в Баренцевом и Белом морях, и может быть использована в других морях с учетом региональных особенностей.

Ключевые слова. Нефтяное загрязнение, водоросли-макрофиты, биоремедиация, биофильтр.

THE ALGAE-MACROPHYTES IN THE SANITARY AQUACULTURE

¹Voskoboinikov G.M.

¹Murmansk Marine Biology Institute RAS, Murmansk, Russian Federation

Annotation. The problem of oil and oil products pollution of the coastal waters and the lack of technologies for preventive and final purification from these toxicants served as the reason for developing the technology of the sanitary algae plantation (the SAP), based on the symbiotic association of algae macrophyte and hydrocarbon-oxidizing bacteria. The SAP helps to clean the coastal waters from oil products both on the surface and in the water column. The main types of algae used in this technology in the Barents Sea are *Fucus vesiculosus* and *Saccharina latissima*, which have shown the greatest efficiency in processing oil toxicants. The Sanitary algae plantation has been successfully used in the Barents and the White Seas, and can be used in other seas, taking into account regional features.

Keywords. Oil pollution, macrophyte algae, bioremediation, biofilter.

Добыча полезных ископаемых на шельфе арктических, дальневосточных и южных морей, транспортировка и перегрузка нефти и нефтепродуктов, строительство на побережье предприятий по переработке углеводородного сырья неизбежно приводят к загрязнению прибрежных акваторий. Если на случай разливов в настоящее время существует три основных метода борьбы с загрязнением водной акватории нефтепродуктами (НП): боновые заграждения, сорбенты и диспергенты, то для «финишной» - окончательной очистки, а также профилактической ежедневной очистки загрязнений технологии отсутствуют. Однако, это загрязнение может создавать концентрации НП, во много раз превышающие предельно допустимую концентрацию (ПДК) для морской воды - 0,05 мг/л. Особенно остро данная проблема стоит в арктических морях, где из-за низких температур воды и полярной ночи процесс природной нейтрализации НП значительно ниже по сравнению с южными регионами.

Проведенные в последние годы исследования выявили, что ряд представителей прибрежной флоры Баренцева моря не только выдерживают концентрации нефти и нефтепродуктов в 20-40 раз превышающие ПДК, но и обладают способностью в значительной степени нейтрализовать эти токсиканты (Санитарная..., 2017). Данный феномен основан на способности представителей различных систематических групп макроводорослей вступать в симбиоз с углеводородокисляющими бактериями (УОБ), обитающими на поверхности водорослей. В результате такого взаимодействия активность УОБ повышается более чем на 20% за счет снабжения их кислородом, образуемым водорослями. Бактерии же преобразуют НП, тем самым способствуя их поглощению водорослями, а в дальнейшем и включению в метаболизм (Бактерии-эпифиты, 2009; Pilatti et al., 2016; Pugovkin et al., 2016; Wrabel, Peckol, 2000).

Впервые сотрудниками ММБИ РАН был выполнен расчет вклада водорослей-макрофитов в очистку прибрежных акваторий от НП на примере Кольского залива. Основой расчета стали результаты

экспериментальных исследований по аккумуляции на поверхности, поглощению и трансформации НП водорослями-доминантами, обитателями Мурманского побережья. Показано, что их общий вклад в биоремедиацию от дизельного топлива в заливе составляет 312 кг в сутки (Voskoboinikov et al., 2021).

Уникальная способность макроводорослей к биоремедиации морской воды от НП стала основой для создания технологии санитарной водорослевой плантации (СВП). Плантация состоит из канатов с водорослями, на поверхности которых находятся УОБ. Горизонтальные (поверхностные) линии плантации задерживают пленку нефтепродуктов и перерабатывают их. Водоросли на вертикальных субстратах очищают более глубокие слои воды. Используя плантацию-биофильтр, мы получаем двойной эффект: верхний горизонт плантации задерживает пленку НП, препятствуя ее дальнейшему распространению, и вместе с тем водоросли с УОБ в верхнем и нижнем горизонте нейтрализуют НП, включая их в метаболизм.

Основными видами водорослей для СВП в прибрежье Баренцева моря являются для поверхностных горизонтальных канатов *Fucus vesiculosus*, а для вертикальных *Saccharina latissima* (= *Laminaria saccharina*). Выбор *F. vesiculosus* был обусловлен не только высокой степенью его устойчивости к нефтяному загрязнению, но и широким диапазоном толерантности практически ко всем факторам внешней среды. *S. latissima* обитает на глубинах до 20 м, обладает большой площадью поверхности, и как показано в экспериментах, одной из первых среди водорослей-макрофитов включается в поглощение и трансформацию нефтяных токсикантов. Вместе с тем, и другие водоросли, обрастатели субстратов плантации – акросифония, ульвовые, десмарестия, фукусы, хорда, пальмария – вносят определенный вклад в биоремедиацию.

Технология СВП была успешно апробирована в г. Оленья в акватории СРЗ «НЕРПА», при ликвидации аварийных разливов на мурманской и беломорской нефтебазах.

Показано, что один гектар плантации-биофильтра за 15 дней может нейтрализовать до 100 кг нефтепродуктов. Разработанная технология может быть использована в других морях с учетом региональных особенностей. В частности, для побережья Черного моря в качестве биологической компоненты можно было бы рекомендовать водоросли рода цистозира.

Список использованных источников

1. Воскобойников Г.М., Ильинский В.В., Лопушанская Е.М., Макаров М.В., Пуговкин Д.В., Рыжик И.В., Ляймер А.В., Йенсен Д.Б. Санитарная водорослевая плантация для очистки прибрежных акваторий от нефтепродуктов: от теории к практике // Вопросы современной альгологии. 2017. № 3 (15). С. 160-186. [Voskoboinikov G.M., Il'inskiy V.V., Lopushanskaya E.M., Makarov M.V., Pugovkin D.V., Ryzhik I.V., Lyaimer A.V., Iensen D.B. Sanitarnaya vodoroslevaya plantatsiya dlya ochistki pribrezhnykh akvatorii ot nefteproduktov: ot teorii k praktike // Voprosy sovremennoi al'gologii. 2017. № 3 (15). p. 160-186]
2. Семенова Е.В., Шлыкова Д.С., Семенов А.М., Иванов М.Н., Шеляков О.В., Нетрусов А.И. Бактерии-эпифиты бурых водорослей в утилизации нефти в экосистемах северных морей // Вестник Московского университета. Серия 16 Биология. 2009. № 3. С. 18-22. [Semenova E.V., Shlykova D. S., Semenov A.M., Ivanov M. N., Shelyakov O. V., Netrusov A. I. Bacteria-epiphytes of brown macro alga in oil utilization in north sea ecosystems // Moscow University biological sciences bulletin. 2009. T. 64. №. 3. P. 107-110].
3. Pilatti F., Ramlov F., Schmidt E., Kreuzsch M., Pereira D., Costa Ch., Oliveira E. de, Bauer Cl., Rocha M., Bouzon Z., Maraschin M. In vitro exposure of *Ulva lactuca* Linnaeus (Chlorophyta) to gasoline e Biochemical and morphological alterations // Chemosphere. 2016. № 156. P. 428-437.
4. Pugovkin D.V., Liaimer A., Jensen J.B. Epiphytic bacterial communities of the alga *Fucus vesiculosus* in oil-contaminated water areas of the Barents Sea // Doklady Biological Science. 2016. V. 471 (1). P. 269-271.
5. Voskoboinikov G.M., Malavenda S.V., Metelkova L.O. The role of algae macrophyte in bioremediation of petroleum products of the Kola Bay of the Barents Sea // Marine Biological Journal. 2021. V. 6. № 3. P. 35-43. DOI 10.21072/mbj.2021.06.3.04
6. Wrabel M.L., Peckol P. Effects of bioremediation on toxicity and chemical composition of no. 2 fuel oil: growth responses of the brown alga *Fucus vesiculosus* // Marine pollution bulletin. 2000. V. 40. №. 2. P. 135-139.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №22-17-00243 «Радиационная океанология и геоэкология прибрежного шельфа Баренцева и Белого морей. Биокосные взаимодействия в системе: донные отложения-вода-макроводоросли-микроорганизмы, их роль в ремедиации морской прибрежной экосистемы при радиационном и химическом загрязнении в условиях Арктики».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИКОРМОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПРОТЕИНА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ УЗВ

¹Арнаутов М.В., ¹Родионова И.Д., ¹Гершунская В.В., ¹Биндюков С.В., ²Новоселова Ю.А.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва, Российская Федерация

² Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»), п. Рыбное, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос об использовании альтернативных источников белка в составе продукционных комбикормов для радужной форели, выращиваемой в условиях УЗВ. Разработаны рецепты кормов с полной и частичной заменой рыбной муки на мясную муку и соевый белковый концентрат и дана оценка их питательной ценности. В результате рыбоводно-биологических испытаний выявлено, что замена до 50 % рыбной муки на соевый белковый концентрат и мясную муку не оказала отрицательного влияния на темпы роста и морфофизиологические показатели радужной форели.

Ключевые слова. Радужная форель, комбикорма, альтернативные источники белка, динамика роста.

USE OF COMPOUND FEEDS WITH VARIOUS PROTEIN SOURCES FOR RAINBOW TROUT REARED IN A RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

¹Arnautov M.V., ¹Rodionova I.D., ¹Gershunskaya V.V., ¹Bindukov S.V., ²Novoselova Yu.A.

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russian Federation

² Freshwater Fisheries Branch of VNIRO ("VNIIPRH"), Rybnoye settl., Russian Federation

Abstract. The paper considers the issue of alternative protein sources inclusion in the composition of compound feeds for rainbow trout reared in a recirculating aquaculture system. Diets with full and partial replacement of fish meal with meat meal and soy protein concentrate have been developed and their nutritional value has been assessed. As a result of fish-breeding and biological tests, it was revealed that the replacement of up to 50% of fish meal with soy protein concentrate and meat meal did not have negative effect on the growth rates and morphophysiological parameters of rainbow trout.

Keywords. Rainbow trout, compound feeds, alternative protein sources, growth rate.

Лососеводство в Российской Федерации становится одной из ведущих форм аквакультуры: в 2023 году объемы выращивания семги и форели составили около 157 тыс. тонн, что больше, чем объемы выращивания карповых рыб. Современное индустриальное рыбоводство основано на выращивании рыб в регулируемых условиях, что требует использования полноценных и эффективных комбикормов. Поскольку основной объект разведения – радужная форель – относится к хищным рыбам, то на протяжении многих десятков лет разработка рецептов была в первую очередь ориентирована на высокий уровень протеина и баланс аминокислот за счет использования кормовой рыбной муки. Ее состав в наибольшей степени соответствует потребностям рыб в незаменимых жирных кислотах, витаминах, фосфолипидах и минеральных веществах. Но, в связи с дефицитом рыбной муки на рынке и ростом цен, сохраняет свою актуальность вопрос об альтернативных источниках полноценного белка в комбикормах для лососевых рыб [3].

В Российской Федерации в качестве одного из перспективных кормовых компонентов выступает мясная мука. Годовые объемы производства мясной и мясокостной муки из отходов птице- и мясопереработки стабильны и превышают 650 тыс. тонн [2]. Такая мясная мука производится по варочной технологии, содержит 60-64% протеина и является хорошим источником витаминов группы В, микроэлементов, кальция и доступного фосфора. Современные технологии позволяют получать продукт высокого качества и замедлять процессы окисления липидов. Ранее уже была показана перспективность использования мясной и мясокостной муки в кормах для осетровых рыб [1, 4]. По

данным последних зарубежных исследований [7] включение мясной муки в комбикорма для семги и форели не оказывает негативного влияния на ростовые показатели.

Большое применение в кормопроизводстве нашел соевый белковый концентрат, включающий 60-70 % сырого протеина и имеющий сбалансированный аминокислотный профиль. Соевые концентраты вырабатывают в процессе спиртовой экстракции, в ходе которой из них удаляются антипитательные факторы и клетчатка. Установлено, что атлантический лосось (*Salmo salar*), в кормах которого 75 % общего белка заменено соевым белковым концентратом, показывает более быстрый рост по сравнению с рационом, основанным на рыбной муке, при этом у рыб не было отмечено риска развития кишечного энтерита [8].

Целью данной работы было оценить влияние соевого концентрата и мясной муки в составе продукционных комбикормов на ростовые показатели радужной форели.

Объектами исследования были комбикорма на основе различных белковых кормовых компонентов, которые использовали для выращивания радужной форели *Oncorhynchus mykiss* породы стальноголовый лосось.

Данные по компонентному составу экспериментальных комбикормов для радужной форели представлены в таблице 1. Для замены рыбной муки использовали мясную муку из продуктов переработки птицы и соевый белковый концентрат в определенных соотношениях. Если в первом рецепте рыбная мука была полностью заменена на указанные компоненты, то в последующих рецептах уровень мясной муки и соевого концентрата снижался, а содержание кормовой рыбной муки увеличивалось. В качестве контроля использовали корм КРФР 4 с максимальным содержанием рыбной муки.

Таблица 1 – Рецепты комбикормов для форели с различными источниками протеина

Шифр комбикорма	Основной компонентный состав	Рыбная мука	
		Содержание в рецепте	Процент замены
КРФР 1	Рыбная мука, мясная мука, соевый белковый концентрат, пшеница, пшеничный глютен, гороховый протеин, гемоглобин, кукурузный глютен, премикс, монокальций фосфат, антиоксидант, рыбий жир	0	100
КРФР 2		7	75
КРФР 3		14	50
КРФР 4 (контроль)		21	25

Комбикорма изготавливали в научно-производственном отделе «ВНИИПРХ» на полупромышленной линии Amandus Kahl (Германия) методом экструдирования с использованием матрицы с отверстиями диаметром 6,0 мм.

Химический состав комбикормов анализировали стандартными методами. Аминокислотный состав определяли при использовании автоматического аминокислотного анализатора Aracus (membraPure, Германия) методом постколоночной дериватизации с нингидрином с фотометрическим детектированием на 440 нм и 570 нм.

Рыбоводно-биологические испытания экспериментальных комбикормов проведены в цехе инкубации и выращивания рыбы Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в условиях установки с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). Радужную форель содержали в проточных круглых бассейнах объемом 2 м³ со средней начальной плотностью посадки 35 кг/м³ (70 штук/бассейн). Расход воды составлял 48 л/мин при полном водообмене 42 минуты.

Гидрохимические параметры среды фиксировали 2 раза в сутки: температуру определяли с помощью водного термометра; значения pH – pH-метром Hanna; содержание растворенного в воде кислорода регистрировали с помощью термооксиметра OxyGuard Handy Polaris; содержание нитритов анализировали с помощью тест систем VladOx laboratory. По результатам измерений температура воды в бассейнах поддерживалась на уровне 15-18 °С; содержание растворенного в воде кислорода – 11,0-13,4 мг/л; pH в пределах 6,5-7,5; уровень нитритов не превышал 0,02 мг/л.

Суточный рацион кормления составлял 1,2-1,4 % и рассчитывался в зависимости от массы тела рыб и температуры воды. Кормление рыб проводили вручную с периодичностью 2 раза в сутки. Продолжительность эксперимента - 55 суток.

Оценку темпа роста проводили на основании результатов контрольных обловов и взвешивания всех рыб перед началом кормления, в середине и в конце эксперимента. Эффективность комбикормов оценивали по следующим рыбоводно-биологическим показателям: абсолютный, относительный, среднесуточный прирост, кормовой коэффициент, выживаемость [6]. Коэффициент упитанности определяли по формуле Фультона. Индекс печени определяли по Шварцу в процентах от массы рыбы.

Характеристика основных белковых компонентов, включенных в рецептуры, приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав основных белковых компонентов комбикормов, %

Наименование компонента	Сырой протеин	Сырой жир	БЭВ	Клетчатка	Сырая зола	Влага
Рыбная мука	71,31±0,33	7,58±0,05	0,39±0,02	–	16,25±0,40	4,53±0,29
Мясная мука	65,65±0,37	11,23±0,61	4,71±0,60	–	14,70±0,30	3,72±0,12
Соевый белковый концентрат	64,69±0,92	0,48±0,23	17,26±0,86	3,99±0,08	6,53±0,04	7,04±0,05

Как следует из представленных данных, все использованные компоненты отличались высоким уровнем сырого протеина с максимальным содержанием белка в рыбной муке (71,31 %). Для мясной муки характерно присутствие значимого уровня жира (11,23 %) и золы (14,70 %). Соевый концентрат содержал не только белок, но и безазотистые экстрактивные вещества (сахара, крахмал) и клетчатку. Результаты исследований были учтены при балансировании рецептов производственных комбикормов.

Биологическую ценность готовых кормов оценивали путём анализа содержания основных питательных веществ и расчёта валовой энергии (таблица 3).

Таблица 3 – Питательная ценность и валовая энергия комбикормов для радужной форели

Шифр комбикорма	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	сырой протеин	сырой жир	БЭВ	клетчатка	сырая зола	влага	
КРФР 1	47,90±0,50	17,31±0,09	22,45±0,30	0,99±0,07	5,74±0,07	4,79±0,23	22,4
КРФР 2	46,55±0,15	18,81±0,25	24,17±0,43	0,88±0,10	5,44±0,14	4,60±0,09	22,7
КРФР 3	47,10±0,21	18,87±0,89	23,29±0,87	0,77±0,02	5,45±0,14	4,53±0,19	22,7
КРФР 4	46,30±0,73	18,94±0,14	22,71±1,01	0,75±0,01	6,59±0,07	4,57±0,26	22,7

Согласно проведенным исследованиям по химическому составу и обеспеченности энергией все экспериментальные корма были близки между собой. Содержание сырого протеина было на уровне 46-48 %, количество жира – от 17 до 19 %, уровень клетчатки был довольно низким – не более 1%, а массовая доля минеральных веществ не превышала 7 %.

Анализ аминокислотного состава образцов кормов показал, что контрольный и экспериментальные корма были близки по количеству незаменимых аминокислот. Комбикорма соответствовали физиологическим потребностям радужной форели данной размерно-массовой группы и отличались высоким содержанием лизина (2,16-2,77 г), метионина (1,28- 1,46 г), лейцина (3,31-3,60 г), аргинина (2,35-2,54 г) и других аминокислот. В комбикорме КРФР 1 с полной заменой рыбной муки и высоким уровнем компонентов животного происхождения отмечены повышенным уровнем глицина, пролина, глутаминовой и аспарагиновой аминокислот.

Данные по изменению средней массы радужной форели при испытании экспериментальных комбикормов с различными источниками протеина представлены на рисунке 1.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что динамика изменения массы форели для всех вариантов кормов была высокой и сопоставимой с известными литературными данными. В середине эксперимента средняя масса рыб была сопоставима за небольшим преимуществом для форели, получавшей корм без рыбной муки и с отставанием по средней массе форели, выращенной на комбикормах с 7 % рыбной муки. В конце эксперимента максимальную среднюю массу (1,9 кг) имела форель на корме КРФР 2 с 14 % рыбной муки в рецепте. Средняя масса форели в контрольном бассейне была ниже – 1,8 кг. До 1,7 кг, выросла рыба на кормах КРФР 1 и КРФР 2 с полной и 75 % заменой рыбной муки.

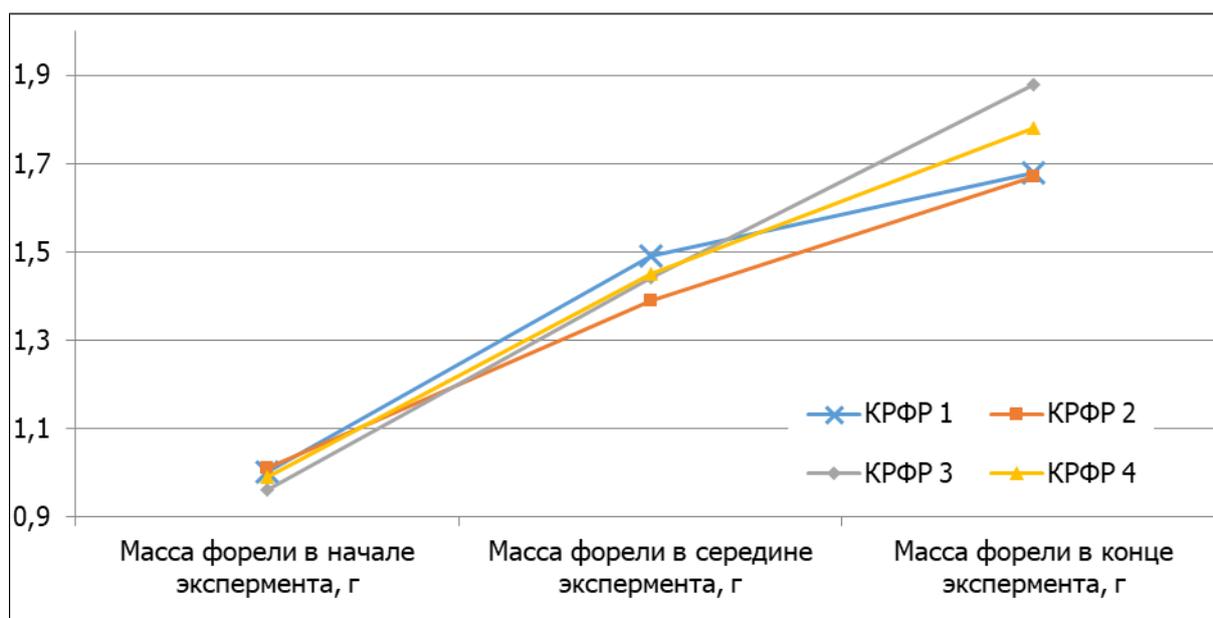


Рисунок 1 – График изменения средней массы радужной форели, кг

Обобщенные результаты рыбоводных испытаний опытных комбикормов на радужной форели представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания форели на опытных комбикормах с различными источниками протеина

Наименование показателя	КРФР 1	КРФР 2	КРФР 3	КРФР 4
Средняя начальная масса, г	995,8±56,2	1004,2±60,7	961,3±87,3	991,7±79,8
Средняя конечная масса, г	1623,2±35,0	1643,9±96,3	1850,0±72,3	1742,1±75,9
Абсолютный прирост, г	627,4	639,7	888,7	750,4
Относительный прирост, %	63,0	63,7	92,4	75,7
Среднесуточный прирост, г/сут	11,41	11,63	16,16	13,64
Коэффициент упитанности, ед.	1,60	1,64	1,91	1,72
Индекс печени, %	1,48	1,50	1,66	1,31
Кормовые затраты, ед.	1,6	1,7	1,2	1,3
Выживаемость, %	96	93	93	100
Продолжительность эксперимента, сут	55	55	55	55

Анализ результатов опыта показал, что замена в рационе лососевых рыб кормовой рыбной муки на мясную и соевый белковый концентрат оказала определенное влияние на комплекс рыбоводно-биологических показателей. Самые низкие темпы роста (абсолютный, относительный и среднесуточный прирост) выявлены у форели из группы КРФР 1, получавшей комбикорма без рыбной муки. Скорость роста рыбы на корме КРФР 2 с 7 % рыбной муки была выше: абсолютный прирост около 640 г, среднесуточный прирост 11,63 г/сут. При этом разница по ростовым показателям между двумя вышеуказанными группами была недостоверной.

Высокая конечная масса и максимальный абсолютный прирост (889 г) получены у форели, выращенной на комбикорме КРФР 3 с заменой до 50 % рыбной муки на соевый белковый концентрат и мясную муку. Показатели относительного и среднесуточного прироста в этой группе рыб были также наибольшими. Форель на контрольном корме, содержавшем 21 % рыбной муки в рецепте, по средней конечной массе (1742,1 г) уступала рыбе из третьей группы. Абсолютный, среднесуточный и относительный прирост у форели в четвертом бассейне были выше, чем в вариантах КРФР 1 и КРФР 2, но ниже, чем данные показатели у рыб третьей группы.

Выживаемость во всех группах рыб была высокой – от 93 % на кормах КРФР 2 и КРФР 3 до 100 % у рыб, питавшихся контрольным кормом. Максимальные затраты корма на единицу прироста массы

(1,7) были на кормах без рыбной муки и с 7 % этого компонента в рецепте. Но контрольном корме этот показатель был на уровне 1,4, а для радужной форели из третьего бассейна на 1 кг прироста биомассы было затрачено 1,2 кг корма.

Значения коэффициента упитанности у форели в первом, втором и контрольном бассейне были близки между собой (1,56-1,72) и соответствовали этому показателю для отечественных пород форели близких размерно-массовых характеристик [5]. Исключением была форель, выращенная на корме с заменой половины рыбной муки на другие источники белка, у которой коэффициент упитанности был достоверно выше и составил 1,91. Это позволяет говорить о превалировании динамики накопления массы над темпами роста при использовании комбикорма КРФР 3.

Несмотря на то, что рыбы из контрольной и опытных групп, отличались по рыбоводным показателям, все четыре группы близки между собой по индексу печени. Для форели из третьего бассейна гепатосоматический индекс находился на уровне 1,66 %, что несколько больше физиологической нормы (1,5 %). Однако, это не оказало негативного влияния на ростовые показатели радужной форели данной группы.

Заключение. Таким образом, результаты исследований показали, что замена до 50 % рыбной муки на мясную муку и соевый белковый концентрат не оказала отрицательного влияния на показатели роста радужной форели. В этой связи можно говорить о том, что данные компоненты могут использоваться в комбикормах для ценных объектов аквакультуры, частично заменяя рыбную муку; что приведет к снижению себестоимости комбикормов и повышению экономической эффективности выращивания.

Список использованных источников

1. Артемов Р., Арнаутов М., Гершунская В., Бурлаченко И., Суховер К., Ежкин М. Эффективность белковых компонентов в комбикормах для молоди осетровых рыб // Комбикорма. – 2020. – № 12. – С. 39-42.
2. В России выросло производство мясокостной муки [Электронный ресурс]. – URL: https://soyanews.info/news/v_rossii_vyroslo_proizvodstvo_myasokostnoy_muki_Feb24.html (дата обращения: 12.04.2024 г.)
3. Волошин Г.А., Акимов Е.Б., Артемов Р.В., Гершунская В.В. Состояние и перспективы развития рынка комбикормов для индустриальной аквакультуры в Российской Федерации // Труды ВНИРО. – 2022. – Т. 190. – С. 163-169. – DOI 10.36038/2307-3497-2022-190-163-169.
4. Калмыков В.Г., Дикусаров В.Г. Использование кормового концентрата «Сарепта» в комбикормах для русского осетра // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2017. – № 2. – С. 21-35.
5. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.). - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 316 с.
6. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Изд. ВНИРО, 2006. – 360 с.
7. Galkanda-Arachchige, H., Wilson, Alan & Davis, Donald. Success of fishmeal replacement through poultry by-product meal in aquaculture feed formulations: a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture* (2019). 12. Doi:10.1111/raq.12401.
8. Refstie S., Storebakken T., Baeverfjord G., Roem A. J. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. *Aquaculture*. 2001, 1 93 (1-2):91-106. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00473-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00473-7).

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Росрыболовства по теме «Разработка научно-обоснованных материалов к рекомендациям по технологическим параметрам и режимам изготовления экструдированных комбикормов на основе перспективных видов сырья для кормления объектов аквакультуры с учетом их видовой, возрастной специфики и технологий выращивания».

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМПОВ РОСТА АКВАКУЛЬТУРНОГО ЧЕШУЙЧАТОГО, ЗЕРКАЛЬНОГО, ГОЛОГО КАРПА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИКОРМОВ

¹Палий Д.С., ^{1,2}Коваленко М.В.

¹Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены данные исследования скорости роста молоди чешуйчатого, зеркального и голого карпа. Проводится анализ рыбоводно-биологических показателей.

Ключевые слова. Темп роста, чешуйчатый карп, зеркальный карп, голый карп.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE GROWTH RATES OF AQUACULTURE SCALY, MIRRORED, NAKED CARP USING VARIOUS COMPOUND FEEDS

¹Paly D.S., ^{1,2}Kovalenko M.V.

¹Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Rostov-on-Don, Russian Federation

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. The article presents data on the growth rate of juvenile scaly, mirror and naked carp. The analysis of fish-breeding and biological indicators is carried out.

Keyword. Growth rate, scaly carp, mirror carp, naked carp.

Аквакультура – вид деятельности по разведению, содержанию и выращиванию рыб, других водных животных, растений и водорослей, осуществляемый под полным или частичным контролем человека с целью получения товарной продукции, пополнения промысловых запасов водных биоресурсов, сохранения их биоразнообразия и рекреации.

Ведущее место в отечественной аквакультуре занимают карповые виды рыб, годовое производство которых составляет более 50% [1].

Карп образует три породы, различающиеся по чешуйчатому покрову: карп чешуйчатый, карп зеркальный и карп голый.

Карп обыкновенный (чешуйчатый) – первая окультуренная разновидность сазана, от которой были получены в результате мутаций или экспериментов по скрещиванию все другие многочисленные формы карповых.

Карп зеркальный – разновидность, появившаяся в Германии в результате мутаций обыкновенного карпа. Зеркальный карп отличается характерным строением и расположением крупных серебристых чешуек, расположенных рядами вдоль спины и боковой линии. Зеркальный карп гораздо разборчивее в пище, чем чешуйчатый – он предпочитает питаться злаками и моллюсками.

Голый, или кожистый, карп имеет характерную особенность – тело рыбы кажется голым и беззащитным из-за отсутствия чешуи. У некоторых голых карпов можно обнаружить отдельные чешуйки возле хвоста, жаберной крышки и спинных плавников [2].

Целью данной работы является оценка темпов роста молоди чешуйчатого, зеркального и голого карпа.

Работы проводили в аквариальном комплексе ЮНЦ РАН. Объектом исследования была молодь чешуйчатого, зеркального и голого карпа, выращиваемая в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ).

Для исследования рыбы были разделены на 2 группы: 1 группа - корм с добавлением пробиотического препарата; 2 группа - корм без добавления пробиотического препарата. Состав комбикорма представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт стартового карпового корма

Компоненты	1 группа, %	2 группа, %
Кукуруза СП 3,2%	5	5
Пшеница СП 12%	15,3	15,3
Соевый шрот СП 46%	10	10
Мука мясная свиная СП 70%	8	8
Мука рыбная СП 67%	27	27
Мука мясокостная куриная СП 58%	8,5	8,5
Глютен кукурузный СП 60%	3	3
Гаприн СП 70%	8	8
Кровяная мука СП 94%	5	5
Поваренная соль (NaCl)	1	1
Ганаминовит	0,05	0,05
Премикс с аминокислотами 1%	2	2
Экспериментальный пробиотик	0,04	-
Термокс FG сухой (антиокислитель)	0,025	0,025
Сель Ист (пребиотик)	0,04	0,04
Мико Карб (сорбент микотоксинов)	0,04	0,04
Лигнобонд	1	1
Соевое/Рапсовое/Подсолнечное (нерафинированное)	3	3
Рыбий жир	3	3

Для постановки эксперимента рыбу одинаковой средней массой рассадили в бассейны 1x1 м с равными условиями водной среды. Длительность эксперимента - 30 суток. Норма кормления – 6 % в сутки от общей массы рыбы.

Для сравнительной характеристики темпа роста молоди карпа проводили взвешивания рыбы. Определяли абсолютный прирост, коэффициент массонакопления и среднесуточную скорость роста (табл. 2).

Карп из первой группы в начале исследований имел среднюю массу 8,4 г, а карп из второй группы - 8,3 г. К концу исследуемого периода средняя масса в первой группе была незначительно больше, чем во второй группе. Это связано с тем, что в комбикорм первой группы рыб был добавлен пробиотический препарат (0,04%). Как известно, кроме профилактических и лечебных целей, пробиотические препараты используются для повышения репродуктивных качеств животных, стимуляции роста и получения дополнительных приростов живой массы [3].

Таблица 2 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания карпа

Показатель	1 группа			2 группа		
	Чешуйчатый	Зеркальный	Голый	Чешуйчатый	Зеркальный	Голый
Начальная масса средняя, г	8,4±0,33	8,4±0,33	8,4±0,33	8,3±0,3	8,3±0,3	8,3±0,3
Конечная масса средняя, г	14,4±0,7	11,3±0,9	10,05±0,8	14,2±0,8	10,5±0,7	10,14±0,7
Абсолютный прирост, г	6	2,9	1,65	5,9	2,2	1,84
Среднесуточный прирост, г/сут	0,2	0,1	0,06	0,2	0,07	0,06
Среднесуточная скорость роста, %	1,8	0,98	0,59	1,79	0,78	0,66
Коэффициент массонакопления, ед.	0,039	0,021	0,012	0,039	0,016	0,014
Коэффициент упитанности по Фультону (начальный), ед.	1,84	1,84	1,84	1,81	1,81	1,81
Коэффициент упитанности по	1,88	1,84	1,64	1,88	1,88	1,5

Фультону (конечный), ед.						
Продолжительность выращивания, сут.	30			30		

Чешуйчатый карп – рекордсмен по темпам роста среди всех карповых, темп роста голых карпов по сравнению с чешуйчатым и зеркальным видами заметно ниже, что определяется меньшим количеством кровяных клеток [2]. Среднесуточная скорость роста молоди карпа представлена на рисунке 1. У чешуйчатого карпа в первой группе исследований скорость роста на 0,82% больше, чем у зеркального карпа и на 1,21% чем у голого карпа. Во второй группе замечена такая же динамика роста, среднесуточная скорость роста у чешуйчатого карпа равна 1,79%, у зеркального карпа – 0,78%, у голого – 0,66%.

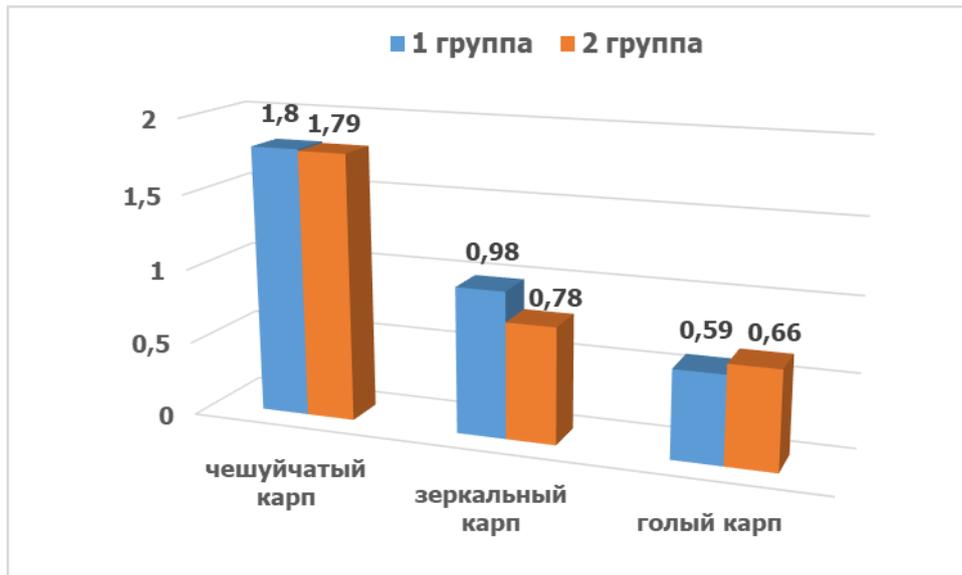


Рисунок 1 – Среднесуточная скорость роста чешуйчатого, зеркального, голого карпа

У чешуйчатого карпа в первой и во второй группе коэффициент массонакопления одинаков и составил 0,039 ед (рис. 2). У зеркального карпа в первой группе – 0,021 ед, что на 0,005 ед больше, чем во второй группе (0,016 ед). У голого карпа наоборот во второй группе коэффициент массонакопления больше, чем в первой группе на 0,002 ед.

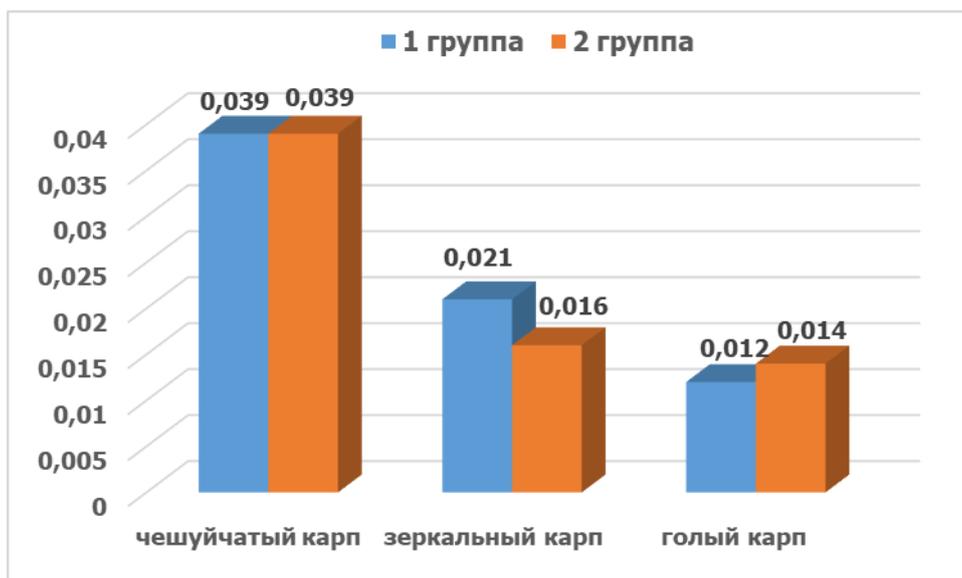


Рисунок 2 – Коэффициент массонакопления чешуйчатого, зеркального, голого карпа

Заключение. На основе результатов исследования темпов роста молоди аквакультурного карпа было установлено, что при использовании пробиотического препарата рыба растет быстрее. Прирост в весе у чешуйчатого карпа значительно отличается в большую сторону, чем у зеркального карпа в обоих группах исследования, а у голого карпа прирост в весе происходит еще медленнее.

Список использованных источников

1. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.
2. Комлацкий В. И. Рыбоводство: учебник для СПО /В. И. Комлацкий, Г. В. Комлацкий, В. А. Величко. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 200 с.
3. Келенкова Е.С. Пробиотики в животноводстве // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. - Кн. 1. – С. 147-148.

Работы выполнены в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. 122020100328-1 с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

¹Костин В.Е., ¹Паршев С.С., ¹Медведева Л.Н., ¹Соколова Н.А.

¹ФГБУ ВО Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены материалы, раскрывающие вопросы управления прудовым предпринимательством на основе применения информационных и природосберегающих технологий. С помощью экономико-математической модели проведен расчет предпринимательского потенциала региона по развитию товарного рыбоводства. Предложены к использованию программы для ЭВМ, направленные на поддержание сбалансированного состояния экосистемы рыбоводных прудов, проведение альголизации на основе мониторинговых данных. С учетом возрастающей хозяйственной деятельности человека на природные водоемы предложены математические формулы, позволяющие рассчитать придельные нагрузки на используемые ресурсы.

Ключевые слова. Управление процессом, информационные технологии, аквакультура, мониторинг, прудовые хозяйства, альголизация.

MANAGING THE PROCESS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FISH PONDS

¹Kostin V.E., ¹Parshev S.S., ¹Medvedeva L.N., ¹Sokolova N.A.

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article presents materials that reveal the issues of pond entrepreneurship management based on the use of information and nature-saving technologies. Using an economic and mathematical model, the entrepreneurial potential of the region for the development of commercial fish farming was calculated. Computer programs aimed at maintaining a balanced state of the fish pond ecosystem and conducting algolization based on monitoring data are proposed for use. Taking into account the increasing human economic activity on natural water bodies, mathematical formulas are proposed that allow calculating the maximum loads on the resources used.

Keywords. Process management, information technology, aquaculture, monitoring, pond farms, algolization.

Введение. По одному из прогнозов к 2050 году население Земли должно достичь 9 млрд. человек, что обосновывает необходимость поиска новых ресурсов для производства продуктов питания [4,5]. Нейросети предлагают помощь в создании персонализированных программ питания с включением продуктов аквакультуры на основе оценки данных о здоровье пациента, образа жизни и личных пристрастиях. По прогнозам ФАО к 2030 году производство продукции аквакультуры может достичь 103 млн тонн при вылове рыбы в открытых водоемах в размере - 97 млн тонн [5]. Наиболее интенсивно использование продуктов аквакультуры наблюдается в странах Юго-Восточной Азии и Евросоюза. Так в ЕС, в рамках «Зеленого курса», ведется работа по увеличению продукции аквакультуры на основе снижения воздействия на окружающую среду, сокращения производственных потерь [14]. Принятая Правительством РФ (№2567 от 08.09.2022) «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года», ориентирует рыбную отрасль на увеличение объемов аквакультурной продукции до 620 тыс. тонн [12]. Трудности на пути развития аквакультуры создаются при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, усиливающегося загрязнения водоемов, производстве кормов и медицинских препаратов, а также при сложившейся ментальности населения. Южные регионы России, расположенные в 5 и 6 рыбоводных зонах, являются весьма перспективными для интенсификации товарного прудового рыбоводства. Благоприятный температурно-гидрохимический режим при правильном использовании технологий позволяет рыбоводам Краснодарского край, Ростовской, Волгоградской и Астраханской области получать весьма высокий прирост рыбы [2-4,16]. Отправной точкой в формировании эффективной системы управления прудовым рыбоводством является оценка имеющихся ресурсов и проведение

кластерной аквакультурной политики на региональном уровне. Целью исследования является формирование основных подходов к управлению товарным производством аквакультуры на в хозяйствах и региональном уровне.

Материалы и методы. В ходе исследования применялись описательные и аналитические методы, в их числе: инструментарий моделирования прогнозных значений и построения мониторинговых баз. Рассматриваемая структура аквакультуры представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура аквакультурного комплекса страны

Процесс управления аквакультурой на региональном уровне представлен циклом принимаемых решений и поддерживающих действий [2]. Для расчета оптимизационной модели прудового бизнеса использовались формулы:

по целевой функции:

$$F_{max} = \sum_{i=I_0} \sum_{j=J_0} c_{ij} z_{ij} x_j$$

F_{max} - целевая функция, состоящая в максимизации дохода от реализации дополнительной продукции;

i - номер ресурсов, видов продукции;
 j - номер отрасли;

c_{ij} - выход продукции вида i с единицы отрасли j ;

z_{ij} - стоимость продукта i отрасли j .

x_j - размер отрасли j ;

I_0 - множество видов труда и

по использованию водных объектов (прудов):

$$\sum_{j=h} a_{kj} x_j \leq A_k, k \in K_0, J_1 \in J_0$$

a_{kj} - расход прудового вида k на единицу отрасли j ;

A_k - наличие прудов k ;

k - номер пруда;

K_0 - множество видов прудов;

J_1 - множество направлений производства

по потребности в продукции аквакультуры:

$$\sum_{j=J_2} c_y x_j \geq C_1, i \in I_2, J_2 \in J_0$$

C_i - потребности семьи в продукте i ;

I_2 - множество видов продукции;

J_2 - множество направлений аквакультуры

по использованию труда:

$$\sum_{j=J_0} \sum_{k=H_0} b_{yk} x_j \geq \sum_{k=H_0} B_{ih} + \sum_{k=H_0} x_{jk}$$

b_{ijk} - затраты труда вида i на единицу аквакультуры j в сезон (месяц) года h ;

B_{ih} - запас труда вида i в период h ;

x_{ih} - кол-во привлеченного труда в сезон (месяц) h ;

h - номер сезона (месяца) года;

$$i = 1$$

По обеспеченности кормами:

$$\sum_{i=1}^n t_{ni} d_{ij} \geq P_{nj}$$

t_{ni} - содержание n элемента питания в i виде корма;
 P_{nj} - потребность в n элементе питания животных i вида

Управленческая деятельность по поддержанию биопродуктивности рыбоводных прудов, сокращению производственного цикла от посадочного материала до получения товарной продукции, производству кормов исследовалась на примере рыбоводных прудов ИП КФХ Лозина Я.В. (Волгоградская область). Полученные результаты сравнивались с оптимальными значениями, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные значения экосистемы рыбоводных прудов для проведения сравнительных значений

<i>Показатели</i>	<i>Карповые хозяйства</i>
Возвещённые вещества, мг/л	До 25
Водородный показатель, рН	6,5–8,5
<i>Кислород, мг/л</i>	<i>Не менее 5</i>
Диоксид углерода, мг/л	До 25
Сероводород, мг/л	Нет
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 15
Азот аммонийный, мг NH ⁺ /л	До 1,5
Нитриты, мг NO ⁻ /л	До 0,05
Нитраты, мг КОУл	До 2
Железо общее, мг/л	До 2
Жесткость общая, мг • экв/л	2 - 6

Результаты и обсуждение. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. предполагает увеличение объемов производства товарной продукции до 628 тыс. тонн. Так в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах объем производства рыбоводной продукции должен быть доведен до 200 тыс. тонн (при ежегодном увеличении до 10%) [13,14]. Использование информационных технологий, формирование нормативно-правовой базы государственной поддержки отрасли (от субсидирования приобретения кормов, оборудования и до формирования прозрачной схемы выделения рыбоводных участков) позволяет повысить эффективность имеющихся ресурсов. Для прудовых хозяйств автоматизация процесса управления должна сосредотачиваться нескольких направлениях: *организационно-правовом*, связанным с разработкой бизнес-планов, обеспечением профессиональной подготовки; *организационно – закупочном направленным* на заключение взаимовыгодных договоров на приобретение оборудования, программ для ЭВМ, мальков и маточного стада, кормов, основных фондов; *организационно-инновационном* обеспечивающим внедрение современных технологий кормления, оздоровления водоемов с помощью технологии альголизации; *организационно-коммерческом* с нацеленностью на большой охват рынков [7-10]. В связи с изменением климата все труднее становится выдерживать экономические показатели затрат по выращиванию рыбы, приходится держать под контролем большое количество внешних факторов, вести мониторинг за состоянием воды (температура, насыщение кислородом, содержание озона и микроэлементов) и зоопланктона (видовой состав, соотношение между полезными и вредными организмами, инфекции). Управление экосистемой рыбоводных прудов достигается за счет установления взаимовыгодных отношений между основными гидробионтами, качеством природной воды, морфометрическими показателями чаши водоема. На рисунке 2 представлена схема управления бизнесом на уровне хозяйствующего субъекта.

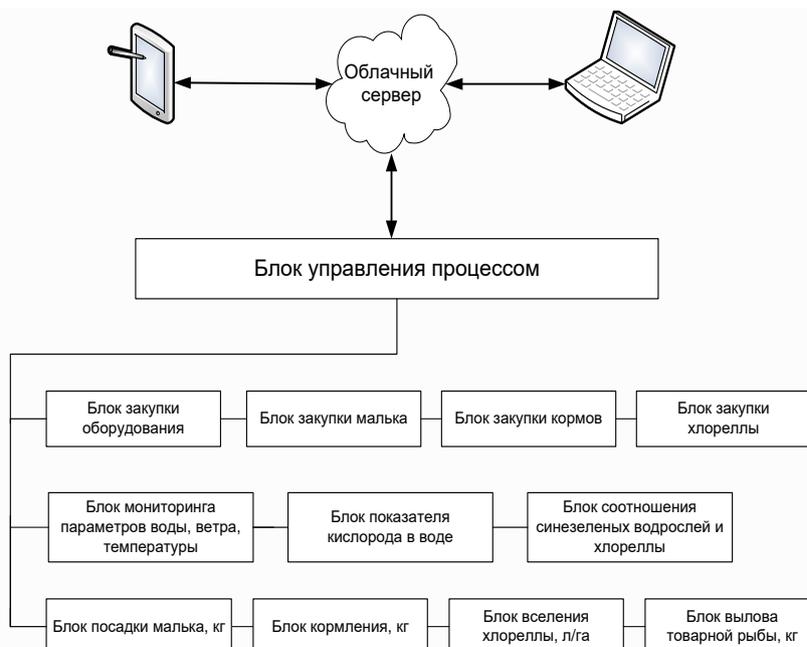


Рисунок 2 – Схема автоматизированной системы управления процессами в прудовом хозяйстве [1,2,7]

Автоматизация прудового бизнеса позволяет повысить эффективность многих процессов, в числе которых: автоматическое кормление рыб, удаленный мониторинг за качеством воды, работой насосных агрегатов, водоочистного оборудования. Объединяя в единую автоматическую систему: контроль за качеством воды (кислород, температура, растворенный озон, кислотность, соленость и мутность), водоподготовку, кормление, освещение, специализированное программное обеспечение для настройки и мониторинга всех процессов жизнеобеспечения, созданный в хозяйствах облачный сервис не только обрабатывает получаемую информацию, но обеспечивает принятие решений с учетом рисков [16]. Использование природосберегающих технологий позволяет решать экологические вопросы: снятие эффекта «цветения воды», вызванного сине-зелеными водорослями. Разработанные в НИИ ВНИИОЗ и ВПИ (филиал) ВолгГТУ технологии позволили ИП КФХ Лозина Я.В. в 2022 году получить прирост карпа от 1110 до 1620 грамм, веслоноса – 2720 грамм, белого амура от 1729 и 1750 грамм. Поддержание экосистемы прудов в надлежащем состоянии достигалось за счет вселения *Chlorella Vulgaris*, а расчеты объемов вселения проводились с помощью, разработанных программ для ЭВМ (рисунок 3) [11,18,19].



Рисунок 3 – Программы для ЭВМ, используемые для расчёта альголизации прудовых водоемов [8]

Экономико-математическое моделирование позволило рассчитать предпринимательский потенциал региона по развитию аквакультуры:

$P_{\text{предпринимательский}} = \rho_{\text{личностный}} + \rho_{\text{ресурсно-технический}} + \rho_{\text{инвестиционный}} + \rho_{\text{инновационный}}$

Где,

$$\rho_{\text{личностный}} = W \frac{L_x}{n}$$

где W – коэффициент весомости на основе экспертных оценок;
 L_x – элементы, формирующие личностный предпринимательский потенциал;
 n – количество элементов.

$$\rho_{\text{ресурсно-технический}} = W \frac{M_x}{n},$$

где W – коэффициент весомости на основе экспертных оценок;
 M_x – элементы, формирующие материально-технический потенциал аквакультуры;
 n – количество элементов.

$$\rho_{\text{инвестиционный}} = W \frac{I_x}{n},$$

где W – коэффициент весомости на основе экспертных оценок;
 I_x – элементы, формирующие инвестиционный предпринимательский потенциал аквакультуры;
 n – количество элементов.

$$\rho_{\text{инновационный}} = W \frac{In_x}{n},$$

где W – коэффициент весомости на основе экспертных оценок;
 In_x – элементы, формирующие инновационный предпринимательский потенциал аквакультуры;
 n – количество элементов.

Мотивационный компонент предпринимателя рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\text{мотивационный}} = \sum W_i \frac{(L_x + M_x + I_x + In_x)}{n_i},$$

где W – коэффициент весомости на основе экспертных оценок;
 n_i – количество компонентов внутренних мотивов и стимулов.

На основе экспертных оценок и проведенных расчетов, объем емкости предпринимательского потенциала аквакультуры Волгоградской области составил – 16,9%, что свидетельствует о значительных неиспользуемых возможностях.

Заключение. Методологический подход в совершенствовании процесса управления аквакультурой, связан в первую очередь, с применением информационных и природосберегающих технологий, механизма государственно-частного партнерства. Проводимая государственная политика в области аквакультуры должна нацеливаться на обновление приборной базы, приобретение мальков и маточного стада, полноценных кормов. Используемые информационные технологии быстро меняют привычные бизнес-процессы, трансформируя и преобразуя традиционные производства, что позволяет рыбоводным хозяйствам улучшать процесс управления, принимать взвешанные решения с учетом климатических рисков. Предписывающая аналитика (predictive / prescriptive analytics) позволяет обеспечить управление прудовым бизнесом с учетом территориальных и климатических особенностей, а также санкционного давления. Практическая значимость исследования направлена на поддержание эффективной работы рыбоводческих хозяйств на основе внедрения информационных и природосберегающих технологий.

Список использованных источников

1. Автоматизированная система управления многофункциональными устройствами докорма и защиты рыбы в прудовых хозяйствах [Электронный ресурс] // В.Е. Костин, А.В. Савчиц, А.С. Корнеев, В.А. Ким // 17-я научно-практическая конференция ППС ВПИ (филиал) ВолгГТУ, Волгоград. 2018. С. 48-50.
2. Гурина И.В., Медведева Л.Н., Рогачев А.Ф., Медведев А.В. Конвергентная платформа smart agriculture и применение цифровых информационных технологий в агробизнесе // Учет и статистика. 2019. №3. С. 74-84
3. Козенко З.Н., Медведева Л.Н., Юдаев И.Г. Управление предпринимательством на региональном и муниципальном уровне: теория, опыт, тенденции // Научные труды Вольного экономического общества России. 2010. 207с.
4. Макоедов А.Н. Итоги реализации концепции развития рыбного хозяйства Российской Федерации до 2020 года // Известия ТИНРО, 2022. Т. 202. С. 719 -736.

5. Макоедов А.Н., Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н. Мировые тенденции пользования водными биоресурсами // Вестник РАН, 2023. Т. 93, № 2. С. 179 -190.
6. Макоедов А.Н., Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Бердников С.В. Аквакультура на юге России // Известия ТИНРО, 2023. Т. 203, вып. 2. С. 413 - 426.
7. Медведева Л.Н. Концептуальная модель мониторинга прудовых водоемов с картированием и выделением зон биоремедиации // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция "Аквакультура 2022"). Ростов – на – Дону, 2022. С. 81-87.
8. Медведев А.В., Торопов А.Ю. Применение умных и природосберегающих технологий в сельском хозяйстве (на примере прудового бизнеса) // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 12-17.
9. Мелихов В.В., Сизов Ю.И., Медведева Л.Н., Плотников А.С., Федоров А.Л. Развитие прудового предпринимательства на конвергентной природосберегающей платформе // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция "АКВАКУЛЬТУРА 2021"). Редколлегия: И.М. Донник [и др.]. Ростов-на-Дону, 2021. С. 45-49.
10. Меркушева М.В. Аквакультура как драйвер устойчивого интеграционного развития рыбной отрасли // Морские технологии: проблемы и решения. Керчь, 2024. С. 277-281.
11. Московец М.В., Фролова М.В., Торопов А.Ю. Особенности влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР N C-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве // Орошаемое земледелие, 2019. № 3. С.46-49.
12. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года // М.: ФГБНУ «Роинформротех», 2019. 68 с.
13. Тронина М.В., Давлетов И.И., Имайкин Д.Т., Криницын И.В. Необходимость решения проблемы насыщения регионального рынка рыбной продукцией и продукцией аквакультуры // Теория и практика мировой науки. 2023. № 5. С. 30-34.
14. Труба А.С., Труба М.А. Организационно-экономический механизм развития высокоинтенсивной аквакультуры в условиях санкционного давления // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 10 (92). С. 92-98.
15. Тюрин В.Г. Оценка воздействия прудовой аквакультуры на водные ресурсы // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (13). С. 83-89.
16. Шокашева Д.И. Перспективы развития малых форм аквакультуры в южных регионах России // Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры. 2019. С. 441 - 443.
17. Яковлева Е.А., Морковина С.С., Ванятинский Ф.В. Роль малого предпринимательства в системе регионального развития аквакультуры // Регион: системы, экономика, управление. 2022. № 4 (19). С. 47-51.
18. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate / L.A. Voyevodina, T.S. Koshkarova, L.N. Medvedeva, A.A. Novikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II, 2020. С. 012013.
19. Roiss O., Medvedeva L.N. New Horizons for the Application of Microalgae in the National Economy // ICT Systems and Sustainability Proceedings of ICT4SD, 2020. V 1. PP. 733-740.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОРМЛЕНИЯ

¹Божко В.А., ¹Кузьменко П.Г., ¹Коханов Ю.Б.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к автоматизации кормления осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Приведены данные о значении автоматизации для повышения рентабельности и эффективности производства. Анализируются ключевые аспекты, такие как циркадные ритмы, контроль параметров среды и интеграция современных программных решений.

Ключевые слова. Осетровые рыбы, автоматизация, УЗВ, кормление, аквакультура, продуктивность, циркадные ритмы.

AUTOMATION OF THE FEEDING PROCESS

¹Bozhko V.A., ¹Kuzmenko P.G., ¹Kokhanov Yu.B.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. The article discusses modern approaches to automating the feeding of sturgeon fish in closed-loop water supply installations. The data on the importance of automation for increasing profitability and production efficiency are presented. Key aspects such as circadian rhythms, control of environmental parameters and integration of modern software solutions are analyzed.

Keywords. Sturgeon, automation, ultrasound, feeding, aquaculture, productivity, circadian rhythms.

Современная аквакультура требует высокотехнологичных подходов к управлению процессами, обеспечивающими устойчивое развитие отрасли. Одним из ключевых направлений является автоматизация кормления гидробионтов, особенно в условиях УЗВ, где качество воды и равномерность распределения корма играют решающую роль. В данной статье исследуется опыт автоматизации кормления осетровых рыб на примере российского хозяйства, анализируются преимущества внедрения автоматических систем и приводятся рекомендации по их использованию.

Объем аквакультуры в Российской Федерации ежегодно увеличивается. По данным Росрыболовства, общее производство аквакультурной продукции превышает 300 тысяч тонн в год, из которых значительная доля приходится на осетровых рыб. При этом ежегодная потребность в кормах для аквакультуры превышает 600 тысяч тонн, включая стартовые, переходные и производственные корма.

Основными объектами аквакультуры, выращиваемыми в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) в России, являются виды с высокой рыночной ценностью и адаптивностью к интенсивному содержанию. Среди них можно выделить радужную форель, осетровых рыб, африканского клариевого сома, тилапию и полосатого басса. Средние затраты корма на производство 1 тонны товарной рыбы составляют: для осетровых рыб (*Acipenseridae*) – 1,8–2,5 тонны, для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) – 1,1–1,4 тонны, для тилапии (*Tilapia spp.*) – 1,2–1,5 тонны, для африканского сома (*Clarias gariepinus*) – 1,0–1,4 тонны, для полосатого басса (*Morone saxatilis*) – 1,2–1,6 тонны.

На предприятии ООО «Ростовская живорыбная база», функционирующем на основе УЗВ, используются два бассейна площадью 14 м² каждый, с объемом воды 13 м³. В каждом бассейне содержится 350 кг гибрида ЛенКа (*Acipenser baerii* × *Huso dauricus*) со средним весом около 1000 г. Кормление осуществляется вручную 4 раза в сутки – в 7:00, 11:00, 15:00 и 21:00 – производственным кормом Dibaq, фракцией 6 мм. Помимо этого, в хозяйстве используется бассейн площадью 12 м² с объемом воды 10 м³, в котором содержится 150 кг мальков гибрида ЛенКа со средним весом около 50 г. Кормление мальков проводится вручную 8 раз в сутки, каждые 2 часа с 7:00 до 21:00, стартовым кормом Dibaq, фракцией 2 мм.

Таблица 1 – Норма кормления рыб на производственной площадке

№№	Стадия развития	Вид корма	Фракция	Периодичность кормления/сут.	Общая масса/сут.
1	Малек (50 г)	Стартовый корм Dibaq	2 мм	8	6000 г
2	Подросшая рыба (1000 г)	Производственный корм Dibaq	6 мм	4	14 000 г
ИТОГО:					20 000 г

Ручное кормление в данных условиях является неэффективным из-за значительных затрат времени и труда, особенно при частоте кормлений до 8 раз в сутки. Ручной подход может приводить к избыточному или недостаточному внесению корма, что отрицательно сказывается на здоровье рыбы и качестве воды. Отсутствие точного контроля за поедаемостью корма также увеличивает риски перерасхода ресурсов и ухудшения параметров среды. Кроме того, вмешательство человека может вызывать стресс у рыб, снижая их продуктивность.



Рисунок 1 - Гибрида ЛенКа (*Acipenser baerii* × *Huso dauricus*) средним весом около 1000 г.

В отличие от традиционных автоматических кормушек, которые подают корм через фиксированные промежутки времени в определённом количестве, устройства «по требованию» способны реагировать на изменения в поведении рыб.

Однако использование таких кормушек сопряжено с рядом проблем. Доминантные особи могут препятствовать доступу других рыб к корму. Кроме того, применение таких устройств ограничено видами рыб, которые можно приучить к их использованию. Задача заключается в разработке надёжных и эффективных систем кормления, способных учитывать меняющиеся потребности рыб в корме.

Современные системы кормления, такие как адаптивные, умные и сообразительные, используют передовые сенсорные и вычислительные технологии и обладают более глубоким пониманием механизмов питания и поведения рыб.

Как и в случае с более ранними системами, основными переменными, которые можно контролировать, являются режим кормления и количество подаваемого корма. Скорость подачи корма и его распространения обычно определяется техническими характеристиками системы кормления, хотя операторы также могут влиять на эти параметры.

Основное улучшение систем заключается в добавлении дополнительных датчиков, которые позволяют определить пищевую активность рыб напрямую или косвенно, отслеживая недоеденные частицы корма за пределами зоны кормления.

В процессе традиционного ручного кормления ключевую роль играют режим кормления и опыт ответственного лица в определении необходимого количества корма.

С увеличением размера и глубины аквариумов, в частности садков, становится всё сложнее визуально контролировать популяцию рыбы.

Существуют два относительно простых способа получения информации о потреблении корма: использование эрлифтного насоса и резервной видеокамеры.

Подача корма может осуществляться с помощью дозатора или другого устройства подачи до тех пор, пока операторы не убедятся, что эрлифтный насос подаёт достаточное количество гранул. Затем дозатор корма выключается, и операторы переходят к следующему резервуару.

Более совершенные системы подачи могут быть оснащены счётчиком гранул, который автоматически отключает дозатор корма, и устройством для повторной подачи оставшихся гранул.

В настоящее время на некоторых фермах регулярно используются погружные видеокамеры, которые позволяют наблюдать за рыбой во время кормления. Однако это всего лишь вспомогательный инструмент для оператора, управляющего раздатчиком корма (чаще всего кормовой пушкой), хотя будущие разработки могут привести к тому, что видеокамера станет частью автоматизированной системы.

По мере увеличения масштабов аквакультурных предприятий и роста производственных потребностей, системы кормления становятся всё более мощными и совершенными. Раздаточные устройства, обслуживающие один резервуар или садок, становятся нерентабельными, и последние достижения направлены на создание централизованных систем для больших резервуаров и садков и роботизированных раздаточных устройств для небольших резервуаров.

Централизованные пневматические системы существуют на рынке уже несколько лет. Сырьё хранится в одном или нескольких центральных бункерах, из которых оно поступает в дозирующее устройство, которое, в свою очередь, подаёт его в инжектор, главную транспортирующую трубу, и вместе с воздухом из воздуходувки, через распределительный клапан и отдельные трубки, в резервуар, пруд или клетку.

При использовании этой технологии значительно сокращается численность обслуживающего персонала (традиционно трудоёмкая операция), однако первоначальные инвестиционные затраты высоки, поэтому она может не подойти для ферм, занимающих большую площадь или расположенных в открытом море.

На морских фермах можно найти системы, основанные на платформе с большими плавучими бункерами. Эти системы полностью управляются компьютером, и их эффективность особенно повышается, когда они используются в сочетании с системами, оснащёнными регулятором контура обратной связи. Производителями являются такие компании, как AKVASmartETI (Environmental Technologies Inc.), Feeding Systems AS, ARE и Sinergia.

Автоматизация кормления решает эти проблемы, обеспечивая равномерное распределение корма, точное дозирование и снижение трудозатрат. Использование программного обеспечения для управления кормлением позволяет оптимизировать режимы подачи корма, учитывая параметры воды, поведение и физиологическое состояние рыбы. Это особенно важно на ранних стадиях развития, когда частота кормлений достигает 12 раз в сутки, а регулярность и точность внесения корма являются ключевыми факторами роста.

Для того чтобы в автоматических устройствах для раздачи корма была реализована функция обратной связи, необходимо большое количество количественных данных, которые можно проанализировать и использовать в качестве ключевого параметра в программе управления кормлением. Один из наиболее распространённых подходов – использование встроенного датчика для обнаружения остатков корма, которые выходят из зоны кормления. Благодаря информации, получаемой от этих датчиков, а также данным о количестве заданного корма и расписании кормлений, компьютерные программы могут непрерывно оптимизировать количество и время подачи корма.

Примером такой системы является адаптивная система кормления AKVASmart AQ1, в которой используются инфракрасные датчики, регистрирующие поток остатков корма, когда они пересекают границы собирающей воронки, расположенной под зоной кормления. Когда количество остатков корма достигает определённого уровня, подача корма может быть прекращена, поскольку считается, что рыба насытилась. Поскольку корм подаётся в достаточном количестве, чтобы рыба насытилась, а потери ограничиваются, использование этой системы, как показали исследования, проведённые в Норвегии, способствует улучшению показателя кормового коэффициента на 17% по сравнению со средними показателями в отрасли. Поскольку программа регистрирует все события, анализ информации о заданном корме позволяет создать детальную картину пищевого поведения рыбы, что позволяет более точно регулировать производство, например, гарантируя наличие достаточного количества корма в устройствах для раздачи корма в случае повышенного спроса.

Другой подход предполагает использование гидроакустических датчиков. Обычно их подвешивают под садком, лицевой стороной к поверхности воды, чтобы создать звуковое изображение содержимого садка.

Подобную систему также производит компания Feeding Systems A.S.; в этом случае усовершенствованный гидроакустический датчик может определять местонахождение и плотность рыбы в садке. Появление рыбы под донной сетью садка указывает на избыток корма, который

привлекает дикую рыбу, и в этом случае анализ сигналов, подаваемых компьютерной программой, может стать основой для автоматического управления устройствами для раздачи корма. Также существует потенциальная возможность автоматического включения системы сигнализации или устройства для отпугивания хищников.

Уже давно известно устройство компании Simrad, которое определяет биомассу в садке и рассчитывает распределение рыбы по садку и размеры. Быстрое изменение расчётной биомассы воспринимается программой как индикатор проблемы, например, если в садке образовалась дыра, через которую уходит рыба.

Соотношение затрат и результатов для таких систем тесно связано с размерами садков: инвестиции проще оправдать хозяйствам, использующим большие садки.

Современные автоматические кормушки и программное обеспечение предоставляют возможности для планирования и контроля кормления, расчета порций и интеграции с датчиками для мониторинга состояния среды. Эти технологии способствуют повышению продуктивности хозяйств, снижению затрат и минимизации воздействия на окружающую среду. Внедряется прогнозирование выдачи и усвоения корма с учетом циркадных ритмов рыб при составлении графиков кормления и необходимость интеграции автоматических систем для повышения рентабельности, и устойчивости производства.

Заключение. Автоматизация кормления осетровых рыб в УЗВ является необходимым условием повышения рентабельности и устойчивости аквакультурных хозяйств. Продолжение исследований в этой области и внедрение передовой инновационной технологии на основе искусственного интеллекта будет способствовать дальнейшему совершенствованию технологии товарного выращивания гидробионтов в искусственно формируемой среде.

Список использованных источников

1. Абросимова Н.А., Абросимова К.С., Абросимова Е.Б., Коханов Ю.Б. Источники непроизводительных затрат стартовых комбикормов при выращивании осетровых рыб // Актуальные проблемы науки и техники. Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2020. с. 340–341. – EDN JWSHYJ.

2. Коханов Ю.Б., Лукьянов А.Д., Абросимова Н.А. Разработка установки исследования кормления гидробионтов // Актуальные проблемы науки и техники. Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.15532.74883. – EDN MZSXJL.

3. Росрыболовство. Государственная программа развития аквакультуры в Российской Федерации на 2022–2030 гг. URL: <http://fishery.gov.ru> (дата обращения: 10.11.2024 г.).

4. Innovasea. Feeding solutions in RAS. URL: <https://www.innovasea.com> (дата обращения: 12.11.2024 г.).

СПОСОБЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ

¹Рылова Н.Е.

¹Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань»,
г. Астрахань, Российская Федерация

Аннотация. В статье проанализированы различные методы допущенные для целей государственного санитарно-эпидемиологического контроля. Отмечены методы, соответствующие критериям качества воды для аквакультуры.

Ключевые слова. Биотестирование, тест-объекты, токсические вещества, аквакультура, токсичность.

METHODS OF BIOTESTING WATER AND ITS USE PERSPECTIVE IN AQUACULTURE

¹Rylova N.E.

¹Engineering and Technical Center LLC "Gazprom Extraction Astrakhan", Astrakhan, Russian Federation

Abstract. This article analyzes various methods approved for the purposes of state sanitary-epidemiological control. The methods corresponding to the water quality criteria for aquaculture are noted.

Keywords. Biotesting, test objects, toxic substances, aquaculture, toxicity.

Введение. В последние годы в нашей стране отмечен интенсивный рост аквакультуры, происходит развитие разных направлений рыбоводства как традиционное прудовое, так и современное индустриальное. Производство аквакультуры в РФ в 2023 году выросло на 4,8% до 402 тыс. т. В России планируется почти вдвое нарастить производство аквакультурной продукции [1,2]. В связи с этим важным становится усиление требований к качеству рыбохозяйственных водоемов и различных систем для выращивания объектов аквакультуры.

Методы биотестирования, основаны на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие загрязняющих веществ, способны давать достоверную информацию о качестве компонентов окружающей среды. Эти методы оценки имеют следующие характеристики: быстрота и доступность проведения экспериментов, воспроизводимость и достоверность полученных результатов, экономичность, объективность полученных данных.

В основе биотестирования лежит такой метод научного познания, как биологическое моделирование. При биотестировании происходит перенос знаний с простой системы (смоделированной экосистемы в лабораторном опыте) на более сложную (экосистему в реальных условиях). При биотестировании используются методы, допущенные для целей государственного санитарно-эпидемиологического контроля. В экспериментах на гидробионтах необходимо применять не менее 2-х тест-объектов из разных систематических групп (дафний и инфузорий, цериодафний, водорослей, бактерий и т. п.).

Наиболее приемлемыми для аквакультуры это *Scenedesmus quadricauda* Breb – зеленая водоросль и *Daphnia magna Straus* ветвистоусый рачок (воспроизводимость, достоверность и быстрота анализа 72-96ч, оставшиеся гидробионты можно использовать в качестве живого корма для ранней молоди рыб).

Методика биотестирования с помощью водоросли (ФР.1.39.2007.03223) основана на изменении интенсивности ее размножения при воздействии токсических веществ в тестируемой пробе по сравнению с контролем. Вода считается нетоксичной, если отклонение количества клеток водоросли от контроля не превышает 50 % по завершении 72-часовой экспозиции.

Для достоверности выводов об отсутствии токсичности, необходимо использовать тест-объект другого трофического уровня – *Daphnia magna Straus* (ФР.1.39.2007.03222). Критерием острой токсичности считается гибель рачков дафнии 50 и более процентов за 96 часов в тестируемой воде по сравнению с контролем.

Результаты исследований. Изучение качества вод является в настоящее время совершенно необходимым для аквакультуры.

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая пригодность в конкретных видах водопользования.

Нами проведены исследования таких водных объектов: река Волга и ее рукава р. Бузан и р. Ахтуба, а также протоки Берекет и Кигач.

Исток рукава р. Бузан образует вершину треугольника, а именно такую форму имеет дельта р. Волга, и располагается несколько выше вододельителя (г. Нариманов). Рукав р. Ахтуба берет свое начало ниже города Волжский и среди рукавов дельты Волги имеет максимальную протяженность (более 400 км). Выше с. Красный Яр этот водоток впадает в рукав Бузан. От Ахтубы отделяется протока - Берекет, которая через 18 км, соединившись с пр. Корсака, образует пр. Кигач.

Входной створ - исток рукава Бузан характеризует качество вод транзитного стока, а замыкающим створом - устье пр. Берекет.

Гидрологический режим дельты полностью подчиняется сезонным колебаниям речного стока волжской воды, формирующегося на всей территории Волжского бассейна, но в большей мере зависимо от водного режима Волгоградской ГЭС. Попуски воды и паводковые сбросы через плотину этой электростанции создают сложные ситуации в гидрологическом обеспечении, которые регулирует и сглаживает вододельитель. За счет этой регуляции в период половодья доля рукава Бузан в стоке р. Волга удваивается по сравнению с меженью (увеличивается с 17 % до 36 % в половодье).

Скорости течения в водотоках (рукавов Бузан, Ахтуба и пр. Берекет) в меженный период незначительные. В рукаве Ахтуба и пр. Берекет измеренные средние скорости течения не превышали 0,35 м/с, а на отдельных участках минимальные 0,08 м/с, в рукаве Бузан – 0,50; 0,40 и 0,12 м/с соответственно. В период половодья скорости течения достигают своих максимальных величин. Так в рукаве Бузан они равны 1,52, а в рукаве Ахтуба и пр. Берекет 1,35 м/с.

Рассматриваемые водоемы являются местами нереста хозяйственно важных промысловых объектов и эти воды могут быть загрязнены различными токсикантами. Поэтому возникает необходимость контроля качества вод перед использованием в аквакультуре, а также для целей воспроизводства различных видов.

В нашей работе был проведен анализ воды в весеннюю и осеннюю межень. Результаты биотестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты биотестирования поверхностных вод, 2023 г.

Место отбора пробы	Тест-объект			
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Breb		<i>Daphnia magna</i> Straus	
	отклонение от контроля, %			
	численность клеток		гибель рачков	
	май	сентябрь	май	сентябрь
Р. Волга (стрежень)				
Выше с.Верхнее Лебяжье, фоновый створ	0,5	0,1	0	0
Рук. Бузан (стрежень)				
Исток, фоновый створ	0,4		0	0
В районе водозабора	0,3		0	0
Выше ж.-д. моста	0,3		0	0
Ниже ж.-д. моста	0,6		0	0
0,5 км ниже с. Черемуха	0,1		0	0
Рук. Ахтуба (левый берег)				
Выше с. Селитренное, фоновый створ	0,2		0	0
Выше с. Сеитовка	0,5		0	0
Выше а/моста, замыкающий створ	0,3		0	0
Пр. Берекет (правый берег)				
Исток, фоновый створ	0,1		0	0
Выше с. Степное	0,2		0	0
Ниже с. Хожетаевка, замыкающий створ	0,1		0	0
Пр. Кигач (правый берег)				
Ниже п. Подчалык	0,5	0,4	0	0

Заключение. Токсичность вод водотоков контролируемого района методом биотестирования с помощью двух тест-объектов не установлена. Вода пригодна для использования для целей рыбного хозяйства и воспроизводства видов в аквакультуре.

Важно отметить, что представленные методы биологического тестирования могут быть успешно использованы в индустриальной аквакультуре при выращивании объектов в специализированных установках замкнутого водообеспечения.

Список использованных источников

1. Электронный ресурс: <https://fish.gov.ru/news/2024/02/09/proizvodstvo-akvakultury> (обращение от 06.08.2024г).
2. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение правительства от 8 сентября 2022 г. № 2567-р).
3. Методические рекомендации по применению методов биотестирования для оценки качества воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения: Мр №ЦОС ПВ Р 005-95/ Госстандарт РФ; Госкомсанэпиднадзор РФ. -М.,1997.
4. ФР.1.39.2007.03222 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний.
5. ФР.1.39.2007.03223 Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРИДА НАТРИЯ НА РАЗВИТИЕ РАЧКА *ARTEMIA SALINA*

¹Арзуманьян Д.А., ¹Стасюк Е.А., ¹Иванченко Е.С., ¹Бекбергенова В.М.

¹Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены результаты четырехдневного эксперимента, проведенного в лаборатории Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донского государственного технического университета» на базе факультета «Агропромышленный», целью которого было выяснить существует ли корреляция между концентрацией поваренной соли и скоростью вылупления рачка артемии.

Ключевые слова. *Artemia salina*, хлорид натрия, влияние, развитие, корреляция.

THE EFFECT OF AN INCREASED CONCENTRATION OF SODIUM CHLORIDE ON THE DEVELOPMENT THE *ARTEMIA SALINA* CRUSTACEAN

¹Arzumanyan D.A., ¹Stasyuk E.A., ¹Ivanchenko E.S., ¹Bekbergenova V.M.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. The article presents the results of a four-day experiment conducted in the 8th building of the federal state budgetary educational institution of higher education of the Don State Technical University, the purpose of which was to find out whether there is a correlation between the concentration of table salt and the hatching rate of artemia crustacean, where the experiment gave a positive relationship towards a stronger concentration of sodium chloride.

Keywords. *Artemia salina*, sodium chloride, influence, development, correlation.

Введение. Понимание влияния повышенной концентрации хлорида натрия на развитие рачка *Artemia salina* имеет важное значение как в научных, так и в прикладных областях. В природе *Artemia обитает* в соленых водоемах, таких как соленые озера и лагуны, где концентрация солей может значительно варьироваться. Изучение влияния концентрации соли на жизненные процессы этих организмов позволяет лучше понять их адаптационные механизмы, что важно для развития биологии и экологии экстремальных условий.

Целью исследования было определить, существует ли корреляция между концентрацией поваренной соли и скоростью вылупления рачка артемии, который часто используется в научных исследованиях благодаря своей способности выживать в различных солевых условиях. В рамках эксперимента были созданы условия с различной концентрацией хлорида натрия (25г\л и 40г\л), чтобы оценить, как эти изменения влияют на скорость и процент вылупления рачков. Исследование включало подготовку двух образцов с разной концентрацией соли. В каждый из образцов были помещены цисты артемии, происходило наблюдение за процессом вылупления в течение четырех дней.

Artemia salina – это вид жаброногих рачков, обитающих в солёных озёрах по всему миру. Взрослые особи достигают длины от 10 до 20 мм, тогда как личинки, или науплии, имеют размер около 0,3 мм. Эти рачки широко используются в аквариумистике как корм. Крупные рыбы предпочитают взрослых рачков, в то время как науплии необходимы для питания мальков. Артемия считается одним из самых популярных кормов для домашнего культивирования благодаря долговечности высушенных цист и лёгкости инкубации. Для получения науплий достаточно приобрести цисты артемии и следовать простой инструкции по их инкубации. Науплии артемии являются высокопитательным живым кормом, содержит все необходимые вещества для роста и развития покраснений. Цисты артемии в виде порошка содержат важные макроэлементы и микроэлементы, включая белки, углеводы, липиды, водорастворимые витамины, а также значительное количество минералов. Содержание белков в цистах составляет около 63,0%, липидов – 19,0%, а их энергетическая ценность равна 176,75 ккал/моль. [1]. Благодаря этому, они могут использоваться как сырьё для производства нутрицевтиков [2]. Артемия является распространённым кормом для личинок различных видов. Несмотря на то что этот организм

не является частью их естественного рациона, артемию ценится за свою удобность в применении и высокую питательную ценность. Спящие цисты артемии обладают длительным сроком хранения и могут быть использованы как готовый продукт после всего лишь 24 часов инкубации. Это делает артемию одним из самых удобных и малозатратных живых кормов для разведения личинок рыб и креветок. [3].

Артемиа – важный объект исследований в аквакультуре и экологии гиперсолёных водоёмов. Благодаря способности выживать в экстремально солёных условиях, она служит модельным организмом для изучения адаптационных стратегий и механизмов. Это крупный обитатель солёных озёр, демонстрирующий, как для выживания в таких суровых условиях необходима комплексная адаптация, охватывающая различные уровни биологической организации. Эволюционные механизмы, обеспечивающие выживание и размножение в сложной среде, представляют собой интегрированный процесс, который развивался из более простых решений. Этот процесс включает постоянные инновации, возникающие из мутаций и других изменений в геноме, а также действие естественного отбора. Высокое разнообразие прокариот в солёных озёрах иллюстрирует успешные адаптивные стратегии и подчеркивает важность различных методов размножения, таких как половое размножение и партеногенез у артемий. [4]. Таким образом, выращивание артемии Салина имеет широкий спектр применений в науке и промышленности, делая её важным объектом как для исследователей, так и для производителей аквакультуры.

Влияние большой концентрации NaCl на средние размеры половозрелых Артемий также рассматривает другой эксперимент, он изучает влияние высокой концентрации NaCl на средние размеры половозрелых артемий, показывая различия в длине тела от 1,1 до 9,3 %. Концентрация соли в водоемах мест в которых проводился эксперимент (Республика Калмыкия) колеблется от 78 до 441 г/л в зависимости от гидрометеорологических условий. эксперимент проводился между озерами Б. Яшалтинское и Джама (143 г/л и 174 г/л), в первом озере с солеными отложениями было обнаружено более высокое количество артемии. [5].

Также существует исследование из юго-востока Туниса. Сабкхе Эль Адхибет - солончак занимает площадь 12 500 гектаров, из которых 500 гектаров используется для промышленного производства соли. Площадь включена в исследование из-за ее значимости как место обитания *Artemia salina*. Были выбраны три станции для отбора проб, расположенные в искусственных каналах вдоль солончаков. Для анализа данных использовались Корреляционный анализ Пирсона (статистические методы измерения используются для определения наличия линейных зависимостей между двумя числовыми показателями, а также для оценки сходства и статистической значимости), дифференциальный однофакторный анализ (Anova) и анализ основных данных (PCA) используются для анализа данных с использованием программного обеспечения XLSTAT-Pro 7.5 и Statistica 5.0. Корреляционный анализ морфометрических параметров и условий окружающей среды показал, что у самцов наиболее были обнаружены точные зависимости между температурой и общей длиной, соленостью и общей длиной, а также рН и шириной головки. У самок наиболее важное взаимодействие наблюдается между общей длиной и соленостью, общей длиной и температурой, а также общей длиной и рН. Не было выявлено никакой корреляции между концентрациями растворенного кислорода или аммония и какими-либо морфометрическими параметрами. Анализ главных компонент (PCA) показывает, что мужские и женские особи, собранные в разных условиях окружающей среды, сходятся по морфологическим признакам в зависимости от солёности, температуры и концентрации растворённого кислорода, а также общей плотности фитопланктона, диатомовых водорослей, криптофитов и динофитов. [6].

Помимо артемий существуют такие кормовые объекты как, Дафнии, моины и циклопы о которых тоже стоит упомянуть.

Дафнии, или водяные блохи, – это мелкие ракообразные, обитающие в водоемах по всему миру. Они предпочитают временные и стоячие воды, такие как лужи, канавы, небольшие озера и пруды. Основные виды рода *Daphnia* включают *Daphnia magna*, *Daphnia pulex* и *Daphnia longispina*, которые можно успешно выращивать даже в домашних условиях. *Daphnia magna* – самый крупный вид, достигающий 5-6 мм, обитающий на мелководьях, таких как пруды и лесные заводы. *Daphnia pulex* – более мелкий вид, около 3-4 мм в длину, также предпочитающий мелководные зоны. *Daphnia longispina* встречается на мелководье и на глубине, распространяясь на обширных территориях. Окраска дафний варьируется в зависимости от их питания, уровня гемоглобина в крови и плотности популяции, что придаёт каждому виду уникальный внешний вид. [7].

Moina tascosora, или моина, – близкий родственник дафний, обладающий рядом преимуществ как корм для аквариумных рыб. Взрослая особь моины обычно не превышает 1 мм, что делает её особенно подходящей для кормления молоди рыбы, в отличие от дафний, достигающих 4 мм. Моина также привлекательна для рыб благодаря мягкому хитиновому панцирю, что облегчает её усвоение. Иохимические исследования показывают, что пищевая ценность моины на 20% выше, чем у дафний, а

содержание белка в её составе превышает 50%. Моина размножается в три раза быстрее, чем дафнии, что обеспечивает стабильный источник корма. Выращивать моюну можно в домашних условиях, используя ёмкости с объёмом не менее трёх литров водопроводной воды.

Циклопы – пресноводные планктонные ракообразные, относящиеся к отряду плеченогих, и встречаются практически во всех водоемах. Они играют значимую роль в пищевой цепи: циклопы обеспечивают пищей множество видов рыб, личинок и мальков, сами при этом питаются различными микроорганизмами. Чаще всего эти рачки обитают в прибрежной зоне озер и рек и достигают длины до 5,5 мм [8]. Циклопы передвигаются в воде скачками благодаря своим мощным антеннам, которые служат для толчков, позволяя двигаться вверх, вперед и в любом направлении. Окраска циклопов зависит от рациона и может варьироваться от серого до красного и зеленого. Большинство циклопов – хищники, и их способность совершать резкие движения помогает им в охоте. В отличие от водоплавающих птиц, у циклопов нет панциря: тело состоит из головогруды и брюшка, вооруженного шестью парами ног и заканчивающегося серповидными придатками. У самок также можно заметить парные яйцеводы, которые видны по бокам тела. Циклопы широко используются в качестве корма для аквариумных животных, особенно зимой, поскольку встречаются в водоемах круглый год. Их доступность и высокая питательная ценность делают их важным компонентом рациона аквариумных рыб [7].

Материалы и методика: материалом для эксперимента послужили цисты *Artemia salina* от компании Varrom. Эксперимент был проведен с 18.06.2024 по 21.06.2024, цисты были заложены в 2 группы – контрольную и экспериментальную. Количество цист: 7.5 г/3л (2.5г\л) у контрольной группы и 1.3 на 0.5л (2.5\л) у экспериментальной, соль: 25г\л и 20г\0.5л (40г\л) соответственно. Температура в помещении в момент закладки была 28°C. В обоих сосудах была температура 33°C, температура в последующие дни представлена в рисунке 1. Для освещения были выбраны стандартные лампы для аквариума на 1500 люксов. Для измерения нитритов и нитратов были использованы тесты salifert, Ортофосфорной кислоты - Red Sea, их измерение проводилось только перед началом инкубации (таблица 1). Жёсткость воды составляла от 4 до 8 градусов жёсткости. Взвешивание цист происходила на весах MH-200 с точностью 0.01 гр. Ph при инкубации составлял 8.2 моль/л, измеренный с помощью pH-метра PH02S от LPPCOLTD

Таблица 1 – Концентрация определенных химических соединений

Химические соединения	Концентрация (мг\л)
No2	+0.5
No3	+100
PO4	+1



Рисунок 1 – Температура в обоих сосудах во время эксперимента

Результат. Результаты эксперимента продемонстрировали положительную корреляцию между увеличением концентрации хлорида натрия и скоростью вылупления рачков артемии. То есть, что в более соленой среде вылупление происходило быстрее и эффективнее по сравнению с менее солеными условиями.

Заключение. В результате проведенного эксперимента было обнаружено, что развитие артемии Салина в более соленой среде происходит быстрее, чем в умеренно соленой. Эти данные указывают на возможное влияние солености на скорость развития артемии. Однако необходимо отметить, что существуют исследования, результаты которых противоречат нашим выводам. Это подчеркивает сложность и многофакторность изучаемого явления. Поэтому для получения более надежных данных и подтверждения наших результатов необходимо проведение дальнейших экспериментов с учетом различных факторов, которые могут влиять на развитие артемии.

Список использованных источников

1. Белых О.А., Розанов С.Е. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЖИВОГО КОРМА ARTEMIA SALINA В АКВАКУЛЬТУРЕ // Известия БГУ. 2021. №3. с. 401
2. Ben Naceur, Hachem & Jenhani, Amel & Romdhane, Mohamed Salah. (2011). Influence of environmental factors on the life cycle and morphology of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) in Sabkhet El Adhibet (SE Tunisia). *Biological Letters*. 48. 10.2478/v10120-011-0008-6. с. 67-68
3. Lavens, Patrick & Sorgeloos, Patrick. (2000). The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for Aquaculture. *Aquaculture*. 181. 397-403. 10.1016/S0044-8486(99)00233-1.
4. Gajardo Gonzalo M., Beardmore John A. *The Brine Shrimp Artemia: Adapted to Critical Life Conditions*, *Frontiers in Physiology*, 2012
5. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Иванова В.И. Особенности экосистем соленых водоемов Калмыкии // Известия НВ АУК. 2015. №4 (40). с. 16
6. Ben Naceur, Hachem & Jenhani, Amel & Romdhane, Mohamed Salah. (2011). Influence of environmental factors on the life cycle and morphology of *Artemia salina* (Crustacea: Anostraca) in Sabkhet El Adhibet (SE Tunisia). *Biological Letters*. 48. 10.2478/v10120-011-0008-6. с. 67-68
7. JOUR Ebert, Dieter 2022/08/08 *Daphnia* as a versatile model system in ecology and evolution *EvoDevo* 16 13 1 <https://doi.org/10.1186/s13227-022-00199-0>

8. Хажобаев К.Г., Бердимбетова Г.Е., Карлыбаева Б.П., Ощепкова Ю.И. Изучение макро и микронутриентов цист артемии Аральского моря // *Universum: химия и биология*. 2019. №9 (63)
9. Коханов, Ю.Б. Разработка установки исследования кормления гидробионтов / Ю.Б. Коханов, А. Д. Лукьянов, Н.А. Абросимова // *Актуальные проблемы науки и техники*. 2020: Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 марта 2020 года / Отв. редактор Н.А. Шевченко. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2020. – с. 347-348. – DOI 10.13140/RG.2.2.15532.74883. – EDN MZSXJL.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЕ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

¹Ковальчук Д.Ю.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В этой статье изучается применение растительных добавок в питании объектов аквакультуры. Проводится анализ благоприятного воздействия фитобиотиков на скорость роста, иммунитет и устойчивость к болезням различных видов рыб. Работа направлена на привлечение внимания к применению фитодобавок для улучшения благосостояния и продуктивности водных организмов в аквакультуре.

Ключевые слова. Фитодобавки, кормовые антибиотики, аквакультура, корма.

THE USE OF PLANT ADDITIVES IN THE DIET OF AQUACULTURE FACILITIES

¹Kovalchuk D.Yu.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. This article discusses the use of herbal supplements in the diet of aquaculture facilities. The beneficial effects of phytobiotics on growth rate, immunity, redox status and disease resistance of various fish species are analyzed. The review aims to draw attention to the use of phytonutrients to improve the well-being and productivity of aquatic organisms in aquaculture.

Keywords. Herbal supplements, feed antibiotics, aquaculture, feed.

На сегодняшний день стратегически важной задачей стало обеспечения отечественной аквакультуры кормовыми добавками. Наличие достаточного научного потенциала и собственных ресурсов дают возможность для разработки новых и совершенствование уже имеющихся рецептур кормов для гидробионтов [1].

Высокая продуктивность животных, включая рыб, основана на полноценном питании и благоприятных санитарно-гигиенических условиях. Сбалансированное и нормированное питание, обеспечивающее потребности в белках, жирах, углеводах, минералах и витаминах играет ключевую роль. Современные нормы кормления учитывают потребности разных видов животных для поддержания здоровья, продуктивности и размножения, основываясь на протеиновой ценности и энергетической обеспеченности [2].

Однако на практике гидробионты сталкиваются с трудностями, вызванными труднопрогнозируемыми биотическими факторами, стрессом, гормональными изменениями, загрязнением микрофлоры патогенными микроорганизмами и токсичностью кормов. Всё это негативно сказывается на здоровье, иммунитете и реализации генетического потенциала, делая животных уязвимыми к бактериальным инфекциям [2].

Для борьбы с болезнями с 1950х годов использовались антибиотики, затем для снятия стресса применялись психотропные препараты со снотворным и успокаивающим действием. Для стимуляции роста мышц использовались гормональные препараты на основе синтетических аналогов женских и мужских половых гормонов [2].

В настоящее время большинство этих средств для стимуляции роста и продуктивности запрещены или находятся на стадии запрета во многих странах. Антибиотики микробиологического синтеза, используемые в России, постепенно заменяются альтернативными средствами растительного происхождения [2].

Растительные добавки (фитогеники или фитодобавки) – это природные биологически активные соединения растительного происхождения, используемые в кормах для животных включающиеся в рацион для повышения прироста живой массы, продуктивности и улучшению качества пищевых продуктов. Именно фитодобавки могут быть успешным решением по замене кормовых антибиотиков.

Фитодобавки включают в себя широкий спектр различных трав, специй, лекарственных и ароматических растений (целиком или их части), эфирные масла.

Группа ученых из ФГБНУ КНЦЗВ, ФГБОУ ВО «КубГАУ» и ООО «НТЦ» «Химинвест» в ноябре 2017 года провели эксперимент в условиях бассейнового хозяйства ООО «Албаши». Опыт проводился на осетровых рыбах. Их питание осуществляли с добавлением хвойно-энергетической кормовой добавкой [3,4]. При использовании корма были отмечены следующие положительные показатели:

- оптимальная поедаемость корма 100%
- усиление окраски тела
- увеличение активности рыб

Ещё один опыт был проведён на базе ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет, там объектом стал карп ропшинской породы. В качестве фитодобавки использовали на основе смеси эфирных масел и полифенольных соединений растительного происхождения. Внесение препарата осуществлялась путём напыления тонкого слоя корма. В результате опыта было установлено прирост массы рыб, увеличен коэффициент упитанности что привело к увеличению мышечной ткани в печени, это повысило метаболизм организма [4].

В исследованиях Rezende RAE в качестве фитодобавок использовали смесь эфирных масел тимьяна и розмарина. Их вводили в экструдированный корм и кормили им молодь нильской тиляпии. По результатам было отмечено небольшое увеличение массы тела относительно контроля так же по окончании опыта было зафиксировано повышение выживаемости молоди при воздействии *Aeromonas hydrophila* (гетеротрофная грамотрицательная палочковидная бактерия) [4].

В таблице 1 приведены положительные и отрицательные воздействия фитодобавок и кормовых антибиотиков на организм рыб. Просмотрев её, можно сделать вывод, что фитодобавки являются эффективной альтернативой кормовых антибиотиков.

Таблица 1 – Положительные и отрицательное действие фитодобавок и кормовых антибиотиков на организм рыб

	Фитодобавки	Кормовые антибиотики
Положительное влияние на организм	Увеличение роста массы тела	Увеличения потребления корма
	Стимулирование аппетита что увеличивает потребления корма	Выступают в качестве стимулятора роста массы тела
	Усиление иммунного ответа организма	Лечение организма от патогенных микроорганизмов
	Антиоксидантное и противовоспалительное действие	Улучшают обмен веществ подавляя патогенную микрофлору
	Борются с патогенными микроорганизмами	
	Улучшают пищеварение стимулируя активность пищеварительных ферментов благодаря содержанию ряда биологически активных соединений.	
	Повышения содержания сухого вещества, в мышцах которое участвует в метаболических процессах и нормализуют работу мышц	
Отрицательное влияние на организм	Не обладают прямым анаболическим эффектом и не действуют в условиях сильного стресса. Если негативные факторы сочетаются, то это приводит к отрицательному результату в виде увеличения живой массы.	Когда антибиотики применяются слишком часто, патогены могут развить устойчивость к ним, причём у некоторых из них эта устойчивость может быть врождённой.
		Негативно влияет на качество продукта. Вместо белков происходит активное отложение подкожного жира.

Исходя из опытов, проводимых для исследования влияния различных фитодобавок можно составить список добавок, которые применяются в аквакультуре [7]:

– Анис (*Pimpinella anisum L.*). – эфиромасличное растение, однолетнее. Относится к семейству Зончатые или Сельдерейные. Семена данного растения содержат до 80% эфирного масла, в состав которого входит анетол.

– Персидский лук-шалот (*Allium stipitatum*). – многолетнее растение из семейства луковые. Содержит большое количество макро- и микроэлементов, витаминов необходимых для здоровья рыб.

– Экстракт плодов барбариса (*Berberis vulgaris*). – кустарниковое растения, в состав которого входит барберин который обладает геропротекторными свойствами (группа веществ способные увеличить продолжительность жизни животных).

– Экстракт плодов айвы бельгийской (*Aegle marmelos*). – плодовое медленно растущее дерево. Обладает тонизирующим эффектом благодаря содержанию специфического гликозида мармелозина, является антиоксидантом и имеет противовоспалительное действие из-за большого количества азуленов.

– Экстракт плодов кизила (*Cornus mas L.*). – листопадный кустарник. Его биологическая активность обусловлена присутствием в составе ягод органических кислот, глюкозы и фруктозы, витаминов, дубильных веществ, флавоноидов, микроэлементов (магний, железо, калий) и эфирных масел.

– Порошок листьев портулака (*Portulaca oleracea*). Он включает макро- и микроэлементы, витамины, полисахариды, органические кислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, фенольные соединения, алкалоиды, фитостеролы и другие вещества. Эти составляющие обладают гиполипидемическими, антидиабетическими, иммуномодулирующими, противовоспалительными, антимикробными, антиоксидантными, нефропротекторными и гепатопротекторными свойствами.

– Базилик (*Ocimum gratissimum*). – род однолетних и многолетних трав и кустарников. Богат минеральными солями, витаминами, фитонцидами и эфирным маслом, тонизирует и стимулирует пищеварение.

Заключение. В ходе данного обзора литературы и анализа полученных данных указанных выше исследований можно сделать вывод, что данная тематика весьма актуальна и требует дальнейшего рассмотрения, но исследования, которые были взяты в качестве примера применения фитодобавок в рационе некоторых видов рыб уже показывают положительные результаты и доказывают, что фитобиотики могут стать полноценной заменой антибиотикам.

Научные исследования по этой теме будут очень актуальны и позволяют найти экономичные, рентабельные и экологически безопасные альтернативы антибиотикам.

Список использованных источников

1. Юрин Д.А. Биопрепараты и фитогенные добавки в рыбоводстве: монография / Краснодар: КубГАУ, 2022. – 89 с.

2. Тимофеев Н.П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(6). С. 804-825.

3. Юрин Д.А. Использование фитодобавки в кормлении осетровых рыб // Сборник научных трудов СКНИИЖ. 2020. №1. С. 198-203.

4. Зуева М.С. Современный опыт включения биологически активных кормовых добавок в рацион рыб // Животноводство и кормопроизводство. 2022. №4. С. 146 – 164.

5. Шульгина Л.В. Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор // Известия ТИНРО. 2015. С. 216-230.

6. Киякова Ю.В. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобиохимические показатели крови рыб // Животноводство и кормопроизводство. 2022. №3. С. 115-125.

7. Мирошникова Е.П. Применение фитобиотиков в кормлении рыб в качестве альтернативы антибактериальным и пробиотическим препаратам (обзор). Аграрная наука. 2023;(7). С. 40-47.

8. Попова Г.М. О возможностях использования фитобиотических добавок в рационах сельскохозяйственных животных / Г.М. Попова, Б.С. Нуржанов, Г.К. Дускаев // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106. – № 2. – с. 152-175.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

¹Закутняя Д.В.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается строение системы УЗВ, а более подробно рассматривается биологическая очистка, в которую входят нитрификация, денитрификация.

Ключевые слова. Биологическая очистка, рыбы, бактерии, микроорганизмы, биофильтр, питательные вещества, нитриты, гидробионты.

BIOLOGICAL TREATMENT IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

¹Zakutniaia D.V

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article examines the structure of the ultrasound system, and biological purification, which includes nitrification and denitrification, is considered in more detail.

Keywords. Biological treatment, fish, bacteria, microorganisms, biofilter, nutrients, nitrites, hydrobionts.

Введение. Установка замкнутого водоснабжения (УЗВ) представляет собой инновационный подход в аквакультуре, при котором вода многократно перерабатывается в процессе выращивания рыбы. В данной технологии используются как механические, так и биологические фильтры для очистки воды.

В таких системах насосы обеспечивают циркуляцию воды, что позволяет использовать её в замкнутом цикле. Для поддержания необходимого качества воды предусмотрены фильтрационные устройства. Кроме того, для поддержания комфортной температуры в любое время года в системе имеется функция подогрева [1].

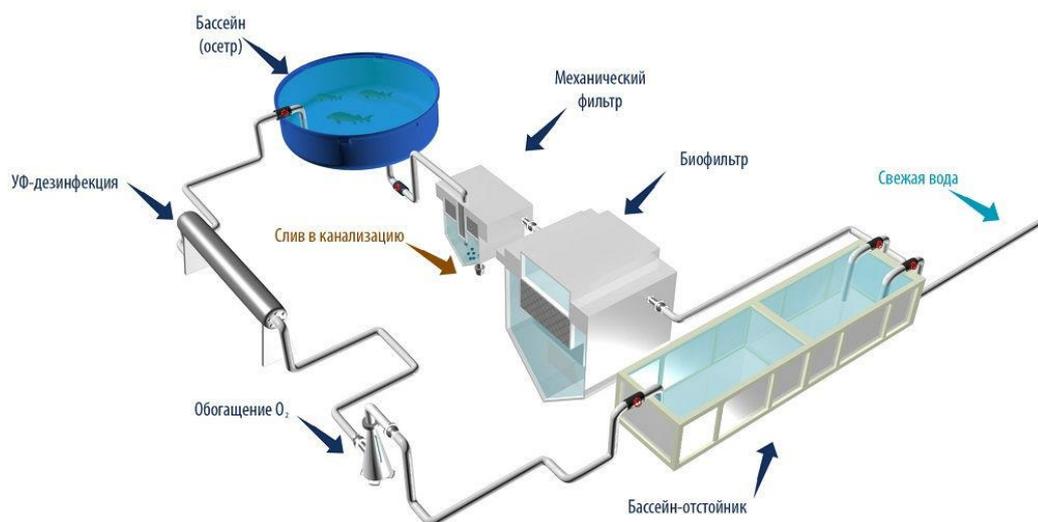


Рисунок 1 – Установка замкнутого водоснабжения (УЗВ)

Основная часть. УЗВ состоит из бассейна, промежуточного бака, водяного насоса, установки насыщения кислородом, механического фильтра и биологического фильтра.

1. Бассейн – это конструкция для разведения рыбы. Он нужен для быстрого удаления отходов жизнедеятельности гидробионтов, а также для того, чтобы защищать их от различных травм, которые могут быть вызваны неровностями конструкции.
2. Промежуточный резервуар необходим для того, чтобы можно было добавить свежую воду, которая компенсирует испарение.
3. Водяной насос обеспечивает давление в системе для циркуляции воды. Он также нужен для работы установок насыщения кислородом.
4. Установку насыщения кислородом устанавливают после того, как в бассейне присутствует большое количество рыб, так как данная установка является важной для функционирования УЗВ.
5. Механический фильтр необходим для первичной очистки воды и для защиты биологического фильтра от загрязнений.
6. Биологический фильтр является одним из ключевых звеньев УЗВ. В нем располагается наполнитель, который необходим для того, чтобы увеличить контактную поверхность, а также обеспечить рост бактерий (рис.2).

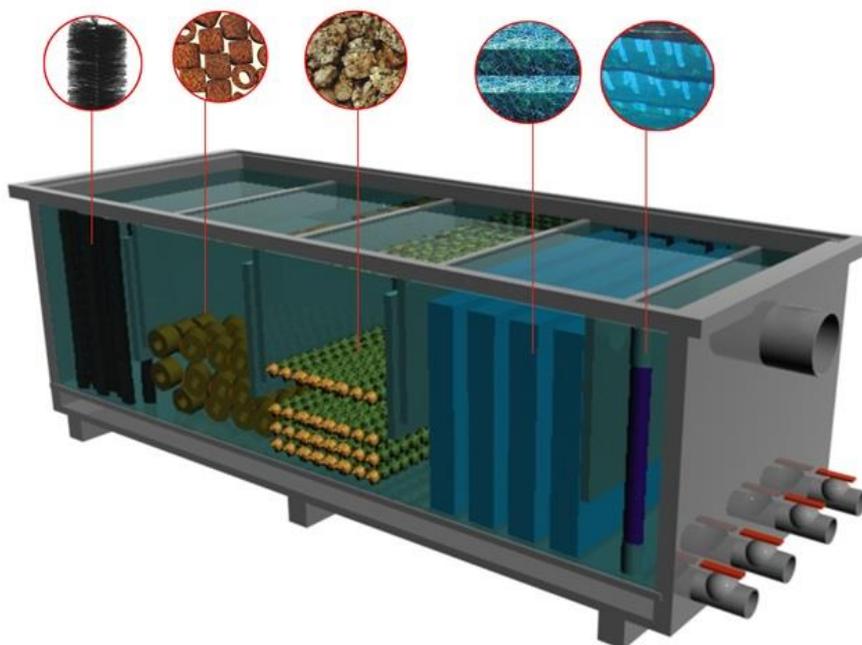


Рисунок 2 – Биологический фильтр

Несмотря на то, какого типа является система, биофильтр направлен на то, чтобы очистить воду от аммония и углекислого газа. Аммоний выделяют рыбы, а углекислый газ образуется из продуктов жизнедеятельности гидробионтов.

Обычно для биофильтра используется пластиковый наполнитель, но также можно использовать керамзит, песок, ракушки. Микроорганизмы на поверхности наполнителя очищают воду, разлагая нитриты, нитраты, фосфаты. Данные микроорганизмы свободно передвигаются по наполнителю, но также могут образовывать из-за своего скопления биопленку [2,4].

В УЗВ присутствует две группы бактерий:

1. Гетеротрофные бактерии. Органические вещества, такие как белки, липиды, аминокислоты, углеводы, поступают в воду вместе с кормом, отходами жизнедеятельности рыб, и гетеротрофные бактерии их минерализуют.

2. Автотрофные бактерии являются нитрифицирующими бактериями и выполняют процесс нитрификации. Нитрификация – это окисление аммония до нитритов и нитратов. Бактерии рода *Nitrosomonas* окисляют аммоний до нитритов, бактерии же рода *Nitrobacter* окисляют нитриты до нитратов. Скорость нитрификации зависит от температуры воды и от количества рН, который содержится в воде.

Также существует два типа биофильтра: капельный и погружной.

В капельном биофильтре вода разбрызгивается. Вода, протекая через стенки, образует там биопленку из бактерий, поэтому нужно следить за тем, чтобы стенки не пересохли, так как бактерии погибнут.

Преимуществами данного типа биофильтра является то, что не нужно делать специальную емкость под биофильтр, а также биофильтр не нуждается в аэрации, так как воздух проходит там совершенно спокойно и легко. Для данного типа биофильтра не требуется промывка, так как все частицы уходят с потоком воды. А недостатками же является маленькая площадь, поэтому данный тип биофильтра подойдет не под все УЗВ.

В погружном биофильтре происходит мощная и постоянная аэрация. Биофильтры могут с неподвижной и плавающей загрузкой. В настоящее время большей популярностью пользуется плавающая загрузка, так как аэрация проходит быстрее и легче за счет того, что наполнитель плавает, а не закреплен [3-8].

Заключение. Биологическая очистка играет важную роль в работе установке замкнутого водоснабжения, поскольку она обеспечивает эффективное управление качеством воды и поддерживает здоровье и благополучие гидробионтов.

Список использованных источников

1. Rudoy D., Ponomareva E., Pakhomov V., Olshevskaya A.V. A study of the possibility of using animal feed additives and probiotic feed additives in the diet of fish / [et al.] // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022), Vol. 381. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 01079.

2. Бриславский Я.А., Празднова Е.В., Рудой Д.В., Ольшевская А.В. [и др.]. Использование пробиотических бактерий с лактоназой активностью для защиты животных от микотоксинов, содержащихся в кормах / Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция "Аквакультура 2022"): Сборник научных трудов, 2022. С. 25-28

3. Steinbach P. Die fischproduktion in kreislaufanlagen, 2018. P. 110.

4. Гуркина О.А., Руднева О.Н., Рубанова М.Е. Методические рекомендации «Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения» для направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура». – Саратов: Саратовский источник, 2024. С. 62.

5. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. – Копенгаген, 2010 г. С. 74.

6. Shevchenko V., Rudoy D., Ivanov Yu., Olshevskaya A.V. [et al.]. The Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus* Von Martens 1868) is a promising aquaculture object for the south of the Russian Federation / // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 113. P. 05039.

7. Рудой Д.В., Мальцева Т.А., Ольшевская А.В. [и др.]. Особенности культивирования африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов, Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. С. 270-273.

8. Морозова М.А., Горовцов А.В., Ольшевская А.В. [и др.]. Опыт применения пробиотического штамма *Vacillus amyloliquefaciens* В-1895 против флавобактериоза у русского осетра и карпа кои // сборник научных трудов, Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2021. С. 26-27.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

¹Гайдай Р.Р.

¹Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) внедряется во многие сферы человеческой жизни. Одним из направлений развития ИИ является автоматизация аквакультуры. Важно, что модернизация на основе ИИ имеет положительный экономический эффект, а также позволяет значительно повысить качество выпускаемой продукции. Использование технологий на основе ИИ в аквакультуре позволяет оптимизировать наиболее затратный процесс – кормление, а также сократить случаи массовой гибели рыб, часто встречающиеся в данной сфере. Именно эти проблемы призваны решить автоматизированные комплексы для рыбоводческих предприятий, такие как зарубежный iFarm, используемый в Норвегии и отечественный FishGrow Platform, который используется в нескольких регионах России, в том числе в Ростовской области.

Ключевые слова. Аквакультура, инвестиционная привлекательность, искусственный интеллект, рыбное хозяйство, автоматизация.

AUTOMATION OF PROCESSES IN AQUACULTURE BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

¹Gayday R.R.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. Currently, artificial intelligence (AI) is being introduced into many areas of human life. One of the directions of AI development is the automation of aquaculture. It is important that AI-based modernization has a positive economic effect, and also significantly improves the quality of products. The use of AI-based technologies in aquaculture makes it possible to optimize the most expensive process - feeding, as well as reduce the cases of mass death of fish, which are often found in this area. It is these problems that automated complexes for fish farming enterprises, such as the foreign iFarm used in Norway and the domestic FishGrow Platform, which is used in several regions of Russia, including the Rostov region, are designed to solve.

Keywords. Aquaculture, investment attractiveness, artificial intelligence, fisheries, automation.

Аквакультура традиционно является важной отраслью пищевой промышленности. Учитывая сокращение популяций рыб в ходе рыбной ловли за последние десятилетия, аквакультура – это более экологичный и безопасный метод производства рыбной продукции. При этом искусственное разведение водных организмов можно оптимизировать с помощью правильного кормления, борьбы с болезнями и утилизации отходов [1]. Особенно актуально развитие аквакультуры для России. На 2018 год объём продукции аквакультуры составил 238 тыс. тонн, что составляло 3 % от вылова дикой рыбы в России (свыше 5 млн тонн) и 0,3 % от мировой добычи продукции аквакультуры [2].

В последние годы наблюдается постоянный рост отрасли искусственного интеллекта (ИИ). В настоящее время ИИ поручаются такие сложные задачи, как управление производством, работа с базами данных, требующие больших вычислительных возможностей. Использование ИИ на предприятиях позволяет значительно оптимизировать производство, сократить расходы, повысить качество продукции и т.д. Применение ИИ в отрасли аквакультуры, в частности, позволит ускорить рост этой отрасли в России.

Технологии и инновации на основе ИИ в области автоматизации в аквакультуре.

Одной из традиционных проблем для отрасли аквакультуры являются риски возникновения болезней среди объектов аквакультуры. Эта проблема обусловлена высокой плотностью объектов аквакультуры в местах разведения. Из-за этого, в отличие от естественных сред обитания, в искусственных водоемах болезни распространяются значительно быстрее, их последствия приводят к гибели значительной части гидробионтов [3]. На рисунке 1 представлена статистика выявления инфекционного некроза гемопоэтической ткани (ИНГТ) среди различных видов рыб по странам. Так, из-за ИНГТ в 2021 году в

Финляндии в двух очагах было уничтожено 1 млн особей радужной форели, в Дании в 11 очагах заболевания погибло 2 млн особей. При этом в 2022 году в этих же странах вспышка заболеваемости случилась повторно. Таким образом, болезни среди объектов аквакультуры считаются одним из главных рисков отрасли. В 2022 году очаг ИНГТ был выявлен и в России среди чавычи и тихоокеанских лососей. [4, 5].

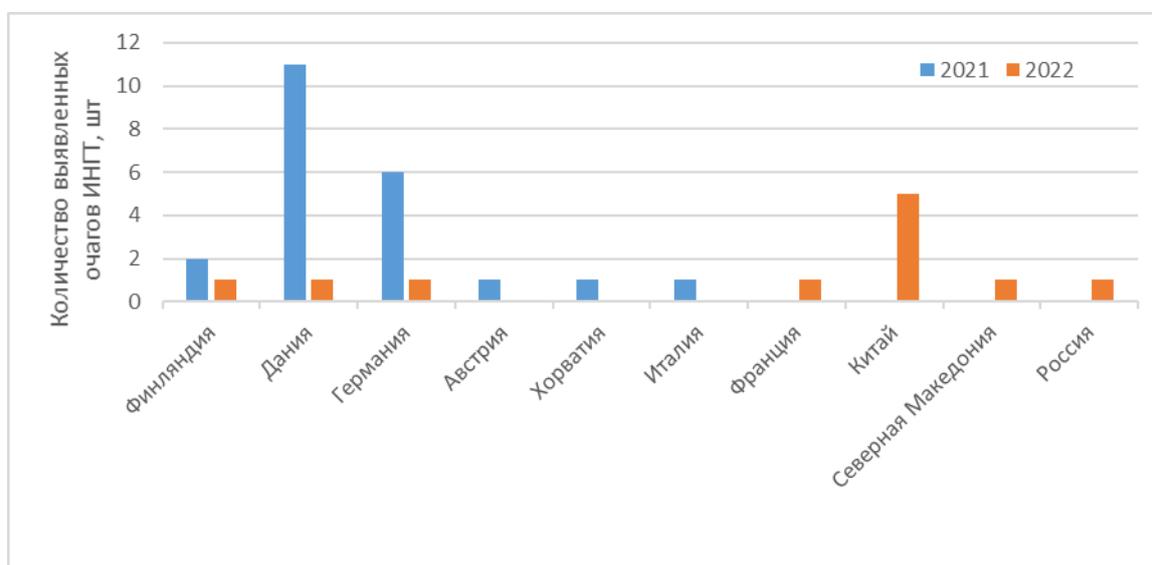


Рисунок 1 – Количество зарегистрированных очагов инфекционного некроза гемопоэтической ткани (ИНГТ) по странам в период 2021-2022 гг. [4, 5]

Другой проблемой, которая ставит под угрозу поголовье гидробионтов, являются внешние факторы, такие как изменения температуры, появление хищников в водоемах, угрожающих гидробионтам, сбои в работе оборудования и др. Также гибель объектов аквакультуры может произойти из-за неправильного ведения рыбоводной деятельности. Так, летом-осенью 2012 г. на садковой ферме Ладожского озера регистрировали высокую смертность двухлетков сига муксуна (*Coregonus muksun*). Как показало исследование, причиной гибели рыб стало длительное использование непригодных кормов [6].

Таким образом, на технологии искусственного интеллекта, внедряемые в отрасль аквакультуры, налагается требование сократить количество случаев гибели объектов аквакультуры.

Одной из наиболее распространенных технологий ИИ, применяемых в аквакультуре, являются автоматические системы кормления. Такие системы позволяют осуществлять кормление наиболее подходящим способом, учитывая не только необходимый объем корма, но и скорость его подачи. Принцип работы систем кормления заключается в использовании различных средств мониторинга, которые определяют скопления рыб и подают корм в водоем до тех пор, пока концентрация рыб не снижается и корм не начинает оседать на дно. Принципиальная схема системы кормления рыб, содержащая эхолоты, таймеры, системы фото- и видеонаблюдения, используемая в хозяйстве аквакультуры, приведена на рисунке 2. За счет внедрения таких систем корм расходуется наиболее эффективно. При этом существенно повышается инвестиционная привлекательность отрасли, так как корма являются самым большим пунктом эксплуатационных расходов предприятий аквакультуры, который может составлять 50% и более от общих затрат.

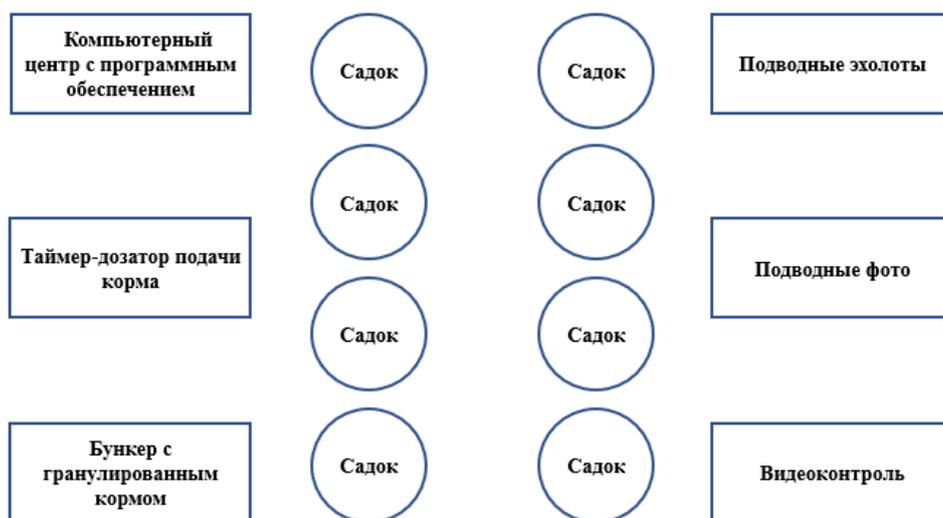


Рисунок 2 – Принципиальная схема системы кормления рыб в хозяйстве аквакультуры [7]

Другой технологией на основе искусственного интеллекта является мониторинг гидробионтов с помощью системы камер и других приборов (эхолоты, картплоттеры и др.). Данная технология позволяет решать сразу несколько задач в области оптимизации процессов в аквакультуре. Во-первых, камеры позволяют визуально оценить состояние объектов аквакультуры, в том числе размеры, предполагаемый вес гидробионтов. Во-вторых, такие нововведения могут определить больных особей, что позволит ликвидировать очаги инфекционных заболеваний на ранних стадиях. С помощью автоматизированных средств мониторинга возможно быстро определить нарушение температурного режима, отследить попадание в водоем опасных химических веществ [7].

Экономическое обоснование эффективности внедрения технологий ИИ в отрасль аквакультуры. Оценим экономическую эффективность внедрения технологий искусственного интеллекта для садкового выращивания атлантического лосося. Осредненный показатель суточной потребности корма для данной рыбы составляет 4% от массы ее тела. При недокорме рыбы из-за недостаточного внесения корма значение, минимальной потери прироста рыбы составляет приблизительно 0,01 % массы рыбы при отлове. Согласно эмпирическим данным, полученным в хозяйствах с автоматическим кормлением рыб, потери корма составляют более 0,1 % от общей массы вносимого корма.

Страны-лидеры в сфере производства продукции аквакультуры, такие, как Норвегия, Япония производят более 1 млн тонн товарного лосося ежегодно. Соответственно суточный рацион для такого количества рыб составляет 40 тыс. тонн корма. Потери корма составляют 40 тонн в сутки, или 14600 тонн в год. Стоимость кормов для товарного выращивания семги составляет около 2000 долларов за тонну, при этом, например, на норвежском рынке по состоянию на первый квартал 2023 года цены на корма для лососевых продолжают устойчиво расти [8]. Таким образом, общие потери корма в год составят 29,2 млн долл. в год.

При недокорме потери в живом весе составят около 100 тонн в сутки при выращивании 1 млн тонн товарной продукции. В год это будет составлять 36500 тонн. Оптовая стоимость семги на рынке Норвегии составляет около 6,5 долл. за 1 кг. В России минимальная цена составляет в 3,5 долл. за кг. Значит, в год стоимость недополученной продукции будет от 127,75 млн до 237,25 млн долл. в год. Суммарные потери прибыли - средняя величина от недокорма и потеря кормов - составит 78,475 млн долл. в год.

При производстве 1 млн тонн атлантического лосося прибыль при внедрении автоматических систем на основе ИИ составит от 50 млн. долл. в год [9].

Обзор автоматизированных систем на основе ИИ в аквакультуре. В отрасли аквакультуры в России применяются множество автоматизированных систем на основе ИИ. Особый интерес представляет программно-аппаратный комплекс FishGrow Platform, так как на данный момент он внедряется в деятельность рыбководческих предприятий на территории Ростовской области. Также FishGrow Platform используется на территории Мурманской области и Карелии. С помощью технологий видеоаналитики и искусственного интеллекта планируется повысить темп выращивания рыбы в бассейнах и садках аквакультуры до 15%. Также комплекс позволил сократить смертность рыбы на треть. Согласно директору инжинирингового центра Петрозаводского государственного университета Алексею Штыкову, использование FishGrow Platform позволит увеличить на 40% прибыль

рыбоводческих предприятий, при этом показатели качества продукции и экологичность производства также будут повышены.

Суть работы FishGrow Platform заключается в сборе информации о гидробионтах и ее обработке с помощью ИИ. На первом этапе с помощью различных датчиков и камер наблюдения комплекс получает более 30 различных параметров, такие как данные о составе воды (количество кислорода и углекислого газа, минеральный состав, pH-фактор и др.), о состоянии гидробионтов (наличие болезней, период активности, фиксация перемещений, данные о кормлении и др.). Далее искусственный интеллект оценивает качество выращиваемых особей, строит цифровые модели отдельных особей для более тщательного наблюдения. После этого комплекс на основе полученных данных делает прогнозы относительно будущей продукции. Параллельно комплекс автоматически управляет насосами, кормушками, двигателями и освещением. В результате ожидается снижение смертности рыб на 30%.

Таким образом, программно-аппаратный комплекс FishGrow Platform за счет автоматизации производства позволяет повысить качество продукции, безопасность производства и экономическую прибыль на рыбоводческих предприятиях [9].

Опыт внедрения автоматических комплексов в сферу аквакультуры уже имеется на зарубежных предприятиях. Одним из них является комплекс iFarm, использующийся в Норвегии на предприятиях, специализирующихся на разведении лосося. Первая версия этого комплекса была запущена в январе 2020 года. Через три года появилась третья версия комплекса. Комплекс используется в крупных загонах, в которых содержится около 150 000 лососей.

Принципиальное отличие iFarm от других комплексов заключается в анализе отдельно каждой особи, в то время как другие системы предлагают общий анализ фермы. Минус второго подхода заключается в необходимости проводить обработку всей фермы в случае обнаружения паразитов или болезней. iFarm при выявлении зараженных особей удаляет их из общего загона для лечения.

iFarm способен выполнять те же задачи, что и FishGrow Platform. Комплекс собирает и анализирует информацию о гидробионтах и контролирует работу оборудования. В целом, аквакультурный комплекс iFarm – один из наиболее новых динамично развивающихся комплексов на основе ИИ, применяющихся на зарубежных предприятиях [10].

В России пока не существует такого опыта внедрения технологий ИИ, как за рубежом. На основе ИИ существуют различные комплексы. Большинство из них выполняет одни и те же задачи и основано на идентичных технологиях. Однако российские компании активно разрабатывают и внедряют современные решения в отечественное рыбоводство.

Внедрение ИИ в деятельность аквакультурных предприятий – это способ повысить безопасность и эффективность производства. Технологии на основе ИИ позволяют сократить количество случаев гибели объектов аквакультуры, оптимизировать процесс кормления и обеспечить контроль качества продукции. При этом внедрение ИИ в отрасль аквакультуры будет иметь положительный экономический эффект.

Список использованных источников

1. Шмелева Л.А. автоматизация бизнес-процессов аквакультурного производства // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 6-1. – С. 181-185;
2. Гайдай Р.Р. Инвестиционная привлекательность аквакультуры: анализ и перспективы / Р.Р. Гайдай, Д.Ю. Ковальчук // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса (Конференция "ИНТЕРАГРО 2024"): сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции в рамках XXVII Агропромышленного форума юга России и выставки "Интерагромаш" и "Агротехнологии", Ростов-на-Дону, 28 февраля – 01 2024 года. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2024. – С. 97-100.
3. Меркушева М.В. Инвестиции в аквакультуру: динамика, риски, перспективы // Креативная экономика. – 2023. – Том 17. – № 12. – С. 4913-4928.
4. Бочкова Е.В., Тарасов В.Е. Первый случай выявления вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (ИНГТ) у чавычи (*oncorhynchus tshawytscha*) на камчатке // VII съезд паразитологического общества: итоги и актуальные задачи. - Петрозаводск: Карельский научный центр Российской академии наук, 2023. - С. 55-56.
5. Пономарева Е.Н. Перспективы развития аквакультуры в южных регионах России / Е.Н. Пономарева, Д.В. Рудой, М.Н. Сорокина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 10(189). – С. 6-11.
6. Ковальчук Д.Ю. ПЦР исследования в аквакультуре / Д. Ю. Ковальчук // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса (Конференция "ИНТЕРАГРО 2024"): сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции в рамках XXVII

Агропромышленного форума юга России и выставки "Интерагромаш" и "Агротехнологии", Ростов-на-Дону, 28 февраля – 01 2024 года. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2024. – С. 69-73.

7. Аквакультура теряет миллионы особей в год из-за заразных болезней рыб // Рамблер / Новости URL: <https://news.rambler.ru/world/50168253-akvakultura-teryayet-milliony-osobey-v-god-iz-za-zaraznyh-bolezney-ryb/?ysclid=lypyava2b9215352842> (дата обращения: 26.07.2024).

8. Паршуков А.Н., Головина Н.А., Романова Н.Н., Головин П.П., Михайлова М.В. Случай гибели сигов на одном из рыбоводных хозяйств Карелии // Труды ВНИРО. - 2017. - №167. - С. 174-179.

9. Бадаев Е.О. Инновационные автоматические кормушки для питания рыб в морских садках в хозяйствах аквакультуры / Е.О. Бадаев, О. З. Бадаев. – Текст: непосредственный // Юный ученый. – 2019. – № 10 (30). – С. 58-62.

10. Отчеты BIOMAR & Grieg Seafood: Себестоимость лосося растет, как и цены на корм. // Рыбоводы.рф URL: <https://www.xn--90acg2bbi1ff.xn--p1ai/news/68-foreign/459-gs> (дата обращения: 26.07.2024).

11. Лучинский Д.Э. Обзор программ для ЭВМ, используемых в аквакультуре / Д. Э. Лучинский // Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Оренбург, 21 июня 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 176-180.

12. Искусственный интеллект для лосося // Fishnet URL: https://www.fishnet.ru/news/aquaculture_news/iskusstvennyy-intellekt-dlya-lososya/ (дата обращения: 26.07.2024).

КОРМОРАЗДАТЧИКИ НА РЫБНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ. КЛАССИФИКАЦИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

¹Кузьменко П.Г.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация

Аннотация. В статье приведено обоснование параметров кормораздатчика, выявлены конструктивные факторы, влияющие на процесс раздачи кормов. Также обосновано внедрение всё большего количества кормораздатчиков на рыбных хозяйствах. По результатам обработки полученных данных определены высокое качество раздачи кормов в садки и перспективность предложенной конструкции кормораздатчика в целом.

Ключевые слова. Кормораздатчик, рыбное хозяйство, внедрение, качество раздачи кормов.

FEED DISPENSERS ON FISH FARMS. CLASSIFICATION, CHARACTERISTICS AND PROBLEMS OF THEIR OPERATION

¹Kuzmenko P.G.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article provides a justification for the design parameters of the feed dispenser, identifies design factors affecting the process distributing of feed. The introduction of an increasing number of feed dispensers in fish farms is also justified. Based on the results of processing the data obtained, the high quality of feed distribution in cages and the prospects of the proposed design of the feed dispenser as a whole were determined.

Keywords. Feed dispenser, fisheries, implementation, quality of feed distribution.

В настоящее время промышленная аквакультура в России переживает значительный прирост. По всей стране функционируют более 4,5 тысяч рыбных хозяйств, 63,5% которых в Южном Федеральном округе. И каждое из этих хозяйств пытается автоматизировать процесс кормления рыбы при помощи кормораздатчиков. Но, к сожалению, не все хозяйства имеют возможность держать у себя эти устройства, особенно малые. Хотя для дальнейшего развития аквакультуры необходимо внедрять всё больше технологий. Порой вручную могут выдавать довольно значительные объёмы корма, до 500 кг в один садок в сутки. А садков могут быть десятки. Также огромную роль играет сам процесс выдачи корма, его качество. Ведь из-за этого может произойти как недокорм, так и перекорм рыбы. Это чревато снижением массы и повышением кормового коэффициента соответственно [1-3,5].

В аквакультуре используется большое количество кормораздатчиков. Это и вибрационные, и самокормушки, и плавучие кормораздатчики. Но самыми распространёнными и эффективными являются пневматические. Данные кормораздатчики обеспечивают максимальную эффективность кормления, но и не лишены недостатков. Отмеренная порция корма поступает и выстреливается на значительное расстояние струей сжатого воздуха. Дальность некоторых моделей превышает 50 метров.



Рисунок 1 – Пневматический кормораздатчик фирмы "Aquasmart"

Недостатками данного устройства являются: малое количество отечественных аналогов, высокая стоимость (до 200 тыс. рублей), недостаточная равномерность раздачи корма от центра до края садка. Как видно из рисунка 2, эффективная выдача кормов производится на площади диаметром до 18 метров, тогда как размеры садков достигают до 30 метров в диаметре.

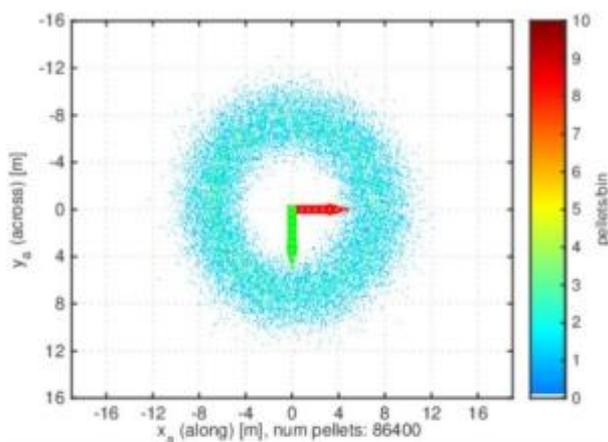


Рисунок 2 – Распределение выдачи кормов в садок

Исходя из этого получается, что площадь эффективной раздачи кормов составляет около 250 м², тогда как общая площадь садка – около 700 м². Свыше 400 м² не используется.

Ещё один недостаток связан с конструкцией и принципом работы устройства. Кормораздатчик имеет изогнутый подвод кормопровода, заканчивающийся шарнирно соединённым, изогнутым патрубком. Данный патрубок вращается благодаря реактивной струе воздуха, подаваемой под давлением из кормопровода. Тем самым обеспечивается круговая выдача корма в садок. Слабым узлом конструкции является шарнир.



Рисунок 3 – Шарнирный узел вращающегося патрубка

Так как конструкция шарнира подвержена воздействию влаги, он выполнен в виде подшипника из полимерных материалов. Вращающаяся часть патрубка не сбалансирована, поэтому на внутреннее кольцо подшипника действует циклический изгибающий момент, который значительно сокращает срок службы данного узла кормораздатчика. Как показывает практика, ресурс данного подшипника составляет примерно 1,5 года. При отказе узла происходит заклинивание вращающейся части патрубка, и площадь выдачи корма уменьшается до небольшого пятна в одной части садка, но это может быть обнаружено не сразу, что делает эту ситуацию ещё более опасной [2,4,5].

Заключение. В связи с этим необходимо решить проблему надёжности ротационных кормораздатчиков и в рамках реализации программы импортозамещения предложить отечественной промышленности техническое решение кормораздатчика с низким уровнем износа.

Список использованных источников

1. Тихонов Е.А., Базыкин В.И., Муханов Н.С. Повышение надёжности и ресурса пневматического распределителя для раздачи кормов в садки // Resources and technologies, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», 2024, номер 2, том 21. С. 89-104.
2. Пономарева Е.Н. Перспективы развития аквакультуры в южных регионах России / Е.Н. Пономарева, Д.В. Рудой, М.Н. Сорокина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 10(189). С. 6-11.
3. Рудой Д.В. Исследование процесса экструдирования комбикормов для рыб / Инновационные технологии в науке и образовании, сборник научных трудов Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2014. С. 366-370.
4. Бабаджанян А.С., Рудой Д.В., Брагинец С.В., Мальцева Т.А. Модернизация экструдера для приготовления кормов с содержанием сырья животного происхождения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 196. С. 1-10.
5. Rudoy D., Olshevskaya A., Alentsov E. [et al.]. Mathematical modeling in the agro-industrial complex: basic problems and models construction // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference, Vol. 381. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 01082.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

¹Арзуманьян Д.А., ¹Коханов Ю.Б.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассматриваются ключевые аспекты устойчивого развития рыбного хозяйства, направленные на обеспечение продовольственной безопасности и сохранение природных ресурсов для будущих поколений. Основное внимание уделяется принципам экологически безопасного и экономически целесообразного управления водными биоресурсами, а также социальным и экономическим аспектам устойчивого рыбного хозяйства.

Ключевые слова. Устойчивое развитие, рыбное хозяйство, экологическое воздействие, сохранение биоразнообразия, качество воды.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE FISHERIES SECTOR OF THE RUSSIAN FEDERATION

¹Arzumanyan D.A., ¹Kokhanov Yu.B.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation. This article examines the key aspects of sustainable fisheries development aimed at ensuring food security and preserving natural resources for future generations. The main focus is on the principles of environmentally sound and economically feasible management of aquatic biological resources, as well as social and economic aspects of sustainable fisheries.

Keywords. Sustainable development, fisheries, environmental impact, biodiversity conservation, water quality.

Введение. Современное рыбное хозяйство сталкивается с важной задачей – необходимостью обеспечивать продовольственную безопасность при минимальном воздействии на природные ресурсы, чтобы сохранять их для будущих поколений. Рыба и морепродукты становятся основным источником белка для миллионов людей, а потребность в них непрерывно возрастает. Однако традиционные методы, такие как интенсивная аквакультура, сопровождаются значительными экологическими и социальными проблемами, включая загрязнение вод, потерю биоразнообразия и ухудшение условий жизни для местных сообществ. Для достижения устойчивого будущего в отрасли требуется переход к экологически и социально ответственным методам ведения хозяйства. Экологически устойчивое рыбное хозяйство основывается на использовании технологий, минимизирующих воздействие на окружающую среду, обеспечивая при этом стабильную продуктивность.

Например, системы замкнутого водоснабжения (RAS) позволяют рециркулировать воду через многоуровневые фильтрационные системы, что значительно сокращает потребление воды и загрязнение окружающей среды. Применение биофильтров и ультрафиолетового обеззараживания в RAS-системах предотвращает выбросы загрязняющих веществ и способствует экономии водных ресурсов [9]. Исследования подтверждают, что такие системы значительно сокращают количество отходов и уровень загрязнений по сравнению с традиционными методами.

Метод интегрированной многотрофной аквакультуры (IMTA) позволяет более эффективно перерабатывать отходы путем совместного разведения различных организмов, таких как рыбы, моллюски и водоросли. Водоросли поглощают избыточные питательные вещества, предотвращая эвтрофикацию, а отходы рыбы служат питанием для других видов, таких как моллюски, что делает производство более экологически чистым и экономически выгодным [2]. Эта модель не только минимизирует загрязнение, но и позволяет диверсифицировать продукцию, что повышает её рыночную привлекательность. Также важное значение имеет выбор кормов, которые оказывают минимальное воздействие на природные ресурсы и не содержат химических добавок [12]. Например, рыбная мука все чаще заменяется альтернативами, такими как белок из насекомых или растительных культур, что снижает давление на океанические экосистемы и уменьшает выбросы углерода, связанные с производством кормов [5].

Социальные и экономические аспекты устойчивого рыбного хозяйства. Устойчивое рыбное хозяйство не только обеспечивает экологические выгоды, но и способствует развитию местных сообществ, экономической стабильности и долгосрочной доходности. Экологически чистые методы производства, поддержка местных жителей и соответствие международным стандартам могут существенно повысить устойчивость отрасли, позволяя достигать сбалансированных результатов для природы и общества. Поддержка и вовлечение местных сообществ в процесс принятия решений является важным элементом устойчивого управления рыбным хозяйством. Интеграция местных жителей в хозяйственные процессы позволяет учитывать их потребности и традиционные знания, что способствует более ответственному и осознанному использованию природных ресурсов. Это также помогает снизить социальные конфликты, которые могут возникнуть из-за конкурентного использования водных экосистем, и улучшить условия жизни в сельских районах.

Например, в программах устойчивого управления рыболовными ресурсами, организованных FAO, активно привлекаются местные сообщества для разработки и мониторинга мер по сохранению ресурсов. Это позволяет не только защищать биологическое разнообразие, но и способствует созданию рабочих мест, что особенно важно для бедных и отдалённых регионов (FAO, 2020). Локальные инициативы часто включают обучение и предоставление технической поддержки, что помогает жителям получить навыки, необходимые для участия в устойчивом рыбоводстве. Устойчивые методы рыбного хозяйства способны повысить его экономическую устойчивость за счёт увеличения спроса на экологически чистую продукцию. В последние годы наблюдается рост интереса потребителей к устойчивым продуктам питания, особенно в странах с высоким уровнем дохода, где рынок органических и сертифицированных продуктов продолжает расти. Продукция, произведённая в соответствии с международными стандартами, такими как ASC (Aquaculture Stewardship Council) и MSC (Marine Stewardship Council), вызывает больше доверия у потребителей, что даёт производителям возможность продавать её по более высоким ценам и выходить на международные рынки [7].

Эти сертификации подтверждают, что продукция была произведена с минимальным воздействием на окружающую среду и соблюдением социальных стандартов, что также снижает риск для инвесторов и партнёров. Сертификация продукции позволяет привлекать внимание сознательных потребителей и инвесторов, ориентированных на долгосрочную устойчивость. Рыбные хозяйства, соответствующие международным стандартам, могут воспользоваться субсидиями и программами поддержки со стороны государств, заинтересованных в развитии экологически чистой аквакультуры. Например, ЕС и США предлагают гранты и налоговые льготы для компаний, занимающихся устойчивым производством, что даёт дополнительный стимул для внедрения экологически чистых технологий [8].

Развитие местного устойчивого рыбного хозяйства также имеет важное значение для продовольственной безопасности. Использование местных ресурсов для производства рыбы и морепродуктов позволяет снизить зависимость от импорта, что особенно важно для стран, сильно зависящих от внешних поставок. Кроме того, устойчивое рыбоводство даёт возможность для повышения качества жизни местных жителей за счёт создания рабочих мест и доступа к качественному продукту питания, что особенно важно в сельских и отдалённых регионах. Согласно данным FAO, улучшение условий работы и увеличение доходов в секторе рыбного хозяйства способствуют снижению уровня бедности и увеличению благосостояния в местных сообществах [3].

Технологические инновации в устойчивой аквакультуре. Современные технологии играют решающую роль в снижении экологического воздействия аквакультуры и повышении ее продуктивности. Системы мониторинга на основе искусственного интеллекта (ИИ) помогают отслеживать параметры воды, такие как температура, уровень кислорода и состояние рыбы, что позволяет выявлять ранние признаки заболеваний. Это минимизирует риск потерь и способствует поддержанию оптимальных условий для выращивания рыбы, снижая необходимость в антибиотиках и улучшая продуктивность.

Например, алгоритмы глубокого обучения анализируют данные в реальном времени и позволяют операторам аквакультурных систем принимать своевременные решения [3]. В дополнение к этому, активно развиваются методы генетического улучшения. Использование технологий, таких как CRISPR/Cas9, позволяет получать рыбу с повышенной устойчивостью к заболеваниям, что значительно снижает потребность в медикаментозном лечении. Подобные методы были применены к различным видам рыбы, что позволяет улучшить параметры роста, устойчивость к болезням и другие важные для аквакультуры показатели [10]. Помимо прочего, методы геномного отбора, активно используемые для разведения таких видов, как тилапия, также позволяют отбирать особей с высоким потенциалом к эффективному использованию корма и устойчивостью к изменениям окружающей среды [13]. Данный подход позволяет обеспечивать рыбоводов более устойчивыми видами, что особенно важно в развивающихся странах, где аквакультура имеет решающее значение для продовольственной безопасности [11].

Законодательное регулирование и международные стандарты. Нормативные акты и стандарты играют важную роль в продвижении устойчивого рыбного хозяйства. Стандарты, такие как ASC и MSC, требуют соблюдения определённых норм экологической и социальной ответственности. Эти стандарты помогают формировать доверие потребителей и улучшать рыночную привлекательность продукции [7]. Государственные субсидии и программы, поддерживающие устойчивую аквакультуру, способствуют внедрению технологий с низким воздействием на окружающую среду и стимулируют использование ресурсосберегающих методов [8].

Заключение. Устойчивое развитие рыбного хозяйства обеспечивает продовольственную безопасность и защиту природных ресурсов. Экологически чистые системы, такие как RAS и IMTA, в сочетании с цифровыми технологиями и социально ответственными подходами, минимизируют влияние на окружающую среду и позволяют достичь высокой производительности. Международные стандарты и программы поддержки играют важную роль в этом процессе, способствуя внедрению передовых решений.

Список использованных источников

1. Boyd C.E., & McNevin, A.A. (2015). *Aquaculture, Resource Use, and the Environment*. Wiley Blackwell.
2. Chopin T., Cooper J.A., & Reid, G.K. (2012). Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): A Sustainable Model for Aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4(4), 209-222.
3. FAO. 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome.
4. Nash C.E., & Rimmer, M.A. (2022). *Sustainable Aquaculture*. Springer.
5. Tacon A.G.J., & Metian, M. (2015). Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1–10.
6. Stickney, R.R. (2009). *Aquaculture: An Introductory Text*. CABI. ASC. (2022). *ASC Standards for Responsible Aquaculture*. Aquaculture Stewardship Council.
7. European Commission. (2021). *EU Aquaculture Strategy*.
8. *Recirculating Aquaculture*, 3rd Edition, Ithaca Publishing Company, LLC; 3rd edition, 2013
9. Roy Suvra, Kumar Vikash, Behera Bijay Kumar, Parhi Janmejay, Mohapatra Sipra, Chakraborty Tapas, Das Basanta Kumar, *Cas Genome Editing – Can It Become a Game Changer in Future Fisheries Sector*, 2022
10. WorldFish. (2017). *Genetics roadmap to develop more resilient farmed fish*.
11. Measures to prevent and decrease the damage caused by anthropogenic impact on the Don river. Natalia Hijnyakova, Irina Tkacheva, Anna Neidorf, Elgudja Khetsuriani, Yuriy Kokhanov. *BIO Web Conf.* 138 01013 (2024). DOI: 10.1051/bioconf/202413801013
12. Ecological approach to fish productivity preservation prospects of Rostov region water bodies. Anna Neidorf, Irina Tkacheva, Yuriy Kokhanov, Elgudja Khetsuriani, Dmitry Podoyunitsyn, Natalia Hijnyakova. *BIO Web Conf.* 84 01044 (2024) DOI: 10.1051/bioconf/20248401044

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКВАКУЛЬТУРЫ»
(КОНФЕРЕНЦИЯ «АКВАКУЛЬТУРА 2024»)

с применением дистанционных технологий

с. Дивноморское,
02 – 08 сентября 2024 г.

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

IV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
«DEVELOPMENT AND MODERN PROBLEMS OF AQUACULTURE»
(«AQUACULTURE 2024» CONFERENCE)

using remote technologies

Divnomorskoye,
September 02 – 08, 2024

Подписано в печать .__.2024
Объем ____ усл. п. л. Офсет. Формат 60x84x16.
Бумага тип №3. Заказ № _____. Цена свободная.

ООО «ДГТУ-Принт»
Адрес полиграфического предприятия:
344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.

"AQUACULTURE 2024" CONFERENCE

Don State Technical University

344003, Russia, Rostov-on-Don,

Gagarina sq., 1

reception@donstu.ru

+7(800)100-19-30

Faculty of Agribusiness

344003, Russia, Rostov-on-Don,

Gagarina sq., 1, office 327

agro.conf@donstu.com

+7(989)703-96-43

+7(863)238-15-76

